التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023
doi: 10.3389/frym.2020.00008-ar

نبذة عن طرق التكاثر في النباتات

Katherine E. Dahlhausen[1*], David A. Coil[1], Luca Comai[1,2] and Isabelle M. Henry[1,2]
[1]مركز الجينوم، جامعة كاليفورنيا، دافيس، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية
[2]قسم علم أحياء النبات، جامعة كاليفورنيا، دافيس، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية

نعلم جميعًا أن معظم الغذاء الذي نتناوله يأتي من الحبوب التي تغرس في الحقول أو البساتين، ولكن هل تساءلت من قبل عن المكان الذي تأتي من هذه الحبوب نفسها؟ هل نظرت من قبل نظرة إعجابٍ إلى داخل زهرة جميلة؟ صدق أو لا تصدق؛ إن هذين السؤالين مرتبطان ببعضهما البعض! استمر في القراءة لتتعرف على الطرق المختلفة لتكاثر النبات والطريقة التي يدرس بها العلماء عملية التكاثر فيه. كما ستتعرف من خلال هذا المقال أيضًا على مزايا الطرق المختلفة لتكاثر النبات والسبب وراء أهمية طريقة التكاثر بالنسبة لنا نحن البشر.

أهمية التعرف على عملية التكاثر في النبات!

نعلم جميعًا أن النباتات الزهرية تنمو في العادة من الحبوب، ولكن هل تساءلت من قبل عن المكان الذي تأتي منه هذه الحبوب؟ حسنًا، تتكون الحبوب عندما تصل حبوب اللقاح (من العضو الذكري في الزهرة) إلى البويضة (العضو الأنثوي فيها).

المراجعون الصغار

ABDUL
العمر: 13

MERCY SCHOOL
العمر: 14-15

حبوب اللقاح (POLLEN)

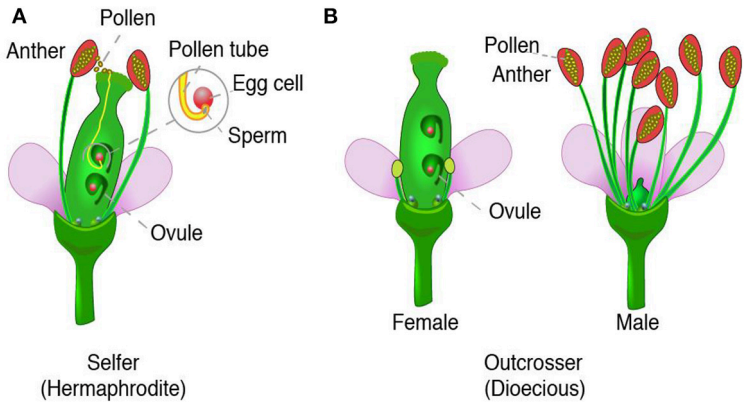
هي حبوب مجهرية الحجم تنمو على العضو الذكري في الزهور في نهاية الميسم (انظر الشكل 1)، وبمقدور هذه الحبوب تخصيب العضو الأنثوي في الزهرة.

وتبدو هذه الطرق بسيطة للغاية، ولكن يوجد في الحقيقة طرق أخرى يمكن للنباتات أن تتكاثر بها! ومن ثم، سيسلط هذا المقال الضوء على عددٍ من هذه الطرق التي تتكاثر بها النباتات، بالإضافة إلى تسليط الضوء على عدد من مميزات هذه الطرق وعيوبها.

والحقيقة أن هناك الكثير من الأسباب وراء الضرورة التي تحتم على العلماء دراسة عملية التكاثر في النبات. على سبيل المثال، فالنباتات مهمة جدًا لتوفير الغذاء الذي تتناوله أنت وعائلتك وأصدقاؤك ومعلموك، وحتى حيواناتك الأليفة، إذ يمكننا أكل النباتات، مثل الفواكه والخضراوات مباشرةً. كما أننا نحتاج النبات في الأنواع الأخرى من غذائنا، مثل العشب الذي تأكله الأبقار كي تنتج لنا اللبن والجبن والزبادي. ومن ثم، يستطيع العلماء من خلال التعرف على النباتات التي نحتاجها لغذائنا من معرفة الطريقة التي يمكننا بها الحصول على المزيد من هذه النباتات، والطريقة التي نزرعها بها على نحوٍ أكثر كفاءة، فضلًا عن كيفية استخدام القليل من المصادر مثل الأراضي والمياه في عملية زراعة هذه الأنواع من الغذاء. وبالإضافة إلى الغذاء، هل يمكنك التفكير في المزيد من الطرق التي نستخدم بها النباتات؟

النباتات ذاتية التلقيح والنباتات المعتمدة على التلقيح الخلطي: ما أوجه الاختلاف بين هذين النوعين من النباتات؟

تصنع النباتات ذاتية التلقيح حبوب اللقاح التي تمكنها من تخصيب بويضاتها الخاصة بنفسها (انظر الشكل 1A). وإذا كانت الزهرة تحتوي على كل من عضوي التأنيث والتذكير، فإنها تعرف باسم "الخنثى". وفي بعض الأحيان، توجد زهور تحمل أعضاء التأنيث وأعضاء التذكير على نحو منفصل ولكن في نفس النبات. وتعرف هذه النباتات باسم أحادية المسكن (أو ذات المسكن الواحد). وتعتبر النباتات أحادية المسكن أمثلة على النباتات ذاتية التلقيح لأنها ليست بحاجة إلى نباتات منفصلة في سبيل إتمام عملية التكاثر. حسنًا، كم عدد النباتات ذاتية التلقيح التي يمكنك التعرف عليها في الصور المعروضة في الشكل 2؟



شكل 1

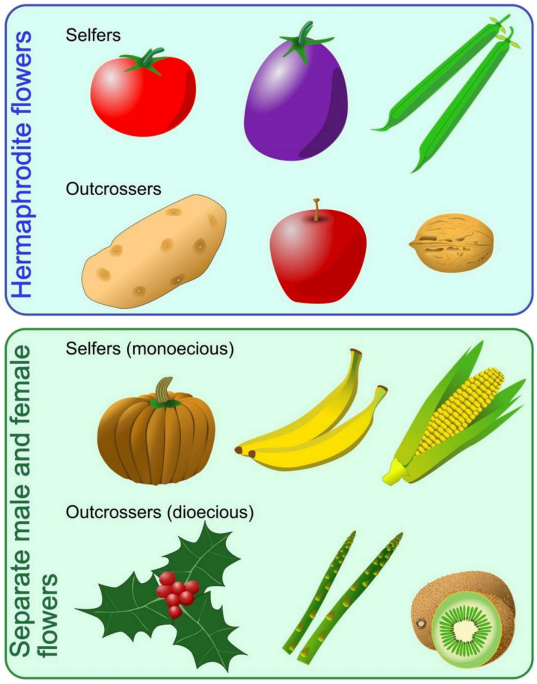
البويضة (OVULE)
الجزء الأنثوي من الزهرة الذي يمكن تخصيبه.

النبات ذاتية التلقيح (SELFER)
النبات الذي يخصب بويضاته الخاصة بحبوب اللقاح التي ينتجها بنفسه، ومن ثم يمكنه تكوين الحبوب بنفسه. وتشمل قائمة النباتات التي تخصب ذاتيًا كلًا من نباتات أحادية المسكن وأخرى ثنائية المسكن.

النباتات مزدوجة الجنس/الخنثى (HERMAPHRODITIC)
هي النباتات التي يوجد بها كل من أعضاء التكاثر الذكورية والأنثوية والتي توجد (غالبًا) في نفس الزهرة.

النباتات أحادية المسكن (MONOECIOUS)
هي النباتات التي يوجد بها كل من أعضاء التكاثر الذكورية والأنثوية ولكن في زهور مختلفة.

شكل 1
تشريح زهور تستخدم أنماطًا مختلفة في عملية التكاثر. **(A)** النباتات الخنثى ذاتية التلقيح. تستطيع حبوب اللقاح تخصيب البويضات الموجودة داخل نفس الزهرة. **(B)** النباتات ثنائية المسكن والتي يحدث فيها التلقيح الخلطي؛ وهي نباتات توجد أزهارها المذكرة على نبتة في حين توجد أزهارها المؤنثة على نبتة أخرى. ومن ثم، تحتاج حبوب اللقاح إلى الانتقال من النبات الذكر إلى البويضة داخل الزهرة في النبات الأنثى لتخصيبها.



شكل 2

أما نباتات التلقيح الخلطي، فإنها تحتاج إلى وجود نباتين منفصلين كي تتم عملية التكاثر. وفي بعض الأحيان، يمكن أن تحتوي زهرة ما على كل من حبوب اللقاح والبويضات، ولكنها لا يمكن أن تلقح بعضها البعض؛ وهو ما يعرف باسم "عدم التوافق الذاتي". ولكي تحدث عملية التكاثر عن طريق التلقيح الخلطي بنجاح، فإنه يتعين أن يكون كلًا من حبوب اللقاح والبويضات من نباتات مختلفة. وفي حالات أخرى، يكون الجنسان (الذكر والأنثى) منفصلين عن بعضهما البعض، حيث تقوم بعض النباتات بتكوين الزهور الذكرية بينما تقوم نباتات أخرى بتكوين الزهور الأنثوية.

وهو ما يشبه العملية التي يحدث بها التكاثر في معظم الكائنات الحية. ويطلق العلماء على هذه النباتات اسم النباتات ثنائية المسكن (أو ذات المسكنين) (الشكل 1B). ومن ثم، تحتاج حبوب اللقاح إلى الانتقال من النبات الذكر إلى البويضة في النبات الأنثى لإنتاج الحبوب. وتجدر الإشارة إلى أن نسبة 5% فقط من أنواع النباتات المعروفة هي ثنائية المسكن، ولكن هذا لا يعني أنها ليست منتشرة أو شائعة! [1]. كم عدد النباتات التي يحدث فيها التلقيح الخلطي والتي يمكنك التعرف عليها في الصور المعروضة في الشكل 2؟

كيف يدرس العلماء النباتات ثنائية المسكن؟

لا يزال الكثير من الغموض يعتري سبب التلقيح الخلطي في العديد من أنواع النباتات ثنائية المسكن، فضلًا عن كيفية تكوين مسكنين في نبات واحد. ومن ثم، قرر العلماء دراسة الحمض النووي للعديد من الأنواع المختلفة من النباتات ثنائية المسكن في

شكل 2

كم عدد الأمثلة التي تعرفها من هذه النباتات ذات الزهور الخنثى وتلك التي تحمل زهورًا ذكرية وأخرى أنثوية منفصلة؟ تشمل قائمة النباتات الخنثى ذاتية التلقيح كلًا من الطماطم والباذنجان والفاصولياء الخضراء، بينما تشمل قائمة النباتات الخنثى التي تحدث فيها عملية التكاثر بالتلقيح الخلطي كلًا من الجوز والتفاح والبطاطس. أما النباتات ذاتية التلقيح ذات الزهور المنفصلة (أحادية المسكن)، فإنها تشمل كلا من القرع والموز والذرة، في حين تشمل قائمة النباتات ذات الزهور المنفصلة (ثنائية المسكن) والتي يحدث فيها التكاثر بالتلقيح الخلطي كلًا من البهشية والهليون والكيوي.

نباتات التلقيح الخلطي (OUTCROSSER)

هي النباتات التي تخصب بويضاتها بواسطة حبوب اللقاح من نبات مختلف من نفس الفصيلة. وأحيانًا ما تحتوي هذه النباتات التي تحدث فيها هذه العملية على كل من أعضاء التكاثر الذكورية والأنثوية على نفس النبات، إلا أن هذا النبات يحتاج كذلك إلى أن يخصب من قبل نبات آخر منفصل.

النباتات ثنائية المسكن (DIOECIOUS)

هي النباتات التي تكون زهورها إما ذكورًا فقط أو إناثا فقط.

محاولة منهم لفهم السبب وراء كونها ذكورًا أو إناثًا، إذ هناك الكثير من الأمور التي يمكن للحمض النووي الكشف عنها، والتي ربما لا تكون واضحة للمرء بمجرد النظر إلى النبات. حيث يشبه تسلسل الحمض النووي إلى نحو كبير الحروف الموجودة في لوحة المفاتيح: الحروف بمفردها لا تعني شيئا، ولكنها تكون كلمات مفهومة عندما توضع مع بعضها البعض. وتعرف هذه "الكلمات" في الحمض النووي باسم "الجينات"، وهي تزود النباتات بالمعلومات، مثل الماهية التي سيكون عليها شكل أوراقها، وما إذا كانت ستصبح ذات أشواك أم لا، وما إذا كانت ستصبح ذكورًا أم إناثًا.

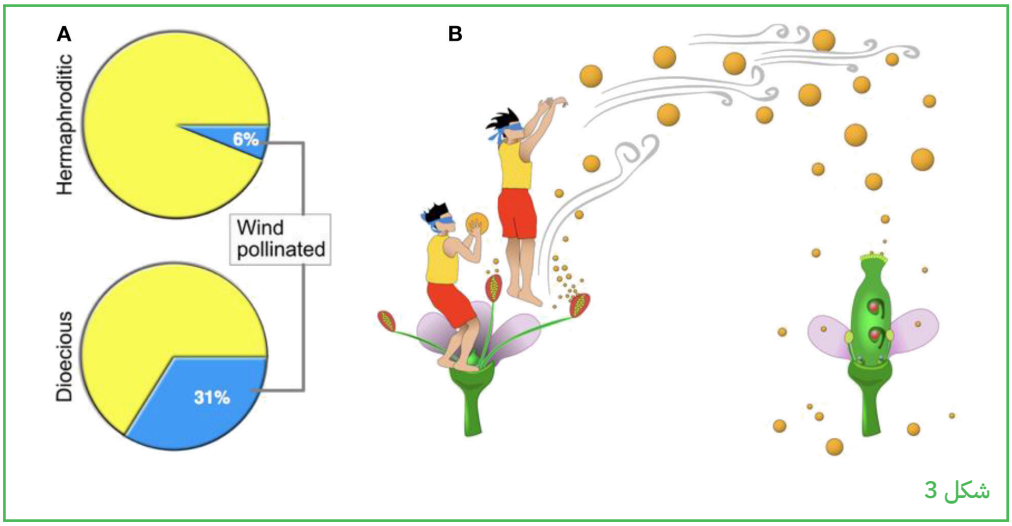
وقد قارن العلماء بين جينات العديد من النباتات ثنائية المسكن للتعرف على الجينات المهمة في تحديد ما إذا كان النبات سيكون ذكرًا أم أنثى. وقد اكتشفوا أن هناك العديد من الطرق التي يمكن للنبات أن يحدد بها جنسه. على سبيل المثال، قد يكون هناك جينات في الحمض النووي بمقدورها أن تجعل النبات ذكرًا، كما أن هناك جينات أخرى بمقدورها أن تمنعها من أن تصبح أنثى [1].

إن دراسة الحمض النووي في النبات ليست الطريقة الوحيدة التي يمكن للعلماء بها التعرف على الفروقات بين الذكور من النباتات والإناث منها. فعلى سبيل المثال، يستطيع العلماء دارسة الاختلافات بين الأشكال في الزهور الذكور وتلك الأنثى. يمكنك فعل هذا أيضًا!

مزايا طرق التكاثر وعيوبها

على النقيض من البشر، لا يمكن للنباتات التحرك في البيئة المحيطة بها، وهو ما يعني أنها تحتاج إلى استخدام استراتيجيات أخرى لنقل حبوب اللقاح إلى البويضات من أجل تكوين الحبوب. وبالنسبة للنباتات التي يحدث فيها التلقيح الخلطي، فإنه ليس لزامًا على الذكور من النباتات أن تفرغ طاقتها في تكوين الحبوب، ومن ثم يمكنها توجيه المزيد من الطاقة نحو تكوين حبوب لقاح عالية الجودة ونشرها. وعلى نحو مشابه، وحيث إن النباتات الأنثى لا يلزمها أن تصنع حبوب اللقاح، فإنها يمكنها توجيه مزيد من طاقتها نحو تكوين بويضات عالية الجودة، وهو ما يعني أنه بمقدور هذه النباتات أن تنقل المزيد من القدرات إلى نسلها من أجل تحسين فرص بقائه. وعلاوة على ذلك، ونظرًا لأن النباتات ثنائية المسكن تحتاج إلى نباتين مختلفين للتكاثر، فإن النسل سيتمتع بالمزيد من التنوع في الجينات التي يحصل عليها من الفردين الأبويين. وهو الأمر الذي يعتبر بالغ الأهمية حال تغيرت البيئة، حيث إن هذا النسل الذي يتمتع بهذا التنوع الكبير من الجينات سيكون لديه قدرة أكبر على التكيف مع البيئة الجديدة بفضل الجينات التي يمتلكها. وعلى الصعيد الآخر، فإن النباتات ذاتية التلقيح والتي تحصل على جيناتها من فرد أبوي واحد فقط، ستعاني من ضعف التنوع في جيناتها، ومن ثم قد تكون عرضة للكثير من المشكلات المتعلقة بتكيفها مع التغيرات البيئية. ومن ثم، يعتبر هذا الأمر (وفرة التنوع الجيني) ميزة للنباتات التي يحدث فيها التلقيح الخلطي! وقد علمت سابقًا أن نسبة 5% فقط من أنواع النبات تتكاثر بهذه الطريقة، وهي النسبة التي تعني أن هذه النباتات ليست كثيرة. هل يمكنك أن تفكر في أي أسباب تحول دون جعل عملية التلقيح الخلطي الاستراتيجية المثلى لتكاثر النبات؟

يرى العلماء وجود فكرتين حول السبب وراء عدم تفضيل أن يكون التلقيح الخلطي شائعًا في النبات، وتقدم التلقيح الذاتي في الأفضلية عليه. أولًا: حيث إن كلًا من النبات الذكر والنبات الأنثى في هذا النوع من التلقيح يحتاجان بيئة وموارد مشابهة للبقاء، فإنهما سيكونان بحاجة إلى التنافس مع بعضهما البعض إذا كانا على مقربة من بعضهما البعض. وفي هذا السياق، تتجنب نسبة 31% من النباتات ثنائية المسكن مشكلة التنافس من خلال الاعتماد على الرياح لحمل حبوب اللقاح إلى النباتات الأنثى، وهو ما يعد أعلى بكثير من نسبة 6% من النباتات ذاتية التلقيح التي تستخدم نقل حبوب اللقاح بواسطة الرياح (انظر الشكل 3A) [1]. وحيث إن النباتات لم تعد بحاجة إلى التنافس على الموارد جراء استخدامها للرياح لإحداث عملية التلقيح، فإن الذكور إذن تكون بحاجة إلى صنع المزيد من حبوب اللقاح كي تزيد من فرص وصول هذه الحبوب إلى البويضات في النباتات الأنثى التي تقف على مسافات بعيدة. ويمكنك أن تتخيل هذا الأمر كرمي كرة السلة في الشبكة (الشكل 3B). أما الأمر في النباتات ذاتية التلقيح، فإنه يشبه رمي كرات السلة من الجانب الأيمن تحت الشبكة. أما الأمر في النباتات ثنائية المسكن، فإنه يشبه رمي كرات السلة في الشبكة من منتصف الملعب: أي إنك تحتاج إلى المزيد من كرات السلة لزيادة فرص وضعها في الشبكة.



شكل 3

شكل 3

تستخدم العديد من النباتات ثنائية المسكن الرياح لمساعدتها في عملية التلقيح. **(A)** تستخدم نسبة 6% فقط من النباتات ذاتية التلقيح الرياح في عملية التلقيح، في حين تستخدم نسبة 31% من النباتات ثنائية المسكن الرياح في الأمر ذاته. **(B)** يستهلك التلقيح بواسطة الرياح الكثير والكثير من حبوب اللقاح! وعلى غرار ما يحدث في رمي كرات السلة، فكلما ابتعدت عن الشبكة (البويضة الأنثوية)، كلما احتجت إلى مزيد من "المحاولات"؛ أي حبوب اللقاح، لزيادة فرص وضعها في الشبكة.

أما السبب الثاني، فهو أن كلًا من النباتات الذكور والنباتات الإناث لا يمكنها تكوين النسل بدون الآخر. ومن ثم، فإذا ماتت جميع النبات الذكور أو الإناث، فإن فصيلة هذا النوع من النبات ستنقرض. أما النباتات ذاتية التلقيح، فإنه لا يلزمها القلق حول هذه المشكلة، حيث إنها لا تعتمد على النباتات الأخرى لتكوين المزيد من الحبوب.

كيف تساعد هذه المعلومات المزارعين؟

يتمتع المزارعون بمكانة وأهمية خاصة في مجتمعنا، فهم يزرعون الغذاء الذي نحتاجه للبقاء أحياءً. ويمكن للعلماء مشاركة المعلومات التي يتوصلون إليها حول النبات مع المزارعين لتمكينهم من زراعة المزيد من الغذاء، أو القيام بذلك على نحوٍ أكثر كفاءة. دعنا نتخيل أنك مزارع وتريد زراعة جذور الكيوي، والتي تعرف أنها ثنائية المسكن. وكمزارع،

فأنت بحاجة إلى زراعة الأشجار الذكور من الكيوي، والتي على الرغم من كونها لا تكون ثمرة الكيوي فإنها ضرورية لتكوين حبوب اللقاح التي تحتاجها إناث هذا النبات. ومن ثم، يمكنك سؤال العلماء عن أقل عدد من ذكور الكيوي يمكنه تلقيح الإناث حتى لا تهدر الكثير من الموارد؛ مثل الأرض والمياه في زراعة الذكور من جذور الكيوي دون داعٍ. وعلاوة على ذلك، وبصفتك مزارعًا لنبات الكيوي، فإنك تعلم أنك بحاجة إلى زراعة جذور النبات لعدة سنوات قبل أن تبدأ في إنتاج ثمارها. وعندما تكون جذور الكيوي في عمر الشباب، يكون من الصعب التمييز بين كونها ذكرًا أم أنثى. ومن ثم، يمكنك أن تطلب من العلماء النظر في الحمض النووي لهذه الجذور لمساعدتك في تمييز الذكور عن الإناث. وعليه، يمكنك استخدام هذه المعلومات للتأكد من أن ذكور هذا النبات منتشرة في مزرعتك، وأنه لا يوجد الكثير منها بدون ضرورة.

الخلاصة

الآن وبعد أن عرفت المزيد عن كيفية تكاثر النبات، فربما تنظر إلى النبات بطريقة مختلفة. ففي المرة التالية التي ترى فيها زهرة، ربما تود أن تلقي عليها نظرة عن كثب. هل يمكنك أن تحدد إذا ما كانت هذه الزهرة بها أجزاء ذكرية أم أنثوية أم كليهما؟ في المرة القادمة التي تنظر بها إلى أحد النباتات التي ذكرناها في هذا المقال، ربما تطلع عائلتك وأصدقائك عليه وتقول: "مرحبًا، هل تعلم أن الكيوي الموجود في طبقي من النباتات ثنائية المسكن؟!"

مقال المصدر الأصلي

Henry, I. M., Akagi, A., Tao, R., and Comai, L. 2018. One hundred ways to invent the sexes: theoretical and observed paths to dioecy in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 69:553–75. doi: 10.1146/annurev-arplant-042 817-040615

المراجع

1. Henry, I. M., Akagi, A., Tao, R., and Comai, L. 2018. One hundred ways to invent the sexes: theoretical and observed paths to dioecy in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 69:553–75. doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040615

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Johnathan Dalzell

'مرشدو العلوم': Musharraf Jelani and Fares Najar

الاقتباس: Dahlhausen KE, Coil DA, Comai L and Henry IM (2023) نبذة عن طرق التكاثر في النباتات. Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2020.00008-ar

مُترجَم ومقتبس من: Dahlhausen KE, Coil DA, Comai L and Henry IM (2020) Flower Power: A Close Look at Plant Reproduction. Front. Young Minds 8:8. doi: 10.3389/frym.2020.00008

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 © 2020 © Dahlhausen, Coil, Comai and Henry 2023.
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

ABDUL، العمر: **13**
هو مهتم جدًا بالتنوع الحيوي، ويركز بصورة خاصة على الأنواع المنقرضة وتلك المهددة بالانقراض. ويحب الحياة في المحيطات والجبال، ويود أن يحظى بفرصة الحياة في الفضاء، إذا أمكن. ولديه شغف خاص برسم المشاهد المتنوعة في الطبيعة.

MERCY SCHOOL، العمر: **14–15**
نحن فصل من المخترعين! نحب الابتكار والإبداع للعثور على حلول للمشكلات الحقيقية في العالم. يأتي طلابنا من جميع أنحاء المنطقة لحضور الدروس.

المؤلفون

KATHERINE E. DAHLHAUSEN
تخرجت من كلية لويس وكلارك في بورتلاند، أوريغون بتخصصين عامين في الفيزياء وعلم الأحياء. ثم انتقلت إلى كاليفورنيا لأشرع في أبحاث الدكتوراة في جامعة كاليفورنيا، دافيس، حيث عملت في معمل مشرفها الرائع الدكتور/جوناثين ايزن. أُجري سلسلة كبيرة من الأبحاث والمهام التعليمية، ولكن بحثي الرئيسي يركز على فهم كيفية تغيير الأدوية للمجتمعات الميكروبية في دبة الكوالا. ونشاطاتي المفضلة هي التسكع واللهو مع الأطفال واستكشاف الطبيعة!
*katdah@ucdavis.edu

DAVID A. COIL

يدرس الميكروبات في جامعة كاليفورنيا، دافيس، في مختبر الدكتور/جوناثين ايزن. حصل على درجة الدكتوراة في عام 2005، والتي ركز فيها على كيفية دخول الفيروسات للخلايا. ومذ ذلك الحين، عمل على البكتيريا الضارة بالإضافة إلى سلسلة عريضة من الميكروبات المثيرة والمهمة من الأماكن الباردة مثل مؤخرة القطط، والطيور الطنانة، والأعشاب البحرية، ومحطات الفضاء. وهو مهتم على وجه الخصوص بالتعليم ونقل العلوم للعامة.

LUCA COMAI

أستاذ جامعي في جامعة كاليفورنيا، دافيس، حيث قاد هناك فريق بحثي لدراسة كيفية تنظيم الحمض النووي في النبات. وقد نشأ في إيطاليا، حيث حصل فيها على درجة البكالوريوس في الزراعة من جامعة بولونيا. ثم انتقل للعيش في الولايات المتحدة لارتياد كلية الدراسات العليا، وقد حصل على درجة الدكتوراة في عام 1980 حول أمراض النبات. ومنذ ذلك الحين، عمل على مجموعة متنوعة من المشاريع، بالإضافة إلى الكثير من أنواع النباتات المختلفة، وهو دائمًا مهتم بفهم كيفية عملها، ولا سيما ماذا يحدث عند تغير كروموسوماتها. وتشمل قائمة هواياته الرسم، وهو الأمر الذي بدا جليا في الرسومات الواردة في هذا المقال.

ISABELLE M. HENRY

إيزابيل من أصول بلجيكية، ولكنها قد حصلت على الدكتوراة من جامعة واشنطن في سياتل، والتي درست فيها كيفية استجابة النباتات للتغييرات في أعداد الكروموسومات. وقد عملت كعالمة في المشروع الذي أطلقه مركز الجنيوم في جامعة كاليفورنيا في دافيس، وهي عضو في قسم علوم أحياء النبات منذ 2011. وهي مهتمة بفهم أهمية أعداد الكروموسوم في أداء النبات لوظيفته في مجموعة عريضة من أنواع النباتات والمحاصيل. على سبيل المثال، فهي تدرس الكروموسومات الجنسية في فاكهة الكاكي وتأثير إضافة أو إزالة أجزاء من الكروموسومات على تكوين الأخشاب في أشجار الحور.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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