الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022
doi: 10.3389/frym.2018.00033-ar

مواجهة الضغط والتكيف: كيف تستجيب الأشجار لمختلف أنواع الاضطرابات؟

***Karina V. R. Schäfer*[1*] *and Dirk W. Vanderklein*[2]**

[1]قسم العلوم الحيوية، جامعة روتجرز، مدينة نيويورك، ولاية نيوجيرسي، الولايات المتحدة،

[2]قسم الأحياء، جامعة ولاية مونتكلير، مونتكلير بولاية نيوجيرسي، الولايات المتحدة

تشبه الأشجار الإنسان كثيرًا؛ إذ تتعرض للضغط وتصاب بالأمراض أو العدوى بفعل حشرات البق، وقد تتعرض لهجوم من قِبل الحرائق والعواصف الريحية والفيضانات والجفاف. ونسمِّي تلك الظواهر التي تهاجم الأشجار أو تصيبها بالعدوى بـ "الاضطرابات". إلا إن الأشجار *ليست* كالإنسان، فإنها لا تذهب إلى الطبيب كي تتماثل الشفاء، ولا يُمكنها التحرك بعيدًا عمَّا يزعجها. وهذا الجزء الأخير يمثل أهمية بالغة؛ إذ يشير إلى أن الأشجار لا بد وأن تمتلك قدرة على التكيف مع هذه الاضطرابات دون الاستعانة بطبيب، كي تتمكن من العيش والنجاة لمئات الملايين من السنين. وكما يُمكنك أن تتصور، فقد طوَّرت أنواع مختلفة من الأشجار أساليبَ مختلفةً للتعامل مع اضطرابات معينة. وهذا ما تعرفنا عليه من بحث أجريناه في منطقة تسمى باين بارينز بولاية نيو جيرسي في الساحل الشرقي للولايات المتحدة.

المراجعون الصغار

SASYAK
العمر: 9

ما سبب أهمية دراسة كيفية استجابة الأشجار إلى الضغط؟

تمثل الأشجار أهميةً كبيرة بالنسبة للإنسان والحيوانات الأخرى للعديد من الأسباب. فالإنسان يعتمد على الأشجار في الحصول على الخشب والورق، وفي تخفيض درجة حرارة الهواء، وتنقية الماء، أما الحيوان فيعتمد عليها في الحصول على الغذاء والمأوى. ونسمي هذه الأمور المختلفة بالخدمات.

لذلك، تُعد دراسة كيفية استجابة الأشجار للاضطرابات المختلفة أو الضغوط أمرًا مهمًّا للغاية، لأنه لا بد من الحفاظ على الخدمات التي تقدمها الأشجار أو تعزيزها، إذا أردنا الحصول على هذه الخدمات باستمرار. ومن الأسباب التي تدفعنا إلى التعرف على كيفية استجابة الأشجار إلى الاضطرابات المختلفة أو الضغوط، هو سعينا إلى فَهم الطريقة التي ستستجيب بها الأشجار مستقبلًا عند تعرضها لهذه الاضطرابات والضغوط، أو ربما التنبؤ بها.

فالأشجار شأنها شأن كل النباتات؛ تقوم بعملية امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء بالاستعانة بالضوء، وتُخرِج لنا الماء والأكسجين. وتسمَّى هذه العملية بعملية **البناء الضوئي**، وتعد بدورها إحدى الخدمات المهمة التي تقدمها الأشجار. وقد تقصينا في بحثنا كمية المياه والكربون التي تُعالج بواسطة تلك الأشجار، وكيف يُمكن أن يتغير هذا الأمر في المستقبل بفعل تغير المناخ. أذ ترتبط كمية غاز ثاني أكسيد الكربون التي تمتصها الأشجار من الهواء بكمية الخشب التي تكوِّنه تلك الأشجار، فكلما ازداد امتصاصها لهذا الغاز، نمت الأشجار أكثر، ومن ثمّ كوَّنت كمية أكبر من الخشب. وبالمثل؛ كلما ازداد امتصاص الأشجار لغاز ثاني أكسيد الكربون، أخرجت المزيد من الماء. وهذا يشير إلى أن الأشجار لا بد وأن يكون لديها طريقة للتحكم في كمية المياه التي تفقدها بعد امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون، وإلا ستذبل. ونحن نعاني من المشكلة نفسها. إذ إننا نفقد الماء عندما نتنفس، ويُمكنك ملاحظة ذلك عندما تتنفس أمام زجاج بارد، حيث يتكثف الماء على الزجاج، وتمثل عملية التكثف الماء الذي تفقده خلال التنفس. وإذا فقدنا الكثير من الماء، فسنصاب بالجفاف أيضًا! وعندما تتعرض الأشجار لأي اضطراب (كأن تجتاح أنواع من الحشرات أوراقها) تقل كثيرًا قدرة تلك الأشجار على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن ثمَّ يقل معدل نموها. ونتيجةً لذلك، ستقل قدرة الأشجار على إمدادنا بالخشب. ويشير كل ذلك إلى أن موارد الخشب والماء الخاصة بنا، تعتمد على الطريقة التي تستجيب بها الأشجار إلى الاضطرابات التي تتعرض لها. وقبل كل ذلك، قد يتسبب تغير المناخ في تعريض الغابات للمزيد من **الاضطرابات** التي قد لا تتمكن من التعامل معها. وكما استنتجنا مما سبق، لا بد أن آثار هذه الاضطرابات ستطالنا بالمثل.

البناء الضوئي (PHOTOSYNTHESIS)

عملية امتصاص النباتات لغاز ثاني أكسيد الكربون وإخراجها للماء والأكسجين.

اضطراب الغابات (FOREST DISTURBANCE)

عبارة عن ضغط تتعرض له الغابة. ويشمل الآفات الحشرية، والأعاصير، والفيضانات، والجفاف.

المكان الذي أجرينا فيه الدراسة على الأشجار

أجرينا الدراسة في ولاية نيو جيرسي بمنطقة باين بارينز، حيث تتمتع تلك المنطقة بنظام بيئي فريد من نوعه على الصعيد العالمي يغطي تقريبًا ثُلث ولاية نيو جيرسي (في الساحل الشرقي للولايات المتحدة). وتحتوي تلك المنطقة على جميع أنواع النباتات والحيوانات المهمة، وحتى المخلوق الأسطوري شيطان جيرسي. تتمركز منطقة باين بارينز في النصف الجنوبي من ولاية نيو جيرسي، وتلك المنطقة لا يوجد بها تضاريس نسبيًّا، ومعظم تربتها رملية، ولذلك تكون جافة إلى حد ما معظم الوقت. ويُعد الحريق هو الاضطراب الرئيسي الذي تواجهه الأشجار في منطقة باين بارينز بولاية نيو جيرسي. وتنمو هناك غابة من أشجار الصنوبر والسنديان، وذلك لأنها تُجري **عمليات تكيف** تساعدها على النمو والنجاة من الحرائق التي تندلع فيها، في حين أن الكثير من أنواع الأشجار الأخرى لا تمتلك القدرة على إحداث هذه العمليات التكيفية، ولذلك لا يُمكنها أن تنمو هناك طالما تشتعل الحرائق. ويُقصد بذلك أنه إذا لم تشتعل الحرائق، فستنافس أشجار الصنوبر والسنديان أنواع الأشجار الأخرى التي تنمو بشكل أفضل في حالة عدم وجود حرائق، وسيتسبب ذلك في النهاية في حدوث تغير للغابة تنخرط فيه هذه الأنواع الأخرى من الأشجار.

التكيُّف (ADAPTATION)

عملية تُجريها النباتات أو الحيوانات، لتصبح أكثر قدرة على العيش في بيئة معينة على مدار كل جيل. قد يحدث التكيف إما خلال فترة قصيرة نسبيًا من الوقت، كأن تستغرق سنوات قليلة، أو خلال فترة طويلة جدًّا، كأن تستغرق آلاف السنين أو أكثر من ذلك. في منطقة باين بارينز، يُعد اللحاء السميك مظهرًا من مظاهر التكيف مع الحرائق؛ وهذا لأن الأشجار ذات اللحاء الكثيف تنجو من الحرائق بحالة أفضل من الأشجار ذات اللحاء الرقيق.

ويعني ذلك أن هذه الغابة أصبحت بهذه الصورة على مدار آلاف السنين نتيجةً حدوث الحرائق المتكررة نسبيًّا. فعندما انتقل البشر إلى هذه المنطقة، قل حدوث الحرائق الطبيعية بصورة ملحوظة، إلا أن الحرائق التي يُحدثها البشر ما زالت تنشب، وغالبًا ما يُشعلونها من أجل الحفاظ على أنواع الأشجار في منطقة باين بارينز، ويُسمَّى هذا النشاط باسم *عمليات إشعال الحرائق المتعمدة*. فكل أنواع الأشجار التي تنمو في منطقة باين بارينز، لديها خصائص متشابهة، وهي عمليات التكيف التي تُجريها وتساعدها على النجاة من الحرائق، ولكن يبدو أن الطريقة التي يستجيب بها كل نوع من الأشجار *بعد* انتهاء الحريق مختلفة. وتشمل عمليات التكيف التي تُجريها الأشجار كي تنجو من الحرائق، امتلاكها للحاءٍ سميكٍ يحميها، وقدرتها على النمو مرةً أخرى بعد إخماد الحريق. ويعد "نقص المياه" من الاضطرابات الرئيسية الأخرى التي تحدث في البيئة في منطقة باين بارينز وتضطر الأشجار في تلك المنطقة إلى التعامل معها. إلا أن الأشجار في تلك المنطقة تتكيف مع هذا الاضطراب أيضًا. فمثلًا أشجار السنديان يُمكن أن تمتلك جذورًا طويلةً جدًّا تضرب أعماق التربة حيث يتواجد الماء، مما يُمكنها من النجاة خلال فترات الجفاف الطويلة (الطقس الجاف). وهناك اضطراب ثالث تتعرض له الأشجار في منطقة باين بارينز؛ وهو هجوم يرقات العثة الغجرية. فالعثة الغجرية عبارة عن حشرات، تقتات يرقاتها على أوراق شجر السنديان. إلا أن الأشجار في منطقة باين بارينز لم تتعرض لهجمات العثة الغجرية مدةً طويلة، لذلك لم تُجر أي عمليات تكيفية بعد كي تحمي نفسها من هجوم تلك الحشرات.

اهتمت الكثير من الدراسات بتقصي طريقة استجابة الأشجار المفردة إلى مختلف الاضطرابات على مدار سنوات قليلة، في حين اهتمت دراسات قليلة جدًا بتقصي

طريقة استجابة الأشجار على مدار فترة أطول من الوقت. ومن المهم أيضًا معرفة ما إذا كانت كل أنواع الأشجار تستجيب بالطريقة نفسها لاضطراب معين، أم أن طريقة تكيف الأشجار مع هذا الاضطراب تتباين باختلاف نوعها. وقد علمنا فيما سبق أن الأشجار غالبًا ما تتعرض لأكثر من نوع من الاضطرابات في الوقت نفسه، لذلك من الضروري أيضًا فَهم مدى تأثير مجموعة متنوعة من الاضطرابات على الأشجار على المدى البعيد. ولقد شرعنا في الرد على هذه الأسئلة بالنظر في الأنواع المختلفة من الأشجار في منطقة باين بارينز، وكيفية استجابتها إلى الحرائق وهجوم الحشرات والجفاف على مدار فترة طويلة مدتها 10 أعوام.

ولدراسة آثار الحرائق على نمو الأشجار ووظائفها؛ بدأنا في إجراء بحثين في موقعين مختلفين بمنطقة باين بارينز [1]. أول موقع كان في جزء من الغابة تنمو فيه أشجار الصنوبر (ذات الأشواك) والسنديان (ذات الأوراق المستوية) معًا. ونسمِّي مثل هذا الموقع بالغابة المختلطة. والموقع الآخر كان غابةً تنمو فيها أشجار الصنوبر فقط، ونسميها غابةً صنوبرية. وكان هناك مقر بحثي في كل موقع من هذين الموقعين. وقد جرى حرق أحد هذين المقرين والآخر لم يُحرق. فهذا الحرق كان لسببٍ ما؛ وهو السيطرة على نمو الشجيرات التي تنمو بجانب الأشجار الكبيرة، وهذا يُسمَّى **بالإشعال المتعمد للحرائق**. وقد تم حرق هذه المواقع في ربيع عامي 2011 و2012. وقبل المعالجة بإشعال الحريق، شهد الموقع الذي تنمو فيه أشجار الصنوبر والسنديان معًا إفساد يرقات الغثة الغجرية لأوراق تلك الأشجار بأكلها لها، واستمر ذلك عامين (2007، و2008)، وشهد أيضًا عامين من الجفاف في (2006 و2010). ومكَّننا ذلك من دراسة كيفية استجابة الغابة إلى هذا المزيج من الاضطرابات.

الإشعال المتعمد للحرائق (PRESCRIBED BURNING)

أحد أساليب زراعة الغابات؛ هو حرق الشجيرات النامية في أي غابة عمدًا في فصل الربيع. إذ يساعد حرق الشجيرات النامية في الغابة على منع حدوث حرائق ضخمة وجامحة فجأةً، قد تتسبب في تدمير الحياة والممتلكات. فبتقليص الشجيرات النامية، يُصبح انتشار أي حريق مفاجئ في الغابة أو في الممتلكات أقل سرعةً أو دمارًا.

كيف أجرينا تجاربنا؟

ماذا يحدث عندما تُحرق إحدى الغابات؟

بعد أن أحرقنا الغابات المختلطة والغابات الصنوبرية، اكتشفنا أنه عندما تنمو أشجار الصنوبر في الغابات الصنوبرية، لا تكون متأثرةً بالحريق، بل تكون في أفضل حال غالبًا. وأنه بعد الحرق، تمتص أشجار الصنوبر في الموقع الذي تم حرقه الكمية نفسها من غاز ثاني أكسيد الكربون وتُخرج من أوراقها الكمية نفسها من الماء، تمامًا مثل أشجار الصنوبر التي لم تتعرض للحريق. والمثير للاهتمام أن أشجار الصنوبر في الموقع الذي تم حرقه، كانت أكثر كفاءة في أدائها للبناء الضوئي، أي أنها استعانت بعناصر غذائية أقل لامتصاص ثاني أكسيد الكربون، مقارنةً بأشجار الصنوبر في الموقع الذي لم يتم حرقه. ولكن هذا التأثر قد استمر فقط لمدة سنة واحدة. وبعد ذلك لم يظهر أي اختلاف بين أشجار الصنوبر في الموقع الذي تم حرقه، والأخرى في الموقع الذي لم يتم حرقه. أما في الغابة المختلطة، فالأمر مختلف نوعًا ما. حيث تأثرت أشجار الصنوبر في الغابة المختلطة بالحريق سلبيًّا. فقد اتضح بعد إنهاء إشعال الحريق، أن أشجار الصنوبر في الموقع الذي تم حرقه تمتص كميةً أقل من غاز ثاني أكسيد الكربون، مقارنةً بتلك الأشجار التي تعرضت للحريق والموجودة في الغابة الصنوبرية. ولكن على غرار أشجار الصنوبر في الموقع الذي تم حرقه في الغابة الصنوبرية، لم يستمر تأثرها بهذا الحريق لأكثر من

سنة، إذ أصبحت أشجار الصنوبر في الغابة المختلطة تمتص الكمية نفسها من غاز ثاني أكسيد الكربون، تمامًا كما كانت قبل التعرض للحريق. أي بعبارة أخرى؛ تتعافى هذه الأشجار من تعثرها بسهولة بعدما تتعرض للحريق (انظر الشكل 1 للاطلاع على ملخص هذه النتائج).

شكل 1

شكل 1

لم يظهر أثر ملحوظ على أشجار الصنوبر التي تعرضت للحريق المتعمد، والتي تنمو وحدها دون نمو أنواع أخرى معها. وعلى الجانب الآخر، بالنسبة لأشجار الصنوبر التي تنمو مع أشجار السنديان، فقد أصبحت أبطأ من حيث معدل النمو في البداية، ولكن في السنة التالية عادت لمعدل نموها الطبيعي. ولكن لم يتم تقصي استجابة أشجار السنديان.

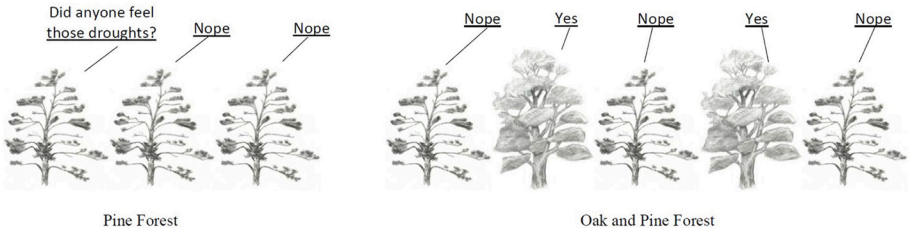
ماذا يحدث للأشجار عندما تأكل العثة الغجرية أوراقها؟

اكتسبت جميع الأشجار - إلى حد ما - قدرة تكيفية على التعامل مع أوراقها التي أفسدتها الحشرات، لأنه من الطبيعي جدًّا أن تتغذى الحشرات على أوراق الأشجار. وتعتمد طريقة استجابة الأشجار إلى ظاهرة مضغ أوراقها، على نوع الشجرة، والوقت من السنة الذي يحدث فيه ذلك، وإلى أي مدى تتأثر الشجرة بهذا الحدث. ففي عام 2007، أكلت يرقات العثة الغجرية كل أوراق أشجار السنديان في منطقة باين بارينز بولاية نيو جيرسي. وفي عام 2008، أُكلت بعض الأوراق وليس جميعها. وبعد الخسارة الحادة لأوراق الأشجار التي تُعرف بانجراد الأوراق في عام 2007، أنبتت الأشجار أوراقها، ونمت تلك الأوراق من جديد. ولكن لم تنمُ الأوراق من جديد إلا في نصف منطقة نمو الأوراق (أي أن المنطقة التي نمت فيها الأوراق من جديد بلغت مساحتها نصف مساحة منطقة نمو الأوراق قبل حدوث هذا الاضطراب، وهذا يعني أن كمية أوراق الأشجار أصبحت أقل). حيث تحدد منطقة نمو الأوراق كمية الماء التي تفقدها الأشجار وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون التي تمتصها. وفي عام 2007، وبعد أن جددت أشجار السنديان نصف أوراقها، وُجد أن كمية المياه التي تفقدها كل شجرة قد انخفضت بنسبة 25%.

إلا أنه بحلول عام 2012، أي بعد مرور خمسة أعوام على الانجراد الحاد للأوراق، عاد فقدان الماء إلى حالته الطبيعية، ولكن ظلت القدرة الكلية لأشجار السنديان في منطقة باين بارينز على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون منخفضة. وهذا ليس بسبب أن الشجرة نفسها لا تستطيع امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون، ولكن لأن بعض الأشجار قد ماتت إثر الانجراد الحاد، ومن ثم يوجد عدد قليل من الأشجار في المنطقة بشكل عام. إذن؛ يوجد فقط القليل من الأشجار التي يُمكنها امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون، مقارنةً بحالها قبل تعرضها لهجوم يرقات العثة الغجرية. فبعد هجوم العثة

الغجرية وحدوث الجفاف الحاد عام 2010، مات ثلث عدد الأشجار ومعظمهم من أشجار السنديان (انظر الشكل أدناه).

وقد يكون هذا النقص الحاد في امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الذي حدث بعد اشتعال الحريق وهجوم يرقات العثة الغجرية، ناجمًا عن مزيج من الآثار التي تمثلت في أكل الحشرات للأوراق في عامي 2007 و2008، وذبول الأشجار بفعل الجفاف في عام 2010، إذ إن الجفاف قد حدث بعد هجوم يرقات العثة بوقت قصير. ورغم ذلك، هناك بعض الاختلافات في طريقة استجابة الأنواع المختلفة من أشجار السنديان إلى الجفاف. حيث أظهر السنديان الجبلي (*Quercus montana*) نقصًا في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الممتصة مقارنةً بالسنديان الصبغي (*Quercus velutina*) إلا أن الأشجار التي ماتت من السنديان الصبغي بفعل الجفاف، كانت أكثر من الأشجار التي ماتت من السنديان الجبلي. ولم يبدُ أن أشجار الصنوبر قد تأثرت بصورة سلبية بهجوم اليرقات والجفاف، بقدر تأثر أشجار السنديان. وتوضح النتائج التي توصلنا إليها أنه مع ازدياد وتيرة حدوث الجفاف، قد تزداد أعداد الأشجار من نوع الصنوبر في منطقة باين بارينز، وربما تتواجد أشجار السنديان الجبلي أكثر من السنديان الصبغي (انظر الشكلين 2 و3 للاطلاع على ملخص هذه النتائج).



شكل 2

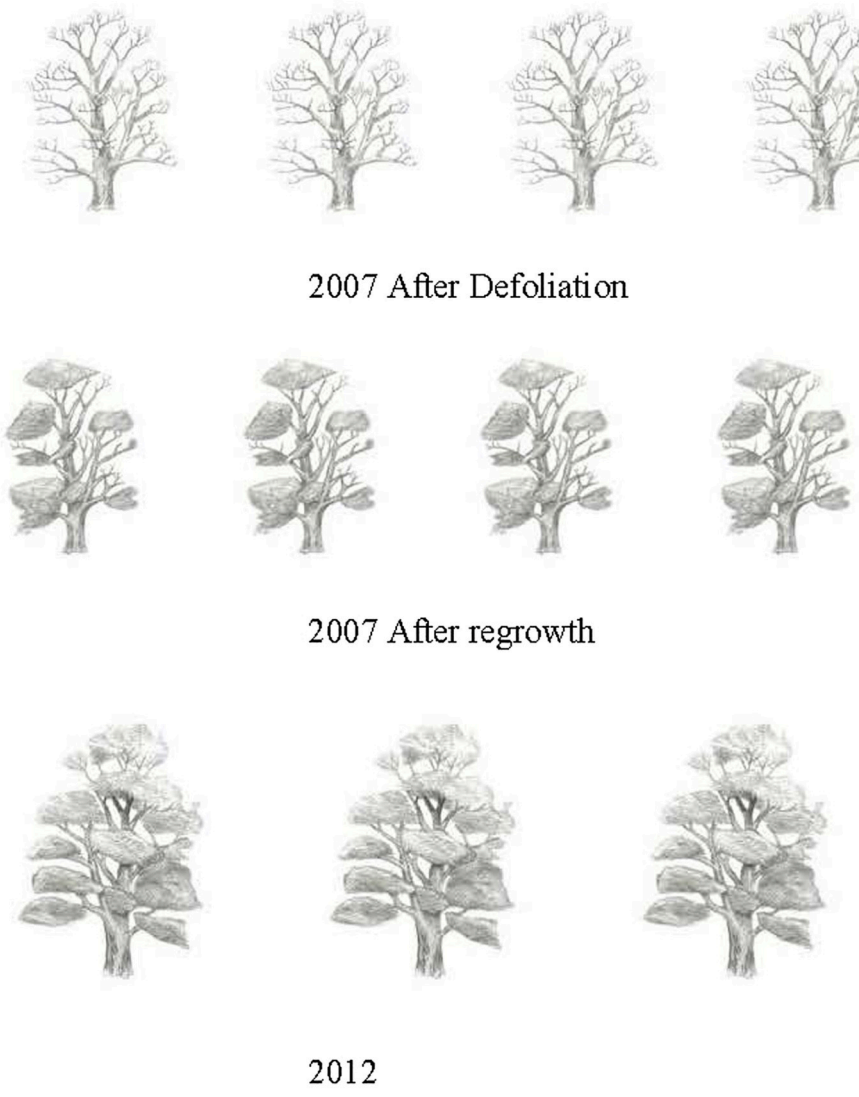
شكل 2

لم تستجب أشجار الصنوبر تقريبًا إلى الجفاف، بعكس أشجار السنديان (انظر أيضًا الشكل 3). حيث انخفضت قدرة أشجار السنديان الجبلي على امتصاص الكربون إثر حدوث الجفاف، بينما ماتت أشجار السنديان الصبغي.

ماذا يعني هذا كله؟

أوضحت دراستنا أنه عندما تحدث العديد من الاضطرابات في فترة قصيرة، قد يكون هذا الأمر مدمرًا لبعض الأشجار دون غيرها. ويشير ذلك إلى أن الغابات التي تتكون من أنواع مختلفة من الأشجار، ستستجيب بطريقة مختلفة إلى هذه الأنواع من الاضطرابات. وأوضحت دراستنا أيضًا أن الأشجار التي تتكيف للتعايش مع الحريق، يُمكنها حينئذٍ أن تتعافى من تأثيرات الحرائق وتعود لحالتها الطبيعية في وقت قصير. ومن المهم إدراك طريقة استجابة الأشجار إلى الأنواع المختلفة من الاضطرابات، ومن ثمَّ نتمكن من التنبؤ بما يُمكن أن يحدث إلى الأشجار في المرة المقبلة التي يحدث فيها أحد الاضطرابات، أو عندما يتكرر حدوث هذه الاضطرابات التي قد تكون بسبب تغير المناخ عالميًّا.

تحتل الأشجار أهميةً كبيرةً بالنسبة للإنسان، لأنها توفر له الخشب الذي يصنع منه الأثاث، ويشيد به المباني، والمادة الخام لتصنيع الورق، وكذلك تزوده بالحطب اللازم



شكل 3

شكل 3
نقص مقدار الماء الذي تفقده أشجار السنديان، وانخفاض مقدار الكربون التي تمتصه عام 2007 بعد نمو بعض الأوراق مرةً أخرى. وفي عام 2012، كانت أشجار السنديان تفقد الماءَ بمعدل طبيعي، ولكن الكمية الكلية من الكربون التي كانت تمتصها تلك الأشجار قبل ذلك قد قلت، وهذا بسبب أنه لم يتبقَ على قيد الحياة سوى عدد قليل من الأشجار التي تمتص الكربون، وذلك بسبب حدوث مزيج من الاضطرابات معًا؛ ألا وهي الجفاف وانجراد الأوراق (انظر أيضًا الشكل 2).

للتدفئة. وتعتمد الكثير من الأنواع الأخرى من الكائنات الحية على الأشجار في الغذاء والمأوى. وتعد الأشجار أيضًا بمنزلة مكيف هواء طبيعي للمناطق المحيطة بها. وبما أن الأشجار مورد يحتل مثل هذه الأهمية بالنسبة للإنسان والكائنات الحية الأخرى، فإن دراسة كيفية تعامل الأشجار مع الاضطرابات أمر فائق الأهمية، للإنسان والبيئة على حد سواء.

المراجع

1. Schäfer, K. V. R., Renninger, H. J., Carlo, N. J., and Vanderklein, D. 2014. Forest response and recovery following disturbance in upland forests of the Atlantic Coastal Plain. *Front. Plant Sci.* 5:294. doi: 10.3389/fpls.2014.00294

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 17 أكتوبر 2022

حرره: Mark Brandon

مرشدو العلوم: Suhas Kumar

الاقتباس: Schäfer KVR and Vanderklein DW (2022) مواجهة الضغط والتكيف: كيف تستجيب الأشجار لمختلف أنواع الاضطرابات؟ Front. Young Minds
doi: 10.3389/frym.2018.00033-ar

مُترجَم ومقتبس من: Schäfer KVR and Vanderklein DW (2018) How Do Trees Respond to Stress? Front. Young Minds 6:33
doi: 10.3389/frym.2018.00033

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 © 2022 Schäfer and Vanderklein. 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

SASYAK، العمر: 9
يبلغ ساسياك من العمر تسعة أعوام، وهو طالب من الهند. وهو قارئ نهم لأنواع عديدة من الكتب. ومشارك متحمس في منافسات الاختبارات والمنافسات الأوليمبية، فضلًا عن أنه بطل في مسابقة التهجئة. ويحضر حصص كرة القدم ويستمتع بركوب الدراجات.

المؤلفون

KARINA V. R. SCHÄFER
خبيرة في علم النظم البيئية للنبات بجامعة روتجرز، نيويورك، ولاية نيو جيرسي، الولايات المتحدة الأمريكية. يركِّز بحثها على تدفق الغازات الدفيئة في النظام البيئي الأرضي مع التركيز على تغير المناخ عالميًّا. وفي هذا العمل بالتحديد، تعمل على إجابة السؤال المتعلق بشرح التغييرات التي تطرأ على تركيبة الغابات ووظائفها جراء الاضطرابات المختلفة، وتأثير الاضطرابات على دورة الكربون والماء على مستوى النظام البيئي. karinavr@rutgers.edu*

DIRK W. VANDERKLEIN
أنا عالم فيسيولوجيا نباتية متخصص بالبيئة. وهذا يعني أنني أدرس كيفية نمو النباتات، وتأثير البيئة المحيطة بها على نموها، وتأثير النباتات على البيئة. على سبيل المثال؛ أدرس كيفية تأثير

أحد أنواع النبات الغازي الذي يسمَّى "البطية اليابانية" (Japanese knotweed) على كمية المياه في التربة والمجاري المائية الخاصة بنا. والمجالات الأخرى التي تطرقت إليها في البحث هي الأمور التي تحدد كيفية نمو الأشجار الطويلة، وأثر تلوث التربة على نمو الأشجار، ووظائف أعضاء أشجار الصنوبر والسنديان التي تنمو في منطقة باين بارينز بولاية نيو جيرسي ونيويورك ونظامها البيئي.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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