

כיצד עצים מגיבים לתנאי עָקָה?

Karina V. R. Schäfer^{1*}, Dirk W. Vanderklein²

¹המחלקה למדעי הביולוגיה, אוניברסיטת Rutgers, ניוארק, ניו ג'רזי, ארצות הברית
²המחלקה לביולוגיה, אוניברסיטת מדינת מונטקלייר, מונטקלייר, ניו ג'רזי, ארצות הברית

סוקר צעיר

SASYAK
גיל: 9



עצים דומים מאוד לבני אדם: הם חוֹנִים תנאי עָקָה, הם נדבקים במזיקים או במחלות והם עלולים להיות מותקפים על-ידי אש, רוחות, שיטפונות ובצורת. לדברים אלו שתוקפים או שמדביקים עצים אנו קוראים "הפרעות". עצים אינם כמו בני אדם בכך שהם אינם יכולים ללכת לרופא כדי להבריא, והם אינם יכולים להתרחק ממה שמפריע להם. משפט אחרון זה חשוב מאוד, כי פירושו של דבר הוא שקיום העצים מאות מיליוני שנים התאפשר ודאי הודות ליכולתם להתמודד עם הפרעות בלי עזרתו של רופא. כפי שאתם יכולים לדמיין, סוגי עצים שונים פיתחו דרכים שונות להתמודד עם הפרעות מסוימות. זה מה שלמדנו מהמחקר שלנו באזור הנקרא פֵּיין בארנס (Pine Barrens), ניו ג'רזי, בחוף המזרחי של ארצות הברית.

מדוע חשוב להבין כיצד עצים מגיבים לתנאי עָקָה?

עצים חשובים לבני אדם ולבעלי חיים אחרים בְּשָׁל מְגוֹן סיבות. בני אדם תלויים בעצים כמקור לעץ, לנייר, לקירור האוויר ולניקוי המים; בעלי חיים תלויים בעצים למזון ולמחסה. לתועלות אלה אנו קוראים "שירותים". לכן, האופן שבו עצים מגיבים להפרעות או לעֵקוֹת שונות חשוב ביותר, כי עלינו לשמור על השירותים שהעצים מסִפְּקִים או להגבירם אם אנו רוצים להמשיך ולהשתמש בשירותים אלה. אחת הסיבות לכך שאנו רוצים לדעת איך עצים מגיבים להפרעות או לעֵקוֹת שונות היא כדי שנוכל להבין, ואולי לְצַפּוֹת, כיצד יגיבו עצים לשינויים בהפרעות ובעֵקוֹת האלה בעתיד.

פוטוסינתזה

(Photosynthesis)

התהליך שבו צמחים קולטים פחמן דו-חמצני ופולטים מים וחמצן.

הפרעות ליער

(Forest disturbance)

עקה שחווה היער. הפרעות ליער כוללות חרקים מזיקים מסוימים, הוריקנים, שיטפונות ובצורות.

הסתגלויות

(Adaptations)

התהליך שבו צמחים או בעלי חיים משתנים מדי דור ודור, כך שהם מסוגלים לחיות טוב יותר בסביבה נתונה. הסתגלות יכולה להתרחש במשך תקופת זמן קצרה יחסית כגון שנים אחדות, או במשך תקופה ארוכה מאוד-מאוד כגון אלפי שנים או יותר. בפיון בארנס, קליפות עץ עבות נחשבות הסתגלות לשריפות כי עצים שיש להם קליפות עץ עבות שורדים אחרי השריפה טוב יותר, יחסית לעצים שיש להם קליפת עץ דקה.

עצים, כמו כל הצמחים, קולטים פחמן דו-חמצני מהאוויר, ובתהליך הנעזר באור הם פולטים מים וחמצן. תהליך זה נקרא **פוטוסינתזה**, והוא שירות חשוב שהעצים מספקים. במחקר שלנו, חקרנו כמה מים ופחמן דו-חמצני מעובדים על-ידי העצים האלה, ואיך ערכים אלה יכולים להשתנות בעתיד בגלל שינויי אקלים. כמות העץ שהעצים מייצרים תלויה בכמות הפחמן הדו-חמצני שהם קולטים מהאוויר – ככל שהם קולטים יותר פחמן דו-חמצני, כך הם צומחים יותר ולכן מייצרים יותר עץ. באותו אופן, ככל שהעצים קולטים יותר פחמן דו-חמצני, כך הם פולטים יותר מים. פירושו של דבר, שלעצים ודאי יש דרך לִפְתֹּת את כמות המים שהם מאבדים בזמן שהם קולטים פחמן דו-חמצני, אחרת הם עלולים להתייבש. לנו יש בעיה דומה. כאשר אנו נושמים, גם אנו מאבדים מים. אפשר לראות זאת כאשר נושמים על זכוכית קרה ונוצר עיבוי על הזכוכית. העיבוי הוא מים שאנו מאבדים. אם נאבד יותר מדי מים, גם אנו עלולים להתייבש! כאשר עצים חֲוִים הפרעה (למשל, חרקים שלועסים את העלים), היכולת שלהם לקלוט פחמן דו-חמצני פוחתת מאוד, ובמקביל פוחתת גם יכולתם לצמוח. באותו אופן, היכולת של העצים לספק לנו עץ פוחתת. המשמעות של כל זה היא שאספקת העץ והמים שלנו תלויה באופן שבו עצים מגיבים להפרעות. נוסף על כך שינויי אקלים עלולים לגרום לעלייה ברמת ה**הפרעות ליער** במידה כזו שהעצים לא יצליחו להתמודד עם הבעיה. כפי שאתם יודעים, פירושו של דבר שגם אנו נסבול.

המקום שבו חקרנו את העצים

ערכנו את הניסוי בפיון בארנס, ניו ג'רזי, אזור שהוא מערכת אקולוגית ייחודית בקנה מידה עולמי, המשתרעת על כשליש ממדינת ניו ג'רזי (בחוף המזרחי של ארצות הברית). באזור זה יש מינים שונים של צמחים ושל בעלי חיים מעניינים, ואפילו יצור אנדי הנקרא "השֶׁטָן מניו ג'רזי". אזור פיון בארנס, ניו ג'רזי, מרוכז בחצי הדרומי של המדינה, אזור שהוא שטוח יחסית והקרקע בו היא בעיקר חולית, כך שהיא די יבשה רוב הזמן. ההפרעה העיקרית אשר חָלָה בפיון בארנס, ניו ג'רזי, היא שרפות. יער עצי האורן ועצי האלון קיים שָׁם הודות ל**הסתגלויות** המאפשרות להם לשרוד ולגדול במקום שיש בו שריפות, בעוד שלמיני עצים רבים אחרים אין את ההסתגלויות האלה, ולכן אינם יכולים לגדול שָׁם כל עוד יש במקום שריפות. אם כך, פירושו של דבר שאם לא תהיה שריפה, עצי האלון ועצי האורן יצטרכו להתחרות עם מיני עצים אחרים שצומחים טוב יותר כאשר אין שריפות, דבר שעלול לבסוף להוביל לשינוי במיני העצים שישנם ביער. המשמעות היא גם שהיער הנוכחי התבסס במשך אלפי שנים כתוצאה מתדירות גבוהה יחסית של שריפות. כאשר הגיעו בני אדם לאזור, תדירות השריפות הטבעיות פחתה במידה רבה מאוד, אבל שריפות שנובעות מפעילות האדם עדיין מתרחשות, בעיקר כדרך לשימור מיני העצים בפיון בארנס, במטרה לשמור על צְבִיחוֹנוֹ של המקום. שרפות כאלה מְכַנּוֹת "שריפות מְכַנּוֹת". "לכל מיני העצים הצומחים בפיון בארנס יש מאפיינים דומים העוזרים להם לשרוד בעקבות השריפה, הנקראים הסתגלויות, אבל נראה שהאופן שבו כל מין של עץ מגיב אחרי השריפה שונה. הסתגלויות בעצים, שמטרתן לשרוד אחרי שריפות, כוללות קליפת עץ עבה המְגַנָּה עליהם, ויכולת לגדול מחדש אחרי השריפה. הפרעה סביבתית חמורה נוספת שעומדת צריכה להתמודד העצים בפיון בארנס היא זמינות נמוכה של מים. לעצים באזור זה יש הסתגלויות גם לבעיה זו. למשל, עצי אלון יכולים להצמיח שורשים ארוכים מאוד המגיעים עמוק אל תוך הקרקע, שָׁם יש מים, והדבר מאפשר להם לשרוד במשך תקופות ארוכות של בצָרָת (מזג אוויר יבש). הפרעה שלישית שניצבת מול העצים בפיון בארנס היא התקפה של זחלי הָעֵשׂ הַצּוֹעֵנִי. עשים צועניים הם חרקים, והזחלים שלהם לועסים את עלי האלון.

העצים בפיין בארנס לא היו צריכים להתמודד עם זחלי העש הצועני למשך זמן רב, ולכן אין להם עדיין הסתגלויות שיגנו עליהם מהתקפת החרקים האלה.

מחקרים רבים בדקו איך עצים מסוימים מגיבים להפרעות שונות לאורך שנים מעטות, אבל רק מעט מחקרים בדקו את תגובת העצים לתקופת זמן ארוכה יותר. חשוב גם לדעת אם כל מיני העצים מגיבים לאותה הפרעה באותו אופן או שמא למיני עצים שונים יש הסתגלויות שונות. לבסוף, אנו יודעים שלעיתים קרובות עצים חזקים יותר מהפרעה אחת בו בזמן, ולכן חשוב גם להבין איך שילוב של הפרעות משפיע על עצים בטווח הארוך. יצאנו לדרך כדי לענות על שאלות אלה, על-ידי התבוננות במיני עצים שונים באזורים מסוימים של פיין בארנס, שבעקבותיה ראינו כיצד הם מגיבים לאש, לחרקים ולבצורת בטווח הארוך – תקופה של 10 שנים.

במטרה לחקור את ההשפעות של שריפה על עץ שצומח ומתפקד, הקצינו שני אזורים מחקר בשני מיקומים שונים בפיין בארנס [1]. אחד המיקומים האלה היה בחלק של היער שבו עצי אורן (שיש להם מחטים) ועצי אלון (שיש להם עלים שטוחים) צומחים יחד. קראנו לאזור זה "היער המערב". המיקום האחר היה בחלק של יער שיש בו רק עצי אורן. קראנו לאזור זה "יער האורנים בלבד". בכל אחד משני המיקומים האלה היו שני אזורים מחקר – אזור אחד נשרף והאזור האחר הוגן מפני שריפות. השריפה נעשתה בכוונה, דבר הנקרא **שריפה מכוונת**, כדי לשלוט על צמיחת השיחים שמתחת לעצים. אזורים ששרפו באביב 2011 ו-2012. לפני טיפולי השריפה, המיקום שבו היו גם עצי אורן וגם עצי אלון חווה שנתיים שבהן זחלי העש הצועני לעסו את עלי האלון, ושנתיים שבהן הייתה בצורת (בשנים 2006 ו-2010). הדבר אפשר לנו לחקור כיצד היער מגיב לשילוב של הפרעות.

אופן הכנת מערך הניסוי

מה קורה כאשר שורפים יער?

אחרי ששרפנו את "היער המערב" ואת "היער האורנים בלבד", גילינו שכאשר עצי אורן צומחים ביער המכיל רק עצי אורן הם אינם מושפעים מהשריפה, ואולי הם אפילו במצב טוב יותר אחרי השריפה. לאחר השריפה קלטו עצי אורן שרופים אותה כמות של פחמן דו-חמצני ופלטו אותה כמות של מים מהעלים, כמו עצי האורן שלא נשרפו. מעגין שעצי האורן השרופים היו יעילים יותר בפוטוסינתזה שלהם, בהשוואה לעצי האורן שלא נשרפו, אבל השפעה זו נמשכה רק כשנה אחת. אחר כך, לא נמצא כל הבדל בין עצי האורן השרופים לאלה שלא נשרפו. ב"יער המערב" הסיפור היה מעט שונה. עצי האורן ב"יער המערב" הושפעו לרעה מהשריפה – כתוצאה ממנה, עצי האורן השרופים קלטו פחות פחמן דו-חמצני, יחסית לעצי האורן שנשרפו ב"יער האורנים בלבד". אבל, כמו בעצי האורן ב"יער האורנים בלבד", ההשפעה לא נמשכה זמן רב – כשנה אחרי השריפה קלטו עצי האורן שנשרפו ב"יער המערב" את אותה כמות של פחמן דו-חמצני שהם קלטו לפני השריפה. במילים אחרות, עצים אלה חזרו לְאִי־תָנֵם די בקלות, בכל הנוגע לשריפות (ראו באיור 1 סיכום של התוצאות האלה).

מה קורה לעצים כאשר העש הצועני לועס את העלים?

במידת מה, כל העצים הסתגלו להתמודדות עם לעיסת העלים שלהם על-ידי חרקים, כי די רגיל שחרקים ניזונים מעלי עצים. האופן שבו העצים מגיבים ללעיסת העלים תלוי בסוג העץ, בזמן בשנה שבו הלעיסה מתרחשת ובמידת החמרה של ההתקפה. בשנת 2007 אכלו זחלי העש

שריפה מכוונת

(Prescribed burning)

שיטת יערנות שבה השיחים שביער נשרפים בכוונה בעונת האביב. שריפת השיחים עוזרת למניעת שריפות מקריות נרחבות ובלתי נשלטות, שעלולות לעלות בחיים ולפגוע ברכוש. על-ידי שמירה על רמת שיחים נמוכה, שריפה מקרית או הצתה בזדון לא יתפשטו מהר כל כך ולא יהיו הרסניות.

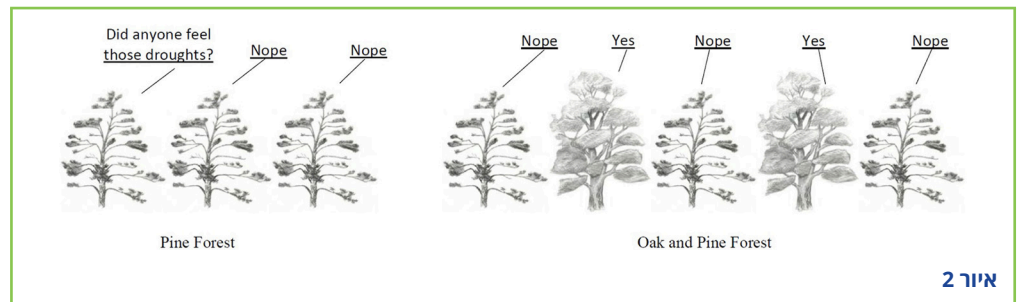
איור 1

בדרך כלל, בעצי האורן לא נראה שיש השפעה לשריפות המכוונות, אחרי השריפה הם צמחו בכוחות עצמם. לעומת זאת אם הם צמחו יחד עם עצי אלון, הצמיחה שלהם בהתחלה פחתה, אבל כעבור כשנה הצמיחה חזרה למצב התקין. לא נבדקה ההשפעה על עצי האלון.



איור 1

Did anyone feel that fire last year? = האם מישוה הרגיש את השריפה שהייתה בשנה שעברה?
 Nope = לא
 Pine forest = יער עצי אורן
 We did, but now we are back to normal = אנחנו חזרנו למצב התקין
 Oak and Pine forest = יער עצי אלון ועצי אורן



איור 2

איור 2

בדרך כלל, עצי האורן לא הגיבו לבצורת, אבל עצי האלון כן הגיבו (ראו גם איור 3). לעצי אלון הערמונים הייתה יכולת מופחתת לקלוט פחמן דו-חמצני, ועצי האלון השחור מתו בגלל הבצורת.

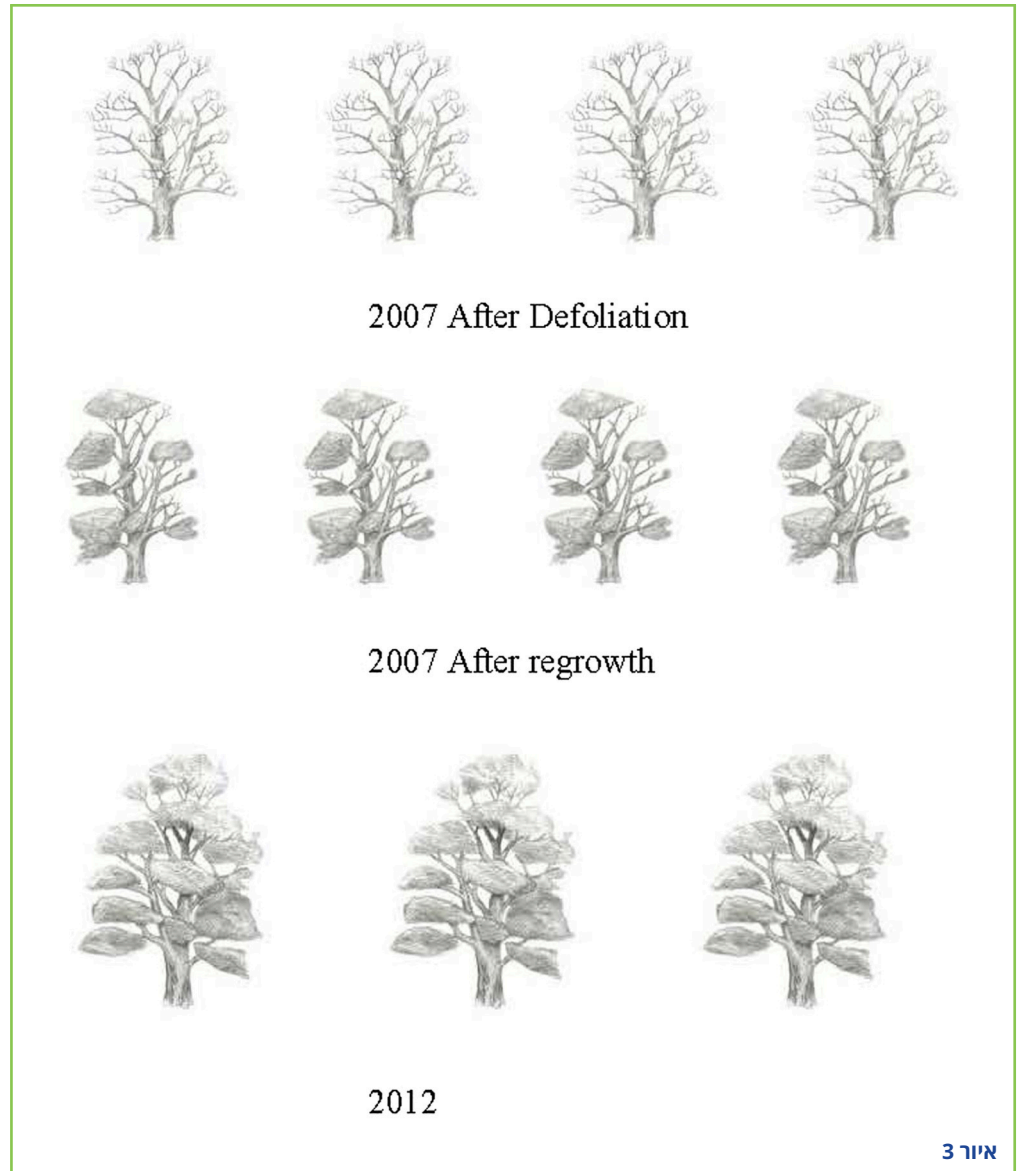
הצועני את כל העלים של עצי האלון בפיין בארנס, ניו ג'רזי. בשנת 2008 נאכלו חלק מהעלים, אבל לא כולם. בעקבות האובדן החמור בעלים ב-2007, הנקרא נשירת עלים, העצים הצמיחו מחדש את העלים שלהם, אבל רק 50% משטח העלילה הוחלף (כלומר, לעצים היו 50% פחות עלים יחסית לכמות העלים בטרם נאכלו, שפירושו שהיו לעץ פחות עלים). שטח העלווה קובע את מידת המים שהעצים מאבדים ואת כמות הפחמן הדו-חמצני שהם קולטים. בשנת 2007, אחרי שעצי האלון הצמיחו מחדש חצי מכמות העלים שלהם, הופחת איבוד המים לעץ ב-25%. אולם עד שנת 2012, 5 שנים אחרי נשירת העלים החמורה, חזר איבוד המים למצבו הרגיל, אבל היכולת הכללית של עצי האלון בפיין בארנס לקלוט פחמן דו-חמצני עדיין הייתה פחותה. הדבר לא נבע מכך שעצים מסוימים לא יכלו לקלוט פחמן דו-חמצני, אלא בגלל מותם של חלק מהעצים עקב נשירת העלים, כך שסך הכול היו פחות עצים באזור. כך, פחות עצים יכלו לקלוט פחמן דו-חמצני בהשוואה למצב שהיה לפני התקפת זחלי העש הצועני. אחרי התקפת זחלי העש הצועני, ואחרי בצורת חמורה בשנת 2010, מתו שליש מהעצים, בעיקר עצי אלון (ראו גם למטה).

Did anyone feel those droughts? = האם מישוה הרגיש את הבצורת האלה?
 Nope = לא
 Yes = כן
 Pine forest = יער עצי אורן
 Oak and Pine forest = יער עצי אלון ועצי אורן.

הפחיתה הגדולה בקליטת פחמן דו-חמצני, אשר חלה אחרי השריפה ואחרי התקפת זחלי העש הצועני, התאפשרה הודות להשפעה המשולבת של לעיסת העלים בשנים 2007-2008 ואחר כך ההתייבשות בגלל הבצורת בשנת 2010, היות שהבצורת חלה במועד קרוב מאוד להתקפת זחלי העש הצועני. אבל, נמצאו כמה הבדלים באופן שבו מיני אלון שונים הגיבו לבצורת. באלון הערמונים (*Quercus montana*) נראתה ירידה בקליטת פחמן דו-חמצני, יחסית לאלון השחור (*Quercus velutina*), אבל יותר עצי אלון שחור מתו בתגובה לבצורת, יחסית לעצי אלון הערמונים. לא נראה שעצי האורן הושפעו לרעה מהתקפת הזחלים ומהבצורת, בהשוואה לעצי האלון. מהתוצאות שלנו עולה שאם יהיו יותר אירועי בצורת, ישתנה הרכב מיני העצים בפיין בארנס, כך שיהיו יותר עצי אורן ואולי גם יותר עצי אלון הערמונים, במקום עצי האלון השחור (ראו באיורים 2 ו-3 סיכום של התוצאות האלה).

איור 3

בשנת 2007, אחרי שחלק מהעלים צמחו מחדש, חלה פחיתה באיבוד המים ובקליטת פחמן דורחמצני בעצי אלון. בשנת 2012 איבוד המים בעצי האלון היה תקין, אבל סך הכול קליטת הפחמן הדורחמצני פחתה, היות שהיו פחות עצים שנותרו בחיים כדי לקלוט פחמן דורחמצני עקב שילוב של בצורת ושל נשירת עלים (ראו גם איור 2).
 = 2007 after defoliation
 = 2007 after regrowth
 = 2007 אחרי צמיחה מחדש.



מה המשמעות של כל זה?

המחקר שלנו הראה שכאשר כמה הפרעות מתרחשות בזמן קצר, הדבר עלול להזיק לחלק מהעצים, אבל לא לכולם. פירושו של דבר, נְשִׁיעָרוֹת שבהם יש מיני עצים שונים יגיבו באופנים שונים להפרעות מסוגים אלה. המחקר שלנו גם הראה שעצים שהסתגלו לחיות עם שריפות יכולים להתאושש מהשריפות ולחזור למצבם התקין במהירות. הִבְנַת האופן שבו עצים מגיבים להפרעות השונות חשובה כדי שנוכל לצפות מה עלול לקרות לעצים בפעם הבאה שהפרעה כזאת תתרחש או כאשר תדירות ההפרעות האלה תעלה, דבר שעלול לקרות בגלל שינויי האקלים העולמיים.

העצים חשובים לאין ערוך עבור בני האדם, כי הם מספקים עץ לרהיטים ולבנייה, חומר גלם להכנת נייר ועצי הסקה. מיני בעלי חיים רבים אחרים תלויים בעצים להזנה ולמחסה. עצים גם

משמשים כמיזוג אוויר טבעי באזורים הקרובים להם. היות שעצים הם משאב כה חשוב לאדם ולמינים אחרים, חיוני ביותר לחקור את האופן שבו הם מתמודדים עם הפרעות.

מקורות

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

פורסם אונליין: 31 בינואר 2019

נערך על ידי: Mark Alan Brandon, The Open University, United Kingdom

ציטוט: Schäfer KVR and Vanderklein DW (2019) כיצד עצים מגיבים לתנאי עֵקָה? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2018.00033-he

תורגם והותאם:

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

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © Schäfer and Vanderklein 2018. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקר צעיר

SASYAK, גיל: 9

Sasyak הוא תלמיד בן 9 מהודו. הוא קורא בלהיטות ספרים מכמה סוגות. הוא משתתף שָנָן בתחרויות חידונים ובאולימפיאדות, והוא אלוף בתחרויות איות. הוא משתתף בשיעורי כדורגל ונהנה לרכוב על אופניים.

הכותבים

KARINA V. R. SCHAFER

Karina V. R. Schäfer היא אקולוגית של מערכות אקולוגיות באוניברסיטת Rutgers, ניוארק, ניו ג'רזי, ארצות הברית. המחקר שלה מתמקד בזרימת גזי חממה במערכות אקולוגיות יבשתיות, בדגש מיוחד על שינויי אקלים עולמיים. בעבודה זו במיוחד היא חוקרת איך הפרעות משנות מבנה של יערות ואת תפקודם, ומשפיעות על מחזורי הפחמן והמים ברמת המערכת האקולוגית. *karinavr@rutgers.edu





DIRK W. VANDERKLEIN

אני אקו-פיזיולוג של הצמח. פירושו של דבר שאני חוקר איך צמחים צומחים, איך הסביבה שבה הם חיים משפיעה על צמיחתם ואיך הצמחים משפיעים על סביבתם. למשל, אני חוקר איך צמח פולש הנקרא אַרְכָּבִית יפנית עלול להשפיע על כמות המים בקרקע ועל הנחלים שלנו. תחומי מחקר נוספים שבהם הייתי מעורב נועדו לענות על השאלות: מה קובע את גובה צמיחת העצים? איזו השפעה יש לזיהום הקרקע על צמיחת עצים? עוד חקרתי את הפיזיולוגיה והאקולוגיה של צמיחת עצי אלון ועצי אורן ב-Pine Barrens, ניו ג'רזי וניו יורק.

Hebrew version
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

