



הצד האפל של הפטריות

Donát Magyar^{1*}, John T. Van Stan II² | Kandikere R. Sridhar^{3,4}

¹המרכז הלאומי לבריאות הציבור, בודפשט, הונגריה

²ביולוגיה, גיאולוגיה ומדעי הסביבה, האוניברסיטה של מדינת קליבלנד, קליבלנד, אוהיו, ארה"ב

³מדעי החיים, אוניברסיטת מנגלור, מנגלור, הודו

⁴המרכז למדעים סביבתיים, אוניברסיטת ינפוייה, מנגלור, הודו

סוקרים צעירים

NATHAN
גיל: 15



OLIVER
גיל: 11



SAMUEL
גיל: 8



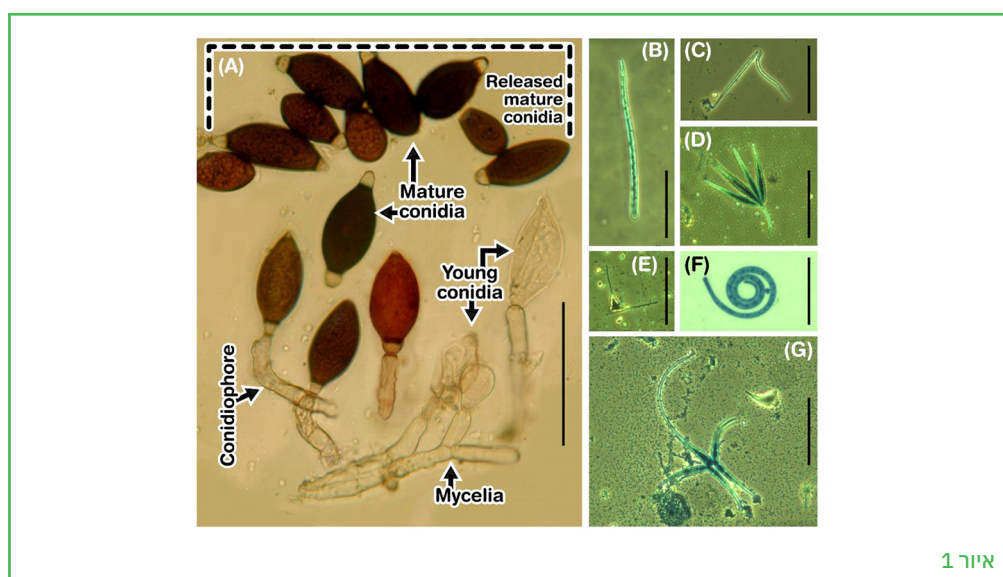
¹משחק מילים – אחד הפירושים למילה 'bark' באנגלית הוא קליפת העץ. פירוש המילה 'dark' באנגלית הוא אפל. לכן 'bark side' שנכתב במאמר המקור, תורגם כ'צד האפל' (Dark side) באנגלית.

אולי לא הבחנתם בכך שפטריות גדלות על קליפות העצים בשכונות מגורכם, אך מדענים גילו כי מיני פטריות רבים הצטרפו לצד זה של הגזע – ה'צד האפל'¹. הפטריות שחיות על קליפת העץ מבצעות מגוון דברים מעניינים ומפתיעים. לדוגמה, פטריות אלה עשויות 'לשוטט' על הגזע בחיפוש אחר משאבים או בתי גידול חדשים. הפטריות יוצרות גרסאות זעירות של עצמן, המכונות נְבָגִים, שיכולות להשתמש ב'כוח' של הטבע (כמו רוח נושבת, או מים זורמים), כדי לנוע ממקום אחד למקום אחר על הגזע. במאמר זה, נציג את המלחמה המיקרוסקופית המתחוללת על קליפות העצים בשכונה של כל אחד ואחת מכם, ונפרט לגבי כמה מהפטריות הלוחמות בצד האפל. כמו כן נתאר כיצד חלק מנבגי הפטריות משתמשים בכוח כדי להסתער על קליפת העץ (וּמַעֲבֵר לָהּ) בזמן סערה, ונסביר מדוע יחסי הגומלין בין פטריות לקליפת העץ הם מניע חשוב נוסף לשמירה על העצים שלנו ולהגנה עליהם.

מלחמת השיבוט של הפטריות החיות בצד האפל של העצים

לפני שנים רבות, על צמרת עץ רחוקה מאוד... או, ליתר דיוק, לפני בערך 25 מיליון שנים על קליפת עץ כלשהי... היו אלו זמנים אפלים עבור טרמיט, שנהרג על ידי פטרייה. בעוד הפטרייה זללה את קורבנה, גל של לִשְׂד העץ הטביע את הפטרייה ואת הטרמיט כאחד, התייבש לכדי עֶנְבֶר, והקפיא בזמן את המשתה שהפטרייה ערכה. כאשר מדענים מצאו את הענבר הזה כעבור מיליוני שנים, הוא הפך לתיעוד ההיסטורי הראשון של פטרייה אוכלת-חרקים כלשהי [1]. פטריות כמוה עוד משחרות לטרף בין הגזעים של עצי היער (ב'צד האפל' של הגזע). הן קיימות בכל מקום סביבכם, צדות חרקים עד עצם היום הזה. קליפות עצים מארחות מגוון סוגי פטריות, שטרפות זנים שונים של אורגניזמים חיים ומתים. בין אם הפטרייה היא **פְּתֹאֲנִית** (כלומר 'מתביתת' על דברים חיים), או **סְפְּרוֹטְרוֹפִית** (כלומר 'מתביתת' על דברים מתים ורקובים), היא חייבת לשוטט על קליפת העץ בחיפוש אחר המטרה הבאה שלה, או שתגוע. כאשר רבות מהפטריות מחפשות מזון או בית גידול חדש, אחת הדרכים שלהן לעשות זאת היא ליצור גרסאות זעירות של עצמן, המכונות **נְבָגִים**. אלו יכולים להשתמש ב'כוח' – הכוונה לכוח טבע, כמו רוח או מים – כדי להתנייד.

זרועותיהן דמויות האטרייה של הפטריות, המכונות **קֵרִים**, יכולות להגיע למרחק מוגבל (**איור 1**). נבגים שמסוגלים להתעופף ברוח או לשוט במים יכולים לסייע לפטריות לחקור בתי גידול חדשים, מעֶבֶר להישג ידיהן הקוריות. יש נבגים שהם שיבוט גנטי זהה של הוריהם הפטרייתיים! נבגים מיוחדים אלה, המכונים **קוֹנִידִיָה**, לא רק עוזרים להוריהם הפטרייתיים לחקור; הם גם יכולים להתיישב במקום חדש ולהתרבות שם בצורה אֶ-מִיִּנִית, כלומר, ללא צורך בשותפים. בדרך זו, נבגי הקונידיה מסייעים לפטריות לצאת ל'מלחמת משוטטים' משלהן, כדי להתפשט ולגדול מהר יותר מאשר צורות חיים אחרות שמתרבות בצורה מינית. מצד אחר, כיוון שנבגי הקונידיה לא יכולים לשלוט במקום שאליו הרוחות או המים ישאו אותם, ביכולתם להגיע לכל מקום! אך צבא המשובטים כל כך גדול, שהוא יכול לספוג כמות מסוימת של אבדות. לכן, אם נבגי פטריות מגיעים ל'צד האפל' של הגזע, ואף נתקעים בעומקו של סֶדֶק בקליפת העץ, מה הצעד הבא שלהם?



איור 1

פְּתֹאֲנִית (Pathogen)

מיקרואורגניזם, בכלל זה פטרייה, אשר עלול לגרום למחלה או למוות.

סְפְּרוֹטְרוֹפִית (Saprotroph)

אורגניזם הניזון מחומרים מתים או רקובים.

נְבָג (Spore)

חלקיקים מיקרוסקופיים חיים שהפטריות מייצרות כדי להתפשט ולהתרבות.

קֵרִים (Hyphae)

זרועות עדינות, חוטיות ודמויות-אטרייה המשמשות את הפטריות לחיפוש אחר משאבים בסביבתן.

קוֹנִידִיָה (Conidium)

ריבוי: קונידיה. סוג של נבג פטרייתי מייצרות כדי לשכפל את עצמן (או להתרבות באופן א-מיני). פטריות יכולות לייצר נבגים מיניים וא-מיניים, אך מאמר זה מתמקד בנבגים א-מיניים.

איור 1

תמונות מיקרוסקופיות של פטריות ושל נבגי פטריות.

(A) קור הפטרייה, נבג הקונידיה שלו והזרועות שמבטיחות קונידיה, המכונות Conidiophores. נבגי הקונידיה מופיעים בצורות רבות, המשתנות מזן פטרייה אחד למשנהו, בכלל זה: (B) צורת צלופח, (C) צורת זחל, (D) צורת מקל מטאטא, (E) צורת שפם, (F) צורת ספירלה, וכן (G) צורה מרובת-זרועות (שימו לב שהצבעים נובעים מהצביעה השונה, המסייעת לראות את הפטריות בקלות רבה יותר באמצעות מיקרוסקופ). סרגל קנה מידה = 50 מיקרומטר (מיקרומטר אחד קטן פי אֶלֶף ממילימטר אחד).

מקרא ל-A (מלמעלה למטה):
Released mature conidia = קונידיה בוגרת משוחררת;
= Mature conidia
קונידיה בוגרת;
= Young conidia
קונידיה צעירה;
Mycelia = תַּפְטִיר.

מדוע פטריות עוברות לצד האפל?

לרוב, פטריות נתקעות על קליפת העץ כיוון שהקליפה דביקה מאוד. למעשה, מרבית פני השטח של העץ הם דביקים עבור נבגי הפטריות. העצים כה דביקים, עד שמדי שנה כמה מאות קילוגרמים של חלקיקים מהאוויר יכולים להידבק לעץ עירוני אחד – זה משקל של בופלו (תאור)! מספר החלקיקים שנדבק לקליפת העץ יכול להיות גדול בהרבה ממספר החלקיקים הנדבקים לעלים. במחקר שנערך לאחרונה בבייג'ינג שבסין התגלה כי סנטימטר רבוע אחד של קליפת עץ כולא משקל גדול פי 50 של חלקיקים מאשר אזור באותו הגודל על פני העלה [2]. קליפות עץ על גזעים כולאות כמעט 90% מכל החלקיקים הגדולים (בגודל נבגי פטריות או גדולים יותר), שמצויים על העץ. אם כן, נראה שקליפת העץ אינה רק מלכודת חלקיקים מצוינת – היא גם טובה במיוחד בכליאת חלקיקים בגודל נבגי הקונידיה.

סדק בקליפת העץ אולי אינו נראה לנו כמו מקום חמים ונעים, אך הוא יכול להוות בית גידול משיביע רצון עבור נבגי הקונידיה. עבורנו הוא קרוב לוודאי יהיה אפלולי מדי. קרני השמש עשויות שלא לחדור לגמרי לעומק הסדק, ולכן, לעיתים קרובות, הוא נשאר לח. אולם עבור נבגי הקונידיה, הלחות היא תנאי מושלם כדי לנבט ולהתחיל לגדל קורים. אפילו היצורים הזעירים שזוחלים סביב הסדק עשויים להוות מראה מלבב עבור נבגי הפטריות. כאשר נבגי הקונידיה הופכים לפטריות מתפקדות לחלוטין (פתוגניות), הם עשויים לקדם את פני שכניהם על ידי שליחת ידיהם הקוריות כדי לתפוס ולזלול אותם! סדקים בקליפת העץ עשויים גם להכיל חומר מת או רקוב. במקרה זה, כל קונידיה עם נטיות ספּרוֹטְרופיות עשויה 'לחשוב' שבית הקברות של קליפת העץ – מעורר תיאבון.

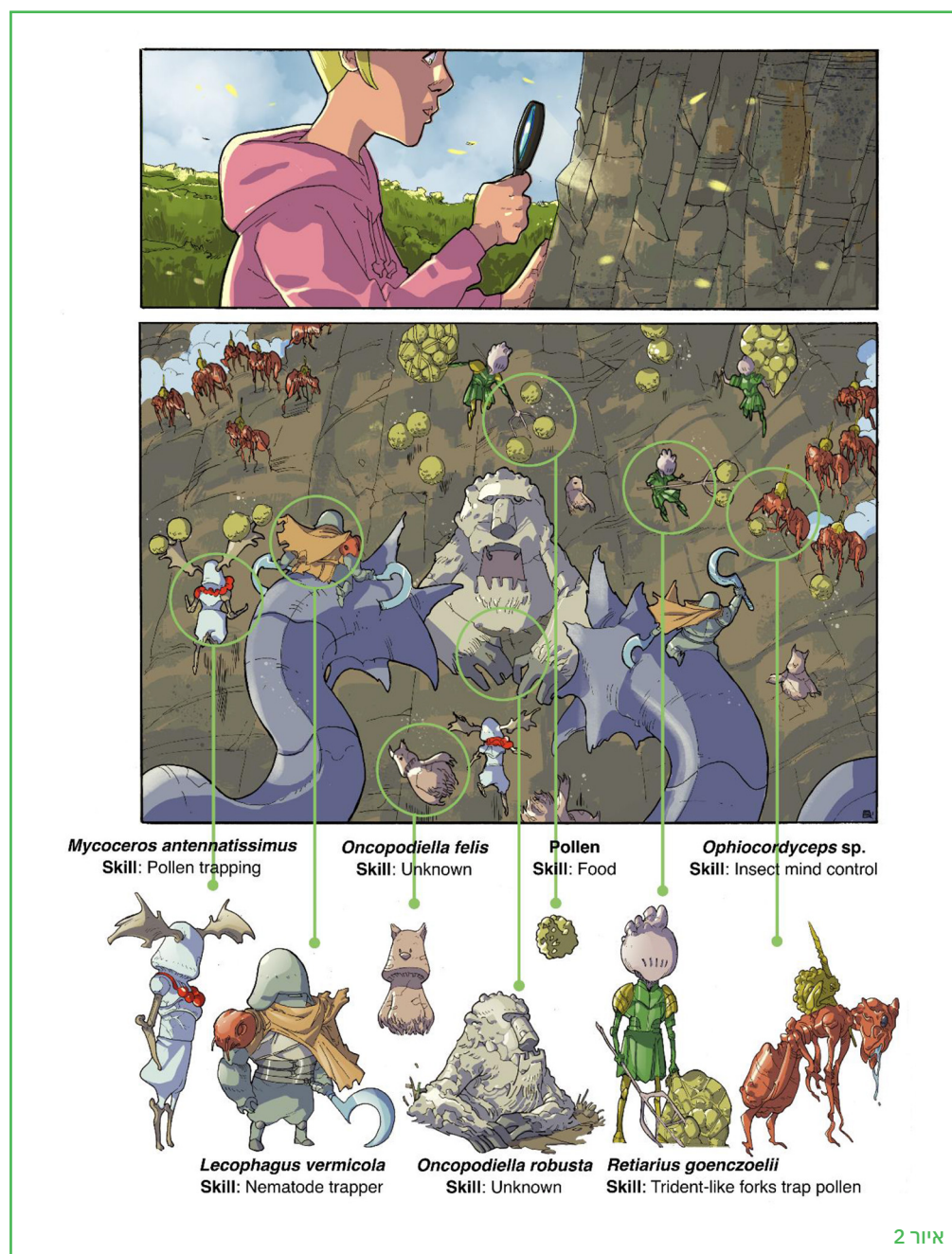
את מי ראינו בצד האפל?

מסתבר שישנן הרבה פטריות בצד האפל (ראו כמה דוגמאות [באיור 2](#)). חלק מהמינים הללו לא מעוניינים באכילת יצורים – חיים או מתים. במקום זאת, פטריות אלה מעדיפות אבקנים, העמוסים בחומרים מזינים. למרבה המזל, קליפת העץ היא מלכודת אבקנים נהדרת! כדי לאכול את האבקנים, נבגי הקונידיה של זנים מסוימים, כמו *Mycoceros*, משתמשים באברים דמויי-קרן. אחרים, כמו *Retiarius*, יכולים לשפד אבקנים באמצעות מבנה המזכיר את נשק הקלשון של הגלדיאטורים הרומאיים. זנים אחרים, דוגמת *Lecophagus*, יכולים ללכוד תולעים בשם נְמָטוֹדוֹת, שאורכן פי 10-100 מקונידיה נובטת, בעוד התולעים הללו מתפתלות על פני השטח של קליפת העץ. ישנם אפילו ידוענים מעולם הפטריות – זנים שמככבים בסרטונים פופולריים ביו-טיוב, למשל – שחיים בצד האפל של הגזע. אלו כוללים את הזן *Ophiocordiceps*, שמתגנב לתוך חרקים, משתלט על מוחותיהם, ואז מתפרץ דרך השלד החיצוני שלהם כאשר נוצר גוף הפרי (הפטרייה עצמה)! ידועים אלפי זני פטריות אשר פורצים דרך השלדים החיצוניים של סוגי חרקים רבים, הקהל בנמלים, עבור בצרעות, וכלה בחגבים. ישנן גם פטריות רבות שפועלות בצד האפל בדרכים שאינן מוכרות כיום למדענים, כמו שני זנים של *Oncopodiella* המוצגים [באיור 2](#). אולי באחד הימים, אתם תגלו מה הם זוממים!

איור 2

איורים המייצגים את הפטריות המשתתפות במלחמה ב'צד האפל' של הגזע. אם תסתכלו היטב על פני השטח של קליפת העץ – כלומר, ממש קרוב, באמצעות מיקרוסקופ – תראו פטריות שמתחרות על צריכת משאבים בהם אבקנים, נמטודות וחרקים! מקרא (מלמעלה למטה) ומשמאל לימין):

Mycoceros
– *antennatissimus*
מיומנות: לכידת אבקנים.
– *Oncopodiella felis*
מיומנות: לא ידועה.
Pollen = אבקה.
מיומנות: מזון.
– *Ophiocordyceps sp.*
מיומנות: שליטה במוח החרקים.
– *Lecophagus vermicola*
מיומנות: לכידת נמטודות.
– *Oncopodiella robusta*
מיומנות: לא ידועה.
– *Retiarius goenczoelii*
מיומנות: מזלגות דמויי-קלשון הלוכדים אבקנים.



מדוע כדאי שנפקח עין על הפטריות הללו?

באופן כללי, מדענים עוקבים אחר פטריות כיוון שהן ממלאות תפקידים חשובים בסביבה הטבעית והאנושית. עם אלה נמנים למשל פירוק דברים מתים, או ייצור תרופות. ביערות, פטריות מסוגלות לסייע לעצים או לפגוע בהם. לדוגמה, ישנן פטריות שיכולות לחבור לשורשים ולעזור לצמחים למצוא משאבים בקרקע, ולעומתן פטריות אחרות תוקפות עלים ואוכלות אותם. מדענים שואפים להבין טוב יותר את התפקיד שממלא הצד האפל של הפטריות במחזור החיים שלהן. לדוגמה, נבגים רבים של פטריות גזע יכולים לגלוש על גמי הגשם כשהם זורמים במורד קליפת העץ. האם 'רכיבה' על מים שזורמים במורד הגזע היא שלב חשוב בדרך שבה הפטריות הללו משוטטות ביער בחיפוש אחר משאבים?

ישנה חשיבות לבריאות העצים בשכונות שבהן אנו גרים. בין השאר, העצים ממחזרים מים, מספקים מחסה לחיות, ואפילו תומכים בבריאותנו הנפשית והגופנית [3]. מדענים מתעניינים בהשפעת פטריות הגזע על בריאות העצים. מדענים מסוימים גילו כי מגלשת המים של הגזע, העמוסה בנבגי פטריות אוכלי-חרקים, עשויה לסייע לעצים בהגנה מפני מזיקים [4]! קליפת העץ מתפקדת גם כקו ההגנה הראשון מפני פתוגנים, בדומה לעור הגוף. פטריות רבות המצויות בצד האפל של הגזע, שומרות על בריאות העצים בכך שהן אוכלות נמטודות זעירות או פטריות פתוגניות שעלולות לחדור ל"עור העץ", או לזהם אותו ולגרום למחלה. מצד אחר לא כל פטריות הגזע הן ידידותיות לעצים. לכן, חשוב שמדענים יזהו אילו פטריות מסוג זה עלולות להפוך פתוגניות לעץ. זאת במקרה שהקליפה שלו נשברת כתוצאה מפעולות אנושיות, כמו תאונת דרכים, או כשמישהו חורט את שמו על גזע העץ. הפעולות הללו לא רק פוגעות בגזע; הן גם מספקות לפתוגנים פוטנציאליים הזדמנות לתקוף את העץ! לפיכך, חשוב לפקוח עין ולעקוב אחר הפטריות מהצד האפל וכיצד הן משתמשות ב"כוח" (של הטבע), במטרה לשמור על בריאות העצים.

הצהרת כלי בינה מלאכותית

טקסט חלופי הנלווה לאיורים במאמר זה נוצר על ידי פרונטירז בסיוע כלי בינה מלאכותית, ונעשו מאמצים על מנת להבטיח את דיוקו, כולל בדיקה על ידי כותבי המאמר כאשר הדבר התאפשר. אם ברצונכם לדווח על בעיה, אנו צרו איתנו קשר.

מקורות

1. Poinar G. O. Jr., and Thomas, G. M. 1982. An entomophthoralean fungus from dominican amber. *Mycologia*. 74:332–4. doi: 10.2307/3792903
2. Xu, X., Yu, X., Mo, L., Xu, Y., Bao, L., and Lun, X. 2019. Atmospheric particulate matter accumulation on trees: A comparison of boles, branches and leaves. *J Clean Product*. 226:349–56. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.072
3. Turner-Skoff, J. B., and Cavender, N. 2019. The benefits of trees for livable and sustainable communities. *Plants People Planet*. 1:323–35. doi: 10.1002/ppp3.39
4. Jakus, R., and Blazenec, M. 2011. Treatment of bark beetle attacked trees with entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (balsamo) vuillemin. *Folia For Polon. Seri A For*. 53:150–5.

פורסם אונליין: 22 בדצמבר 2025

נערך על ידי: Michele Johnson

מנחים מדעיים: Jonathan Fong | Kirstie Goggin

ציטוט: Magyar D, Van Stan II JT | Sridhar KR (2025) הצד האפל של הפטריות. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.643131-he

Magyar D, Van Stan JT II, Sridhar KR (2022) Fungi of the "Bark Side". **תורגם והותאם מ:** Front. Young Minds 9:643131. doi: 10.3389/frym.2021.643131

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

זכויות יוצרים © 2022 Magyar, Van Stan II I Sridhar 2025. 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.

סוקרים צעירים

NATHAN, גיל: 15

אני תלמיד מדעים נלהב, ונהנה במיוחד מבילוגיה. אוהב לחקור נושאים שונים כדי להעשיר את ידיעותי. אני לומד כדי להיות רופא בעתיד.



OLIVER, גיל: 11

אני נהנה לבלות בטבע ולשחק עם חבריי. התחביבים האהובים עליי הם לרכוב על אופניים ולאסוף מאובנים. אני גם אוהב ללמוד מדעים ולהבין איך דברים עובדים. כשאגדל, אֶרצה להיות מתכנן סביבתי או חוקר מאובנים, ומקווה לעזור להציל את כדור הארץ!



SAMUEL, גיל: 8

אני נהנה לבלות בטבע ולשחק עם חבריי. התחביבים האהובים עליי הם לרכוב על אופניים וללמוד על אודות מטוסים. בבית הספר, המקצוע האהוב עליי הוא מתמטיקה. אני גם חבר במועצה הירוקה של בית הספר. לדעתי, חשוב מאוד לשמור על כדור הארץ שלנו.



הכותבים

DONÁT MAGYAR

Donát Magyar הוא חוקר אירוביולוג (ענף בבילוגיה העוסק בחקר חלקיקים אורגניים) במרכז הלאומי לבריאות הציבור של הונגריה. Donát חוקר את דרכי ההפצה של פטריות (ואבקנים), וכיצד הן נלכדות ומופצות מחדש בתהליכים טבעיים ובאמצעות התערבות אנושית. *magyar.donat@gmail.com



JOHN T. VAN STAN II

John Van Stan הוא אקוהידרולוג המתעניין בדברים שקורים כשצמחים ומים נפגשים במהלך סופות – בגשם, בשלג, בברד, או בכל צורה אחרת. הוא נהנה לחקור את התפקידים שצמחים רטובים ממלאים



באיזון האנרגיה של כדור הארץ, במחזורי חומרי ההזנה ובאקולוגיה של הנוף. כיום הוא פרופסור חבר באוניברסיטה של מדינת קליבלנד, ועומד שם בראש המעבדה לצמחים רטובים.



KANDIKERE R. SRIDHAR

Kandikere R. Sridhar הוא פרופסור בכיר באוניברסיטת מנגלור במדינת קרנאטקה שבהודו, שם הוא חוקר את האקולוגיה של פטריות מים מתוקים. עבודתו מתמקדת בעיקר בפטריות מזן hyphomycetes בהרי גהט המערביים ובמנגרובים (מיני שיחים ועצים הגדלים במים מלוחים לאורך חופים, או במי ים)/בתי גידול ימיים לאורך החוף המערבי של הודו.

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



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK



קרן משפחת
שעשוע
Shashua
Family Foundation