

למידה נוספת על תולעי אדמה באמצעות מדע אזרחי

Victoria J. Burton^{1*}, Erin K. Cameron²

¹המחלקה למדעי החיים, מוזיאון להיסטוריית הטבע, לונדון, בריטניה
²המחלקה למדעי הסביבה, אוניברסיטת סיינט מרי, הליפקס, נובה סקוטיה, קנדה

סוקרת צעירה



AYA
גיל: 9

מדע אזרחי (Citizen Science)

מחקרים מדעיים שנערכים במלואם או בחלקם על ידי מתנדבים ולא על ידי מדענים שמקבלים שכר. ידוע גם כמדע קהילתי.

האם אי פעם רציתם לערוך מחקר מדעי? מדע אזרחי, או קהילתי, מְעַרְב אנשים שאינם מדענים, אשר עוזרים למדענים לערוך מחקרים. המונח מכסה מגוון רחב של מיזמים: מפרויקטים ברשת בלבד, שבהם אתם יכולים לסווג גלקסיות, ועד לפעילויות מעשיות בחוץ, ואפילו סיוע בהפלגות מחקר מדעיות. באופן אידיאלי, מדע אזרחי תורם לכולם – מדענים אוספים יותר נתונים, על פני אזורים גיאוגרפיים נרחבים יותר משיכלו להגיע אליהם בכוחות עצמם. מי שאינם מדענים נתרמים על ידי למידת משהו חדש, חוויה של איך מדע פועל והנאה! גודלם הקטן של מרבית האורגניזמים באדמה מאתגר עבור מדע אזרחי. אולם, תולעי אדמה הן קלות לזיהוי וגדולות יחסית, ולכן כמה פרויקטים של מדע אזרחי התמקדו בהן. במאמר זה נדון במדע אזרחי של תולעי אדמה, מתחילתו עם היסטוריונים של הטבע במאות ה-18 וה-19, ועד לזמנים המודרניים. גלו מה אנשים שאינם מדענים תרמו למדע תולעי האדמה, וכיצד אתם יכולים לעצב את חקירותיכם האישיות על תולעי אדמה.

מדע אזרחי לסוגיו

מדע לא מבוצע רק על ידי מדענים. כאשר אנשים אחרים, כמו תלמידים או משפחות, אוספים נתונים מדעיים ומסייעים למחקר, הדבר נקרא **מדע אזרחי**. מדע זה, שידוע גם בתור

מדע קהילתי, מאפשר לכולם להשתתף במחקר, והפופולריות שלו גדלה. מדענים נתרמים מאחר שהתהליך מסייע להם לאסוף נתונים שאחרת היה קשה, יקר, או בלתי אפשרי עבורם לאסוף לבד. מצד אחר מדענים אזרחיים זוכים בהזדמנות להיות מעורבים ישירות במחקר וללמוד על מדע.

ישנם סוגים רבים של מדע אזרחי. חלק מהפרויקטים שואלים את כוחם של מחשבים אישיים במטרה לחקור חיים חייזריים¹ או למצוא תרופות למחלות². חלק מפרויקטי המדע האזרחי ברשת מבקשים מאנשים לסייע בזיהוי חיות פרא או גלקסיות, לתרגם מסמכים ולבצע מטלות נוספות רבות³. פרויקטי מדע אזרחי אחרים זקוקים לאנשים שיצאו לטבע כדי לסקור חיות פרא⁴ או למדוד זיהום מים⁵. ישנם פרויקטים דמויי משלחות מחקר, שבהם מתנדבים מסייעים למדענים לבצע מחקרים על הרי געש ויערות גשם.

setiathome.berkeley.edu/¹

foldingathome.org/²

www.zooniverse.org/³

www.birdcount.org/⁴

freshwaterwatch.the-waterhub.org/⁵

מדוע כדאי לחקור תולעי אדמה?

אדמות בריאות חשובות עבור כל סוגי החיים על פני כדור הארץ מאחר שהן ממחזרות חומרי מזון, מסננות מים ומסייעות לצמחים לגדול. כאשר תולעי אדמה אוכלות וחופרות, הן מערבבות אדמה ומספקות חומרי מזון שמרבית הצמחים זקוקים להם. כתלות במיקום המחקר, השאלות המדעיות שנידונות במחקר תולעי אדמה משתנות. בחלק מהמקומות, כמו בריטניה, תולעי אדמה נחשבות מועילות ומדענים מבקשים לגלות עוד על היכן הן נמצאות, במטרה לשפר את בריאות האדמה. אך באזורים אחרים בעולם, כמו מרבית קנדה וצפון ארצות הברית, עידן הקרח האחרון חיסל את תולעי האדמה. כעת, תולעי האדמה היחידות שחיות שם הן אלה שהובאו אל האזור על ידי אנשים, לעיתים קרובות בטעות, עם אדמה או צמחים שיובאו מאירופה. לעיתים קרובות מחקר מדעי באזורים האלה מנסה לקבוע היכן נמצאות תולעי אדמה וכיצד הן מתפשטות, במטרה לנסות להפחית את ההשפעות שלהן על יערות. אפילו במקומות שאליהם תולעי אדמה פולשות, הן עדיין נחשבות למועילות בדרך כלל בגינות ועבור קומפוסט, ומהוות בעיה רק כאשר הן מתפשטות אל אזורים פראיים.

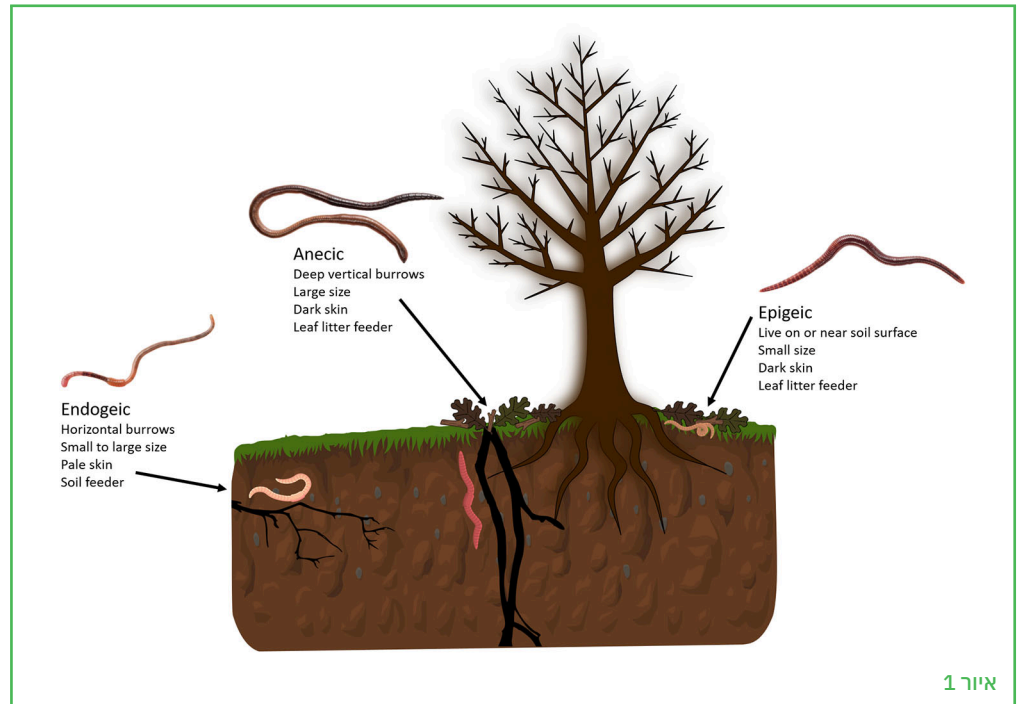
מדע אזרחי של תולעי אדמה

תולעי אדמה היו חלק מחיות האדמה הראשונות שנחקרו על ידי מדענים בעבר, והן ממשיכות להיחקר על ידי מדענים כיום, בסיועם של חקלאים, גננים, סטודנטים ורבים אחרים. מרבית האורגניזמים באדמה קטנים, ונדרשים ציוד וידע מיוחדים כדי לחקור אותם, מה שמקשה על הכללתם במסגרת מדע אזרחי. תולעי אדמה הן יוצא דופן משמח, מאחר שהן גדולות יחסית וקל למצוא אותן ולצפות בהן ללא ציוד מיוחד. השיטה הרגילה למציאת תולעי אדמה היא לחפור קוביה של אדמה מהקרקע ואז לחפש בה ידנית, ולאסוף את כל תולעי האדמה שמוצאים. שיטה אחרת משתמשת בתערובת של אבקת חרדל חם ומים ששופכים על האדמה. אם החרדל והמים נוגעים בתולעי אדמה בתוך האדמה, הן נעות אל פני השטח, שם ניתן לתפוס אותן, אך החרדל לא יוצר נזק ארוך-טווח.

אף על פי שמרבית המינים של תולעי האדמה אינם ניתנים לזיהוי ללא מיקרוסקופ, אפשר לקבץ אותם לקטגוריות שונות בהתאם לאורך החיים שלהם. הקטגוריות האלה נקראות

אֶקוֹטִיפִים. בדרך כלל, שלושה אקוטיפים – **anecic ,endogeic** ו-**epigeic** (איור 1), ניתנים לזיהוי על ידי מדענים אזרחיים.

איור 1



איור 1

ראשית העיסוק בתחום

מדעני הטבע המוקדמים ביותר, כמו למשל ג'ון ריי (1705-1627) וקארולוס לינאוס (1778-1707), קיבצו את כל החיות הארוכות והמפותלות יחד בתור "תולעים", ולהרבה מהן עדיין יש שמות שמשקפים זאת. חלק מזחלי העש נקראים תולעי-אינץ', לטאות חסרות רגליים נקראות תולעים איטיות, וזחלי חיפושית זוהרים ידועים בתור תולעים זוהרות. ג'ון ריי היה הראשון שהנציח את הביטוי "הציפור משכימת הקום תופסת את התולעת", במקור באנגלית: "the early bird catches the worm" בספרו "ספר שימושי של אמרות". לינאוס פיתח כללים לשיים אורגניזמים, ושיים את תולעת האדמה השכיחה בשם *Lumbricus terrestris* – אותו השם שיש לה כיום.

הכומר האנגלי גילברט וייט (1720–1793) היה הראשון שצפה באופן שבו תולעי אדמה חיות, וכתב על כך. הוא תיאר כי נדמה שתולעי האדמה מעודדות גדילת צמחים, והן חלק חשוב בשרשרת המזון. תחת השראת כתביו של וייט, צ'רלס דרווין (1809–1882) אף הוא היה מרותק מתולעי אדמה. הספר האחרון שדרוון פרסם באוקטובר 1881 [1] הוא תוצר 40 שנות מחקר של תולעי אדמה. הספר זכה לפופולריות רבה, ומכר 6,000 עותקים בשנה הראשונה.

דרוין גילה שלתולעי אדמה אין חוש שמיעה על ידי כך שצעק על תולעי אדמה וניגן להן במגוון כלים מוזיקליים לרבות פסנתר, בסון ומשרוקית פח. אולם תולעי אדמה שמוקמו בכדים על גבי פסנתר התחבאו במחילותיהן כאשר נוגנו תווים, מה שהראה כי הן יכולות לחוש ויברציות

סוגי תולעי אדמה. ישנם שלושה סוגים (אקוטיפים) עיקריים של תולעי אדמה: anecic ,endogeic ו-epigeic. חלק מהמאפיינים שלהם מתוארים כאן. (קרדיטים: earthworm photographs clipart from Vecteezy.com © Trustees of the Natural History Museum/Harry Taylor).

אקוטיפ (Ecotype)

קבוצות של תולעי אדמה שמחולקות על פי הרגלי החפירה וההזנה שלהן.

Endogeic

סוג של תולעת אדמה שיוצרת בורות אופקיים באדמה, ואוכלת את האדמה תוך כדי חפירה. בדרך כלל צבעה בהיר.

Anecic

סוג של תולעת אדמה שבונה בורות אנכיים ומגיעה אל פני השטח כדי לאכול שאריות עלים. לעיתים קרובות היא גדולה יחסית וצבעה אדום.

Epigeic

סוג של תולעת אדמה שחיה על פני השטח של האדמה ובסביבת שאריות עלים, ניזונה מאשפת עלים. בדרך כלל היא קטנה וצבעה חום-אדמדם.

דרך האדמה. דרווין גם חקר את חוש הריח של תולעי אדמה על ידי נשיפת עשן טבק ובשמים לכיוונו, והן לא הגיבו. אך הן יכולות להריח את המזונות האהובים עליהן – דרווין ערך ניסויים שבהם הוא נתן לתולעי אדמה בשבי סוגי מזון שונים, והבחין מה הן העדיפו. הוא מצא שעלים של דובדבן פראי הועדפו על פני עלי ליים ולוז. כרוב, חזרת, גזר וסלרי גם היו אהובים, אך בתבלינים, כמו למשל מרווה, תימין ומנטה, תולעי האדמה כמעט שלא נגעו.

דרווין צפה באופן שבו אבנים גדולות ובניינים עתיקים נקברו באיטיות, וערך מסע לסטונונג' כדי לבחון שם אבנים קבורות. הוא מיקם אבן גדולה על פני השטח של האדמה בגינתו, ובמשך 29 שנים רשם כמה זמן לקח לאבן להיקבר על ידי תולעי אדמה. באמצעות הניסוי הזה, דרווין העריך שתולעי אדמה מניעות 34,000 קילוגרמים של אדמה (משקלם של חמישה וחצי פילים אפריקאים) בכל עשרה דונמים (כאחד ורבע מגרשי כדורגל) אל פני השטח בכל שנה – התהליך הזה נקרא **ערבול ביוגני (ביוטורבציה)**.

מדע אזרחי של תולעי אדמה כיום

חרף היסטוריית המחקר הארוכה בנושא תולעי האדמה, עדיין איננו יודעים מספיק היכן הכי שכיחות, וכיצד הן משפיעות על מינים אחרים. מדע אזרחי מסייע למדענים לענות על השאלות האלה. תוכניות באזורים שונים בעולם שמערבות דגימה של תולעי אדמה, מצויות במגמת עלייה (**איור 2 ותיבה 1**). הנתונים שמדענים אזרחיים אוספים נשלחים למדענים בדואר אלקטרוני, או דרך יישומונים בטלפון הנייד. חלק מהתוכניות מעוצבות לשימושם של בתי ספר, וכוללות הצעות לאופן שבו הן מתאימות לחומרי הלימוד, בעוד תוכניות אחרות מעוצבות כך שכל אחד יוכל להשתתף.



איור 2

ערבול ביוגני – (ביוטורבציה) (Bioturbation)

תנועה של אדמה על ידי חיות או צמחים חיים.

איור 2

דוגמאות של פרויקטי מדע אזרחי של תולעי אדמה במדינות שונות, OPVT L'Observatoire Participatif des Vers de Terre (צרפת).

טבלה 1-

פרויקט מדע אזרחי של
תולעי אדמה ברחבי העולם,
בעבר ובהווה.

שנה	נוסף מידע	מיועד למי	הפרויקט שם	מדינה
2006-היום	https://www.k-state.edu/cecd/partnerships/EarthwormsAcrossKansas.htm	כולם	Great Lakes Wormwatch	ארצות הברית
2012-2010	https://www.k-state.edu/earthworm/	תלמידי בתי ספר	Earthworms across Kansas	
2013-היום	https://worms.educ.ualberta.ca/	כולם	Alberta Worm Invasion Worm Tracker	קנדה
2014-היום	https://www.naturewatch.ca/wormwatch/	כולם	WormWatch	
2020-2009	https://www.imperial.ac.uk/opal-soil	כולם	Open Air Laboratory (OPAL) Soil and Earthworm Survey	בריטניה
2018-היום	https://jointhepod.org/teachers/other/information-pack-whats-under-your-feet	תלמידי בתי ספר	What is Under Your Feet?	
2018	https://www.rothamsted.ac.uk/news/earthworm-research-spurs-farmers-act	חקלאים	#60minworms	
2018-2016	https://earthwormwatch.org/	כולם	Earthworm Watch	
2009-היום	https://www.earthwormsoc.org.uk/	כולם	Earthworm Society of Britain	
2011-היום	https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php	כולם	L'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT)	צרפת
1992	[2]	תלמידי בתי ספר	Earthworms Downunder	אוסטרליה
2018-2016	http://matoseuranta.it.helsinki.fi/fi	תלמידי בתי ספר	Matoseuranta	פינלנד
2010	https://www.miljolare.no/aktiviteter/land/natur/ln6/	תלמידי בתי ספר	Forskningskampanjen 2010—Meitemark	נורווגיה

1- טבלה

תגליות ממדע אזרחי של תולעי אדמה

מחקר רב המבוסס על מידע מפרויקטי מדע אזרחי עדיין מתבצע, אך כבר התרחשו תגליות מרגשות, ומדענים אזרחיים לקחו בהן חלק חשוב ביותר! לדוגמה, בארצות הברית, מדענים אזרחיים סייעו לאתר מין חדש, כמו למשל תולעים קופצות (*Amyntas*), אשר הובאו מאסיה. בפינלנד, מדע אזרחי סייע להראות שמספר מיני תולעי האדמה פוחת כשנעים מדרום המדינה לצפונה. בצפון, מרבית המקומות שנסקרו לא הכילו תולעי אדמה או הכילו רק מין אחד, ככל הנראה בשל הטמפרטורות הנמוכות. בבריטניה, סקר OPAL גילה שמדענים אזרחיים התקשו למדי בזיהוי מיני תולעי אדמה, אך יכלו להבחין באקוטיפים ב-70%-90 מהזמן.

הפרויקט "What is Under Your Feet?" אישר כי מספרי תולעי האדמה השתנו עם חילופי העונות, כאשר מרביתן נמצאו באביב ובסתיו [3]. יותר תולעי אדמה נמצאו אחרי הגשם. הפרויקט "#60minworms" סקר תולעי אדמה משדות חקלאיים, ומצא שחרישת האדמה הפחיתה את מספר תולעי האדמה [4]. חלק מהחוות לא הכילו תולעי אדמה מסוג epigeic או anecic, מה שעשוי להצביע על כך שהשדות נחרשים לעיתים קרובות מדי. פרויקט "Earthworm Watch" מצא שגינות שמשתמשות בדשנים אורגניים, כמו למשל צואת חיות וקומפוסט, מכילות 20% יותר תולעים מאשר גינות שלא הוסיפו דשנים.

עריכת מחקר תולעי האדמה משלך

התשובה לשאלה אם תולעי אדמה מועילות או מזיקות לבריאות האדמה תלויה במיקומכם בעולם, אך תולעי אדמה תמיד חשובות. באמצעות מדע אזרחי, מדענים, תלמידים, משפחות, חקלאים וכל מי שמעוניין, יכולים לעבוד יחד במטרה לגלות עוד על תולעי אדמה. עדיין ישנן הרבה שאלות בלתי פתורות לגבי תולעי אדמה, שאתם יכולים לחקור. הנה כמה הצעות, אם אתם רוצים להתחיל את הפרויקט שלכם:

- שחזרו את אחד מניסויי של דרווין – כמה זמן לוקח לתולעי אדמה לקבור אבן בגינתכם? האם זה תלוי במקום שבו האבן נמצאת בגינה?
- כיצד העונה משפיעה על מספר תולעי האדמה שנמצאות בגינתכם, או על מספר הסוגים השונים של תולעי אדמה?
- כיצד מספרן וסוגיהן של תולעי האדמה משתנים בין **סביבות מחיה** שונות (כמו הגינה שלכם בהשוואה ליער)?
- התחילו את פח הקומפוסט שלכם בגינה – כמה זמן לוקח לתולעי האדמה להגיע?

סביבות מחיה (Habitats)

סביבת הבית של חיות, צמחים ואורגניזמים אחרים, שמספקת מזון, מקלט, הגנה ובני זוג.

מקורות

1. Darwin, C. 1882. *The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms With Observations on Their Habits*. London: John Murray. Available online at: http://darwin-online.org.uk/EditorialIntroductions/Freeman_VegetableMouldandWorms.html

2. Baker, G. H., Thumlert, T. A., Meisel, L. S., Carter, P. J., and Kilpin, G. P. 1997. "Earthworms downunder": a survey of the earthworm fauna of urban and agricultural soils in Australia. *Soil Biol. Biochem.* 29:589–97. doi: 10.1016/S0038-0717(96)00184-8
3. Martay, B., and Pearce-Higgins, J. W. 2018. Using data from schools to model variation in soil invertebrates across the UK: the importance of weather, climate, season and habitat. *Pedobiologia* 67:1–9. doi: 10.1016/j.pedobi.2018.01.002
4. Stroud, J. L. 2019. Soil health pilot study in England: outcomes from an on-farm earthworm survey. *PLoS ONE* 14:e0203909. doi: 10.1371/journal.pone.0203909

פורסם אונליין: 30 במרץ 2023

עורך: Rémy Beugnon

הנחיה מדעית: Joyce Sakamoto

ציטוט: Burton VJ and Cameron EK (2023) למידה נוספת על תולעי אדמה באמצעות מדע אזרחי. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.548525-he

תורגם והותאם מ: Burton VJ and Cameron EK (2020) Learning More About Earthworms With Citizen Science. *Front. Young Minds* 8:548525. doi: 10.3389/frym.2020.548525

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

COPYRIGHT © 2020 © 2023 Burton and Cameron. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרת צעירה

AYA, גיל: 9

אֶה רוצה לחקור ביולוגיה ימית. היא מעוניינת להתמחות בכרישים ובתריסניות. המקצועות האהובים עליה בבית הספר הם קריאה, כתיבה, מתמטיקה ומוזיקה. בזמנה הפנוי היא אוהבת לקרוא ספרים, להתנסות בפזלים מאתגרים, להתאמן בריצה וריצה למרחקים, להתנסות בשיטות אומנות שונות ולהחליק על גלגליות.



הכותבות

VICTORIA J. BURTON

ביליתי את ילדותי במשחקים בחוץ, בכתיבת יומני טבע ובלמידה כיצד לזהות צמחים, ציפורים וחרקים ביערות. לא אהבתי ללכת לבית ספר, אך תמיד רציתי להיות מדענית, אז עשיתי תואר באוניברסיטה הפתוחה. בדיוק סיימתי את הדוקטורט שלי באימפריאל קולג' לונדון, שם חקרתי כיצד חברות של חסרי חוליות באדמה ובאשפת עלים מגיבות לפעילויות אנושיות. בזמני הפנוי, אני נהנית לטפל בחיות המחמד שלי ובצמחים, ולסייע לנהל את "מועדון החרקים" עבור אנשים צעירים שמתעניינים בחרקים.

*v.burton@nhm.ac.uk

ERIN K. CAMERON

כילדה, נהנית לשחק בחוץ ואהבתי מדע, אך לא שקלתי להיות ביולוגית עד שהגעתי לאוניברסיטה. בסופו של דבר, התחלתי לסייע עם מחקר שחקר כיצד פעילויות אנושיות משפיעות על ציפורי שיר, וזה היה מרתק עבורי. ברגע שהתחלתי לעבוד על אורגניזמים באדמה וראיתי כמה עדיין לא ידוע לגביהם, השתכנעתי שאני רוצה לחקור אקולוגיה. כעת אני חוקרת כיצד פעילויות אנושיות משפיעות על מגוון ביולוגי ועל תפקוד של מערכות אקולוגיות. בזמני הפנוי אני נהנית לעשות סקי למרחקים, לרכוב על אופניים ולשוט בקיאק.

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