



כיצד תולעי אדמה משנות מערכות אקולוגיות

Malte Jochum^{1,2*}, Nico Eisenhauer^{1,2}

¹המרכז הגרמני לחקר מגוון ביולוגי אינטגרטיבי (iDiv) הלה-ג'נה-לייפציג, לייפציג, גרמניה
²המכון לביולוגיה, אוניברסיטת לייפציג, לייפציג, גרמניה

סוקרות צעירות

LILU

גיל: 10



MICHELLE

גיל: 16



תולעי אדמה הן חברות חשובות בגינה שלנו: הן מסייעות לצמחים לגדול טוב יותר בכך שהן מספקות חומרי מזון, מים, ואוויר בקרקע. אולם במקרים מסוימים, לתולעי אדמה יש השפעות שליליות. הסיבה לכך היא שאורגניזמים אחרים צריכים להיות בשימוש עבור פעילויותיהן, כדי להיתרם מנוכחותן. אזורים מסוימים בעולם התפתחו ללא תולעי אדמה במשך אלפי שנים. לדוגמה, בחלק הצפוני של צפון אמריקה, תולעי אדמה לא היו קיימות במשך יותר מ-10,000 שנים, והוכנסו מחדש לאזור רק ב-400 השנים האחרונות. במקרים רבים, תולעי אדמה שהוכנסו לאזור מסוים מצאו לעצמן סביבה מושלמת, מאחר שלא היו שם אורגניזמים אחרים שהשתמשו במשאבים שתולעי האדמה האלה צורכות. כמי שנמנות עם מה שמכנה "מהנדסים של מערכת אקולוגית", תולעי אדמה משנות מאפיינים רבים של מערכת אקולוגית באופן מהותי. במאמר זה, נסכם את ההשלכות הידועות של פלישת תולעי אדמה, נציג את האופן שבו מדענים חוקרים אותן, ונדגיש את פערי הידע הנותרים שתוכלו לסייע לפתור, אם תחליטו להיות אקולוגים.

תפקוד מערכת אקולוגית (Ecosystem Function)

תהליך שמתרחש במערכת אקולוגית ומייצג פעילות של אורגניזמים, או מונע על ידה. דוגמאות כוללות הרקבה של חומר אורגני, מחזור חומרי מזון, או שימור מים.

פרטורבציה (Perturbation)

הפרעה - באקולוגיה בדרך כלל מדובר בהפרעה למצב שיווי המשקל, או הפרעה לכל רמה של ארגון ביולוגי (אינדיבידואלי, של אוכלוסייה, של חברה, או של מערכת אקולוגית).

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

המגוון של חיים על פני כדור הארץ, בדרך כלל נמדד כשונות ברמה הגנטית, ברמת המינים, או ברמת המערכת האקולוגית.

מהנדס מערכת אקולוגית (Ecosystem Engineer)

אורגניזם שמשנה את סביבתו על ידי חלוקה מחדש של חומר ואנרגיה דרך אינטראקציות שאינן אכילה, עם רכיבים חיים ומתים של המערכת האקולוגית שלו.

חפירה (Burrowing)

פעילות תולעי אדמה בבניית מחילות.

הפרשה (Casting)

פעילות בניית ערימות קטנות של צואת תולעי אדמה על פני השטח של האדמה ובתוכה.

ערבוב (Mixing)

פעילות פיזור מחדש של חלקים שונים באדמה זה עם זה ועם חומר אורגני שנלקח מפני השטח של האדמה.

מגוון אורגניזמים מסייעים למערכות אקולוגיות לספק שירותים לבני אדם

בתוך מערכת אקולוגית, מינים שונים מתקשרים, לדוגמה על ידי אכילה, סיוע, או סיפוק סביבת מחיה זה לזה. כל מין צורך את המשאבים שלו ונאכל על ידי מינים אחרים, ולכולם יש את התפקידים הייחודיים שלהם בטבע. לחלק מהמינים יש תפקידים חשובים במיוחד במערכות אקולוגיות מאחר שהם אוכלים עלים מתים או חיות מתות. המינים האלה ממחזרים חומרים ומספקים אותם חזרה למערכת האקולוגית. אורגניזמים אחרים מסייעים לצמחים להפיק פרחים וזרעים. כל האורגניזמים מבצעים **תפקודים של מערכות אקולוגיות** כמו למשל הרקבה, האבקה ותפקודים רבים נוספים. בני האדם נסמכים על תפקודים ועל שירותים שמספקות לנו מערכות אקולוגיות שלמות. אולם השירותים האלה תלויים במגוון המינים הנוכחים ובאינטראקציות ביניהם. **פרטורבציות** (הפרעות) למערכת אקולוגית יכולות לשנות את **המגוון הביולוגי** שלה ואת האינטראקציות בין מינים בתוכה. שינויים באקלים (למשל, טמפרטורות גבוהות יותר), שינויים בשימוש באדמה (לדוגמה, התמרת יערות לשדות חקלאיים), או פלישת מינים (הכנסה של מינים חדשים למערכת אקולוגית), כולם בעלי פוטנציאל להפריע למערכות אקולוגיות בדרכים שיכולות לשנות את תפקודיהן ואת השירותים שהן מספקות.

מינים פולשים משנים מערכות אקולוגיות

מין פולש הוא מין שמגיע לסביבה חדשה, מבסס את עצמו, מגדיל את מספריו באופן ניכר ויוצר שם אינטראקציות חדשות, באופן שמשנה משמעותית את המערכת האקולוגית שאליה פולש. פלישות מינים הן אחד הגורמים החשובים לשינויים במגוון אקולוגי גלובלי. מערכות אקולוגיות שפולשו אליהן משתנות על ידי דברים כמו ביסוס קשרי הזנה חדשים, החלפה של צמחים טבעיים בצמחים פולשים דומיננטיים, היעלמות מינים שהתבססו בעבר, או עידוד פלישות נוספות. ההשפעות החזקות ביותר של פלישות מינים הן במקרים שבהם המין הפולש שונה מאוד מהמינים שכבר חיים במערכת האקולוגית [1]. שינויים כאלה עשויים לכלול שימוש במשאבים, עמידות לגורמי לחץ, מהירות גדילה, או היכולת לאכול מזון שהמינים האחרים לא יכולים לעכל. לחלק מהמינים הפולשים נודעות השפעות חזקות במיוחד מאחר שהם משנים באופן אקטיבי את סביבתם באמצעות יצירה של סביבות מחיה או שינויי. מינים כאלה נקראים **מהנדסים של מערכות אקולוגיות**. דוגמאות לכך הן בונים, שבונים סכרים והופכים סביבות מחיה יבשתיות לסביבות מחיה של מים מתוקים באופן זמני, ותולעי אדמה, שמשנות אדמות באמצעות **חפירה** (בניית מנהרות), **הפרשות** (ערימות קטנות של צואה על ובתוך האדמה) ו**ערבוב** של חומר צמחי מת שנמצא על האדמה עם האדמה שמתחת [2].

תולעי אדמה חשובות למערכות אקולוגיות באדמה - לטוב או לרע

תולעי אדמה נמצאות באופן טבעי במרבית המערכות האקולוגיות היבשתיות ברחבי הגלובוס, ומשנות באופן קבוע את האדמות שהן חיות בהן. פעילויות החפירה שלהן מערבבות את האדמה ומשפרות את זרימת האוויר והמים בעולם התת-קרקעי. על ידי אכילת חומר אורגני מת מפני השטח של האדמה, גרירתו למטה אל תוך האדמה, עיכולו ואז הפרשת צואתן, הן מחלקות מחדש חומרי מזון ברחבי האדמה. הפעילויות האלה משפיעות על חיים אחרים מתחת לאדמה ומעליה. שינויים בזמינות האוויר, המים וחומרי המזון משנים את האופן שבו

¹ וידיאו חימר של מקסוול
הלמברגר:
https://www.youtube.com/watch?v=3a7IFGOYL7s&list=PLB9tSz89_6_qBS8RRF0h5YzhyC31KJHoc&index=5

אורגניזמים יכולים להשתמש במשאבים שלהם, את המקום שבו הם יכולים לחיות ואת טיב גדילתם והתרבותם. דרך הפעילויות האלה, תולעי אדמה משפיעות על חיידקים, פטריות, קפזנבאים, קרדיות, חיפושיות, צמחים ואפילו על חיות שחיות מעל לפני השטח של האדמה, כמו למשל כנימות. כתוצאה מכך, תולעי אדמה הן אורגניזמים חשובים מאוד באדמה¹, עם השפעות מעבר לעולם התת-קרקעי. זה פועל כהלכה באזורים שבהם האורגניזמים האחרים רגילים לחיות עם תולעי אדמה בסביבתם, אולם יכול להפוך בעייתי במקומות שבהם אורגניזמים אחרים לא רגילים לשכנים האלה.

תולעי אדמה פולשות - עניין גלובלי

במקומות רבים, תולעי אדמה נחשבות בתור "החברות הטובות ביותר של הגנן". לרוב הן משפרות את איכות האדמה בגינות, בשדות, במרעים וביערות. אורגניזמים אחרים חלקו את המערכות האקולוגיות עם תולעי האדמה במשך זמן רב, והם רגילים לנוכחותן ולפעילותן. ניתן למצוא מאות תולעי אדמה ועשרות מינים שלהן פֶר מטר מרובע במערכות האקולוגיות האלה, אולם אין זה כך בכל מקום בעולם. בחלק מהמקומות יש מספרים נמוכים של תולעי אדמה, ובמקומות אחרים תולעי אדמה לא נמצאות כלל [3]. באזורים שבהם תולעי אדמה הן נדירות או חסרות באופן טבעי, מיני תולעי אדמה שהוכנסו לאזור עשויים להפוך לבעיה גדולה [4]. הסיבה לכך היא שבמקומות האלה מיני מיקרובים, צמחים וחיות אינם רגילים לנוכחותן של תולעי אדמה. המינים המקומיים עלולים שלא להיות מסוגלים להתמודד עם השינויים שתולעי האדמה יוצרות בזמינות המים, האוויר וחומרי המזון באדמה. חשוב לחקור את ההשפעות של פלישות תולעי אדמה למערכות אקולוגיות ולצפות את ההשפעות העתידיות שלהן, מאחר שבלתי אפשרי להסיר תולעי אדמה מאזורים שבהם הן התבססו, בלי להרוג חיות אחרות וצמחים.

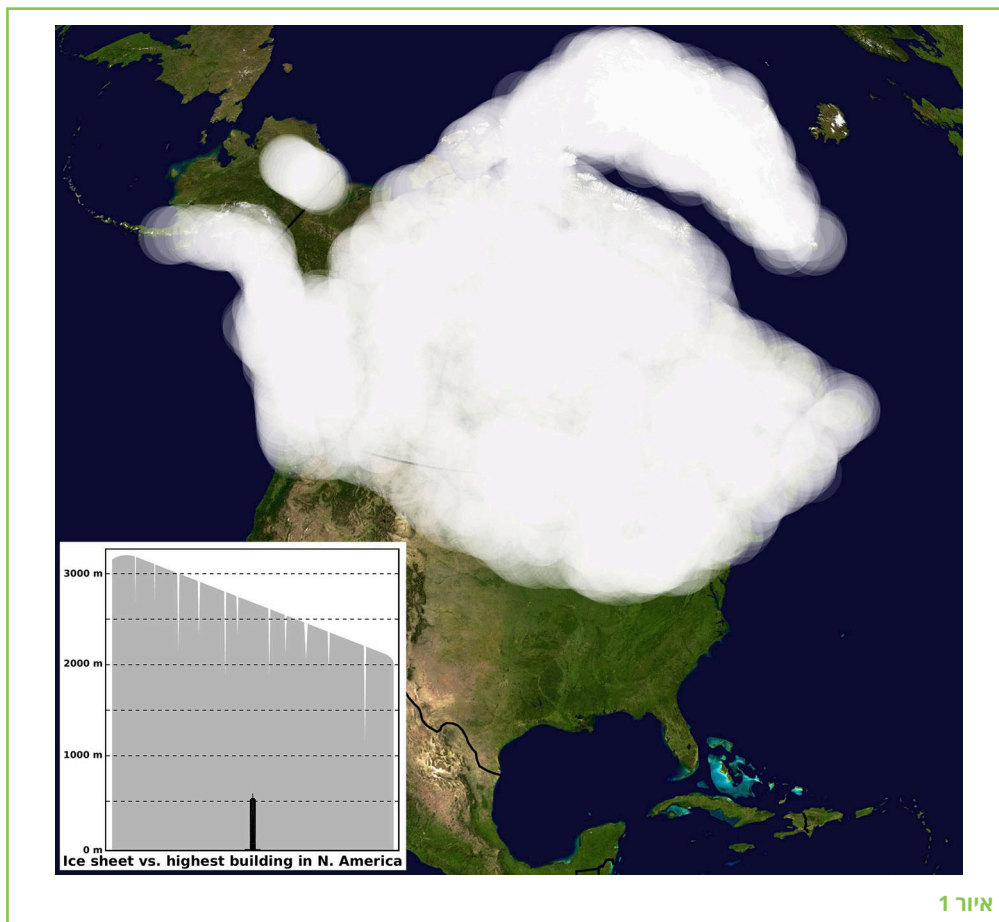
תולעי אדמה פולשות לחלק הצפוני של צפון אמריקה

אזורים עצומים בחלקים הצפוניים של ארצות הברית וקנדה היו מכוסים על ידי יריעות קרח עצומות בתקופת הקרחונים האחרונה (איור 1). מתחת ליריעות הקרח האלה, תולעי אדמה לא יכלו לשרוד. לכן, לפחות מאז שהקרח נעלם לפני כ-12,000 שנים, מרבית צפון אמריקה הייתה נטולת תולעי אדמה באופן טבעי. הכנסה מחודשת טבעית של תולעי אדמה אורכת זמן רב, מאחר שהן מתפשטות לאט לסביבות מחיה חדשות (פחות מ-10 מטרים בשנה). אולם כאשר המתישבים האירופים הגיעו לצפון אמריקה, הם בטעות ו/או בכוונה הביאו איתם תולעי אדמה². ברגע שהן הוכנסו, תולעי האדמה אהבו מאוד הרבה מהאזורים האלה. ביערות היו שכבות עבות של חומר אורגני שעדיין לא נרקב (שאריות של חומר מת), מה שהיווה סעודה מפוארת עבור תולעי האדמה (איור 2). הן "הרגישו בבית", ומספריהן עלו במהרה. על ידי בניית כבישים, הזזת אדמה, הזזת צמחים ופעילויות דומות אחרות, המתישבים הפיצו את תולעי האדמה באופן אקטיבי ברחבי החלק הצפוני של היבשת, במהירות גדולה בהרבה מזו שבה תולעי האדמה יכלו לעשות זאת בכוחות עצמן. באזורים מסוימים, תולעי האדמה ככל הנראה הוכנסו על ידי דייגים, שייטכן שהפילו את הפיתיונות שלא היו בשימוש בקרבת נהרות, נחלים או בקתות דיג. כתוצאה מכך, התפשטותן של תולעי האדמה קיבלה סיוע מבני אדם, שלא ידעו, או שלא היה להם אכפת, אלו השלכות תהיינה לתושבות החדשות האלה, ברמת המערכת האקולוגית.

² וידיאו של
<https://www.youtube.com/watch?v=icGV8bJRkkg>

איור 1

השתרעות משוערת של יריעת הקרח בחלק הצפוני של צפון אמריקה במהלך תקופת הקרחונים האחרונה. הגרף בחלק השמאלי התחתון מראה את העובי המרבי המשוער של יריעת הקרח, בהשוואה לבניין הגבוה ביותר בצפון אמריקה (546 מטרים, מרכז הסחר העולמי, ניו יורק, ארצות הברית). עובייה של יריעת הקרח השתנה בזמן ובמקום במהלך תקופת הקרח. התמונה המקורית צולמה על ידי נאס"א, ולקוחה מ-wikipedia.org.



איור 1

תכונה פיזיקלית של האדמה
(Physical Soil Property)

תכונות של האדמה שקשורות לחומר, לאנרגיה ולכוח. לדוגמה, הרכב המים או האוויר.

תכונה כימית של האדמה
(Chemical Soil Property)

תכונות של האדמה שקשורות ליסודות ולתרכובות של אטומים, מולקולות ויונים. לדוגמה, זמינותם של חומרי מזון ויסודות שונים, או חומציות.

תכונה ביולוגית של האדמה
(Biological Soil Property)

תכונות של האדמה שקשורות ליצורים חיים. לדוגמה, מספר המינים שנמצאים, הביומסה שלהם, או האינטראקציות ביניהם.

מדענים חוקרים כיצד תולעי אדמה משנות מערכות אקולוגיות

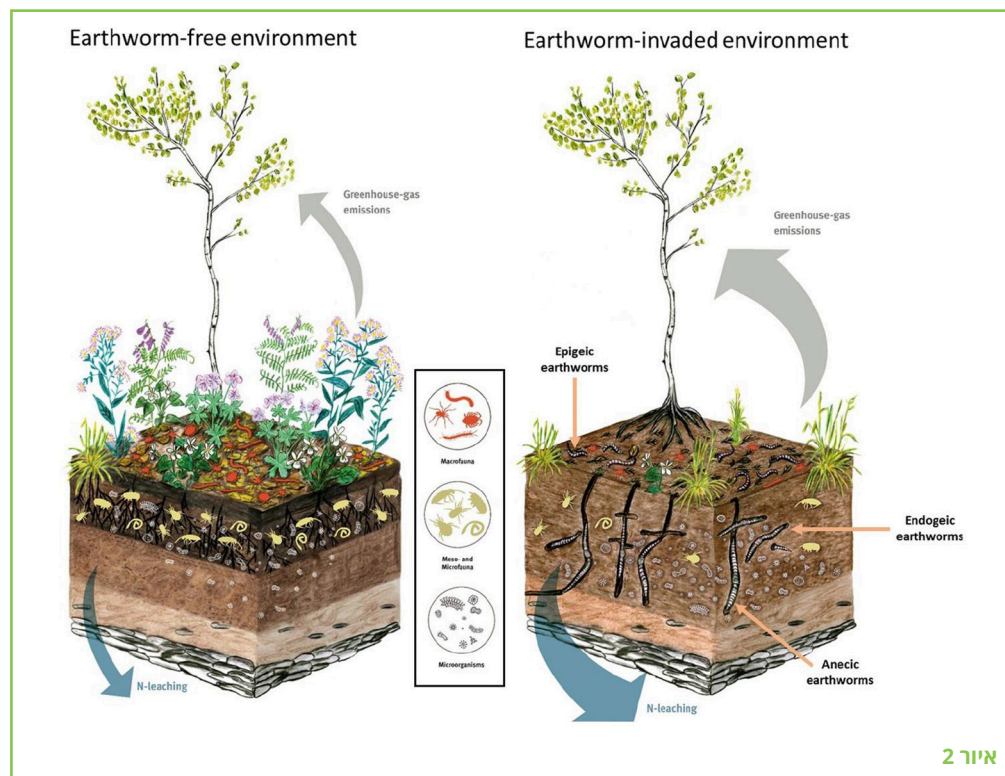
מדענים חקרו פלישות של תולעי אדמה במשך עשורים רבים, באמצעות שלוש גישות שונות: ראשית, במחקרים של תצפיות שדה, חוקרים משווים מערכות אקולוגיות שלא פלשו אליהן למערכות אקולוגיות דומות שכן פלשו אליהן. שנית, בניסויי שדה, חוקרים משווים אזורים קטנים ללא תולעי אדמה לאזורים קרובים שבהם הם משחררים את תולעי האדמה לצורכי ניסוי. לחלופין, הם מודדים תחילה תכונות של מערכות אקולוגיות, אחר כך משחררים תולעי אדמה, ואז מודדים את אותן התכונות שוב. גישה אחרת היא לשמור על טלאים קטנים של אדמה וצמחים במעבדות תחת תנאים נשלטים, עם אור, מים וטמפרטורה שנקבעים על ידי החוקרים. בשלב הבא לחלק מהטלאים מוכנסות תולעי אדמה ולאחרים לא, כך שאפשר יהיה להשוותם ישירות. בכל הגישות האלה, חוקרים יכולים להעריך את הדרכים שבהן תולעי אדמה משנות את המערכות האקולוגיות כמו למשל כיצד תולעי אדמה משנות את התכונות הכימיות והתכונות הביולוגיות של אדמות, ושל מגוון תפקודים שונים של מערכות אקולוגיות. הגישות השונות והמדידות האלה מסייעות לנו להבין טוב יותר כיצד תולעי אדמה פולשות משנות את בתיהן החדשים.

איור 2

המחשת האופן שבו תולעי אדמה פולשות משנות את המערכות האקולוגיות שקודם לכן היו נטולות

תולעי אדמה. על ידי הפירה, אכילת אשפת עלים וערבול האדמה, תולעי אדמה משפיעות על תכונות של אדמה, וגורמות לשינויים בשכבות האדמה, בצמחייה ובאורגניזמים שברקע. השינויים האלה משפיעים על תהליכים במערכת האקולוגית כמו למשל פליטות של גזי חממה ואובדן חנקן מהאדמה. רמות גבוהות של גזי חממה באטמוספירה כמו למשל פחמן דו-חמצני או תחמוצת חנקן, מהוות בעיה סביבתית. קבוצות תפקודיות שונות של חיות אדמה, שמוצגות בתיבה השחורה במרכז האיור [גדלי קבוצות מגדולה לקטנה:

מקרופאונה – עכבישים וכינים; מזופאונה – שטרנגליים וקרדיות; מיקרופאונה – נמטודות ומיקרואורגניזמים (חיידקים וחלק מהפטריות)], מושפעים על ידי שלוש קבוצות אקולוגיות של תולעי אדמה (epigeic – חיות על אשפת עלים על פני השטח של האדמה, endogeic – בונות בעיקר מחילות אופקיות בשכבות העליונות של האדמה ו- anecic – בונות מחילות אנכיות עמוקות; ראו פאנל ימני). אלו שינויים אתם יכולים לאתר? פורסם במקור על ידי Ferlian et al. [5]. הופק עם רשות של המפרסם המקורי.



איור 2

מה אנו כבר יודעים?

נצבר בידינו די הרבה מידע על האופן שבו תולעי אדמה משנות את התכונות הכימיות והפיזיקליות של האדמה. תולעי אדמה יוצרות אדמות שהן חמות יותר, יבשות יותר ופחות חומציות, והן משנות את הזמינות של חנקן ושל פחמן באדמה – שני יסודות כימיים חשובים מאוד. נוסף על כך לעיתים קרובות פלישה של תולעי אדמה מפחיתה את מספרם של אורגניזמים אחרים באדמה, ואת מספרם של מיני חיות וצמחים שונים (2, 3 איורים). אולם לא כל האורגניזמים מושפעים בצורה שלילית. לדוגמה, קרדיות אוריתביד וקפזנבאים לעיתים תכופות פוחתים במספרם, אולם קרדיות פרוסטיגמטיד עולות במספרן במקומות שאליהם תולעי אדמה פלשו. כמו כן מינים מסוימים נעלמים מקומית, אולם מינים אחרים, במיוחד אלה שרגילים לנוכחותן של תולעי אדמה, עשויים לעקוב אחרי דוגמתן של תולעי האדמה ולהפוך לפולשים. פלישה של תולעי אדמה יכולה לגרום לשרשרת של השלכות למערכת האקולוגית, שרלוונטיות גם לבני אדם, כמו למשל איכות המים והסבירות של התלקחות שרפות יער [6]. אנו יודעים שתולעי אדמה פולשות מפחיתות את מספר מיני הצמחים, אולם הן מעלות את חשיבותם של צמחים דמויי-דשא ואת מספרם של צמחים לא מקומיים. תולעי אדמה משפיעות גם על חיות גדולות כמו סלמנדרות וציפורים שמקננות על פני השטח של האדמה. בעוד שחלק מהסלמנדרות יכולות להשתמש במחילות של תולעי אדמה כדי להתחבא בהן ולאכול את התולעים, הקינים של חלק מהציפורים שמקננות על האדמה יכולים להיהרס על ידי תולעי אדמה שקוברות אשפת עלים – החומר הראשוני המשמש לבניית קינים.

איור 3

דוגמה קיצונית להשלכות הפוטנציאליות של פלישת תולעי אדמה ביער מייפל במינסוטה, ארצות הברית. הפאנל העליון מראה את אזור היער שלא פלשו אליו, הפאנל התחתון מראה אזור יער שתולעי אדמה אירופיות פלשו אליו. קרדיט לתמונה: אולריך פרודצ'יטסקי (למעלה) ואולגה פרליאן (למטה), שובו לאחר מכן [6].



איור 3

מחקר פלישת תולעי אדמה ממשיך...

אורך זמן לחקור תגובות של מערכת אקולוגית לפרטורבציות (הפרעות) – לעיתים קרובות נדרש לערוך מחקרים במשך שנים רבות. זו הסיבה לכך שלמרות עשרות שנים של מחקר לגבי ההשפעות של תולעי אדמה פולשות על הבתים החדשים שלהן, עדיין יש הרבה דברים שאיננו יודעים [7]³. אנו יודעים יותר על האופן שבו פלישה של תולעי אדמה משפיעה על המבנה הפיזיקלי של האדמה, על אורגניזמים אחרים ועל תפקודים של מערכות אקולוגיות מתחת לאדמה מאשר מעליה. אין בידינו מידע רב על האופן שבו פלישת תולעי אדמה משנה את הדרך שבה מערכות מעל לאדמה ומתחתיה מתקשרות, או כיצד אנרגיה זורמת דרך רשתות של אורגניזמים שאוכלים זה את זה. אנו מבינים כיצד פלישת תולעי אדמה משפיעה על חברת צמחים כמכלול, אך איננו יודעים הרבה על האופן שבו היא משפיעה על המאפיינים של צמחים אינדיבידואלים, כמו למשל גודל העלים שלהם, שהוא חשוב מאוד לחיי הצמח ולתפקודו (כלומר, פוטוסינתזה). מרבית הידע שלנו מבוסס על מחקרי תצפית ועל ניסויי מעבדה מאחר שבמקרים רבים קשה לערוך ניסויי שדה, והם דורשים השגחה מיוחדת כדי לוודא שהתולעים לא יברחו ויפלו למקומות שלפני כן הן לא פלשו אליהם. לבסוף, אקלים כדור הארץ משתנה במהירות רבה. טמפרטורות גבוהות יותר ואינטנסיביות משתנה של גשמים, יכולים להתקשר לפלישות של תולעי אדמה. לכן חשוב לחקור מה קורה כאשר אורגניזמים במערכת אקולוגית צריכים להתמודד במקביל עם שילוב של עלייה בטמפרטורות, שינויים בתבניות משקעים ונוכחותם של השכנים הפולשים החדשים שלהם. מוחות צעירים סקרנים כמו שלכם יכולים לסייע לענות על

³ ודיאו היכרות עם תוכנית EcoWorm:
https://www.youtube.com/watch?v=Au_-VYDUhAw&list=PLJFvA_Py3UkyUbNO48W7bY2KoVuSYllec&index=10&t=0s

השאלות האלה, ולחשוף עוד את הפרטים הסודיים של חיים מתחת לאדמה, במיוחד בתגובה לפלישות מינים ולהשפעותיהן על המערכות האקולוגיות של כדור הארץ, שמשתנה ללא הרף.

תרומת המחברים

MJ הכין את הטייטה של הטקסט והאיורים, ו-NE תרם לכתיבה ולדין בתכנים.

תודות

אנו מוקירי תודה עבור הערותיהם הבונות של שני זוגות מנטורים מדעיים – סוקרים צעירים, ושל העורך הראשי Nathan M. Good, אשר שיפרו משמעותית את כתב היד שלנו. אנו מודים על המימון מטעם המועצה האירופית למחקר תחת תוכנית Horizon 2020 למחקר ולחדשנות של האיחוד האירופי (מענק מספר 677232 ל-Nico Eisenhauer), ולמרכז הגרמני לחקר מגוון ביולוגי אינטגרטיבי הלה-ג'נה-לייפציג, שממומן על ידי קרן המחקר הגרמנית (FZT 118).

מקורות

1. Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Callaway, R. M., and Van der Putten, W. H. 2011. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. *Science* 332:1273–7. doi: 10.1126/science.1197479
2. Eisenhauer, N., and Eisenhauer, E. 2020. The “intestines of the soil”: the taxonomic and functional diversity of earthworms—a review for young ecologists. *EcoEvoRxiv*. doi: 10.32942/osf.io/tfm5y
3. Phillips, H. R. P., Guerra, C. A., Bartz, M. L. C., Briones, M. J. I., Brown, G., Crowther, T. W., et al. 2019. Global distribution of earthworm diversity. *Science* 366:480–5. doi: 10.1101/587394
4. Hendrix, P. F., Callahan, M. A. Jr., Drake, J. M., Huang, C. Y., James, S. W., Snyder, B. A., et al. 2008. Pandora’s box contained bait: the global problem of introduced earthworms. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39:593–613. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173426
5. Ferlian, O., Eisenhauer, N., Aguirrebengoa, M., Camara, M., Ramirez-Rojas, I., Santos, F., et al. 2018. Invasive earthworms erode soil biodiversity: a meta-analysis. *J. Anim. Ecol.* 87:162–72. doi: 10.1111/1365-2656.12746
6. Frelich, L. E., Blossey, B., Cameron, E. K., Dávalos, A., Eisenhauer, N., Fahey, T., et al. 2019. Side-swiped: ecological cascades emanating from earthworm invasions. *Front. Ecol. Environ.* 17:502–10. doi: 10.1002/fee.2099
7. Eisenhauer, N., Ferlian, O., Craven, D., Hines, J., and Jochum, M. 2019. Ecosystem responses to exotic earthworm invasion in northern North American forests. *Res. Ideas Outcomes* 5:e34564. doi: 10.3897/rio.5.e34564

פורסם אונליין: 29 בספטמבר 2022

נערך על ידי: Nathan M. Good

מנחה מדעי: Jessica Audrey Lee

ציטוט: Jochum M and Eisenhauer N (2022) כיצד תולעי אדמה משנות מערכות אקולוגיות. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.534345-he

תורגם והותאם: Jochum M and Eisenhauer N (2020) How Introduced Earthworms Alter Ecosystems. Front. Young Minds 8:534345. doi: 10.3389/frym.2020.534345

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

COPYRIGHT © 2020 © Jochum and Eisenhauer 2022. 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.

סוקרות צעירות

LILU, גיל: 10

אני אוהבת דובי קוטב, ונלחמת כנגד שינויי אקלים כדי להציל אותם! אני אוהבת גם חזירי ים.



MICHELLE, גיל: 16

אני ילדה ספרדית שרוצה להיות טייסת. בבית הספר, המקצועות האהובים עליי הם ביולוגיה ומתמטיקה. התחביבים שלי הם תעופה ומשחק טניס.



הכותבים

MALTE JOCHUM

Malte למד ביולוגיה מאחר שכנער הוא בנה בריכה קטנה בגינה של הוריו, והבין שזה נושא שאף פעם לא יפסיק להדהים אותו. כאקולוג של חברות, הוא מתעניין מאוד באופן שבו פעילויות אנושיות משפיעות על חברות של צמחים וחיות, ועל תפקודן. עבודתו מתמקדת במערכות אקולוגיות ימיות ויבשתיות ברחבי אזורים מתונים וטרופיים, ומערבת בעיקר חסרי חוליות מאקרואסקופיים. כשאינו נמצא בעבודה, הוא אוהב לחקור את הטבע עם שתי בנותיו, לטפס על סלעים, לרכוב על אופניים, או לחתור בקנו, ולאחרונה הוא גילה עניין בטריאתלון למתחילים. *malte.jochum@idiv.de



NICO EISENHAUER

Nico התעניין בטבע מאז ילדותו המוקדמת. הוא חפר ומצא תולעי אדמה, תפס צפרדעים ודגים וסייע ללטאות לשרוד את חודשי החורף. הוא תמיד היה מרותק מיופיו של הטבע, ומונע משאלות כמו מדוע מין צמח או חיה



מסוים מופיע במקום אחד, אבל לא באחר. במהלך לימודי הביולוגיה שלו, הוא גילה עניין מיוחד בחיות אדמה ובפעילויותיהן החשובות, שהן קריטיות לתפקוד של מערכות אקולוגיות. כשאינו נמצא בעבודה, Nico אוהב לשחק כדורגל ובדמינטון, לרוץ ולבלות זמן עם משפחתו ועם חבריו.

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



הוצאת פרונטיירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK