



כיצד חסרי חוליות באדמה מתמודדים עם זיהום מיקרופלסטיק

Carlos Barreto^{1*†}, Matthias C. Rillig^{2,3†}, Walter R. Waldman^{4†} | Stefanie Maafß^{3,5†}

¹המחלקה לביולוגיה, מרכז מחקר ביוטרוֹן לשינויי אקלים ניסיוניים, אוניברסיטת מערב אונטריו, לונדון, אונטריו, קנדה

²אקולוגיה של צמחים, המכון לביולוגיה, האוניברסיטה החופשית של ברלין, ברלין, גרמניה


³מכון ברלין-ברנדנבורג לחקר מגוון ביולוגי מתקדם (BBIB), ברלין, גרמניה

⁴המרכז למדע ולטכנולוגיה למען קיימות, האוניברסיטה הפדרלית של סאן קרלוס, סורוקָבָה, ברזיל

⁵אקולוגיה של צמחים ושימור טבע, המכון לביוכימיה ולביולוגיה, אוניברסיטת פוטסדאם, פוטסדאם, גרמניה

סוקרים צעירים

ASTÉRE
גיל: 8



JUNIE
גיל: 10



חיות קטנות שחיות באדמה, הנקראות חסרי חוליות באדמה, מייצגות קבוצה מגוונת מאוד של משתכני אדמה. הן כוללות תולעי אדמה; טְחָבָיִת; עכבישים; קְפִזְנָבָאִים; קְרִדִיּוֹת וחרקים מסוימים. חסרי חוליות באדמה ניזונים מצמחים מתים; מפטריות וחיידקים, או מחסרי חוליות אחרים באדמה. הדרכים הרבות שבהן חסרי חוליות באדמה מְתַקְשְׂרִים זה עם זה, והמספר הגדול של מינים שונים, הופכים את החיים באדמות מורכבים וקשים להבנה. למרבה הצער, חסרי חוליות באדמה מתמודדים עם זיהום באדמה, לרבות זיהום של חלקיקים זעירים של פלסטיק הנקראים חלקיקי מיקרופלסטיק, זה עשרות שנים. אולם, האם חלקיקי מיקרופלסטיק מזיקים לאורגניזמים האלה, ויכולים להיות מועברים בין חסרי חוליות באדמה כאשר הם ניזונים זה מזה? מרבית השאלות על חלקיקי מיקרופלסטיק וחסרי חוליות באדמה נחקרו באמצעות תולעי אדמה, אך ישנם כמה מחקרים על חסרי חוליות אחרים, כמו למשל קפזנבאים, קרדיות

וּמְטוּדוֹת. במאמר זה, נסכם את ההשפעות של חלקיקי מיקרופלסטיק על חסרי חוליות באדמה.

מיהם גיבורי-העל החבויים באדמה, ומה תפקידיהם?

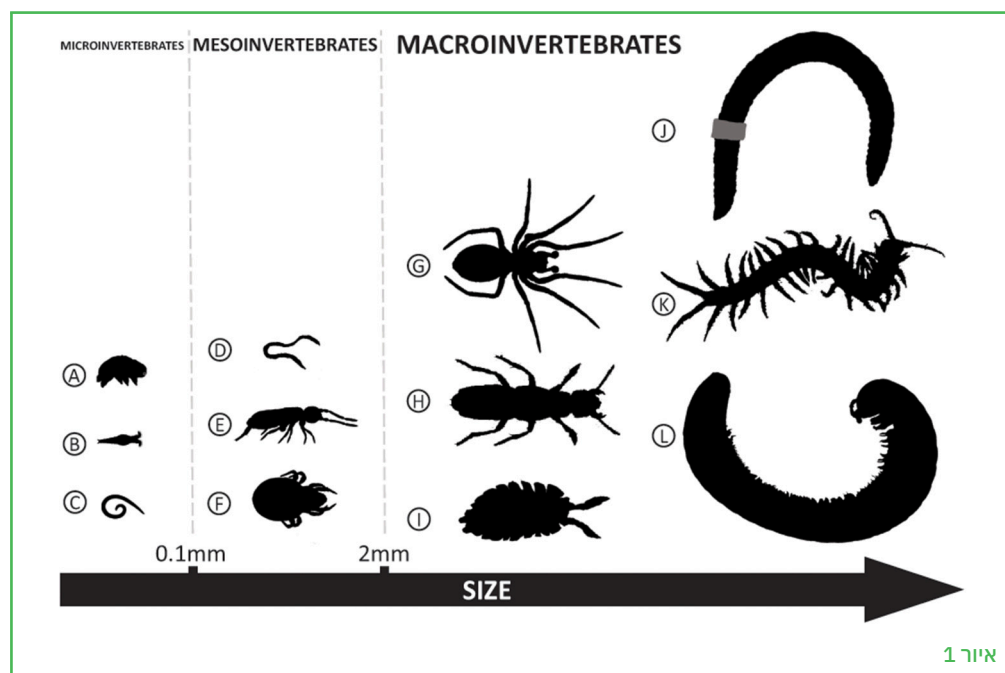
חיות רבות חיות באדמה, אולם... מדוע איננו יכולים לראות את כולן? החיות הזעירות שחיות באדמה נקראות **חסרי חוליות באדמה**, והן משתנות מאוד בגודלן. חלק מהמינים קטנים אפילו יותר מהקוטר של שערה אנושית! ניתן לסווג חסרי חוליות באדמה לשלוש קבוצות עיקריות, בהתבסס על הגדלים שלהם [1] (איור 1). מְקָרוֹ-חסרי חוליות הם חסרי חוליות גדולים כמו תולעי אדמה; טְחָבִיּוֹת; עכבישים; מְרָבֵי רגליים; נְדָלִים וחרקים מסוימים כמו חיפושיות. הם גדולים יותר מ-2 מילימטרים, ויכולים ליצור את מקומות המְחָה של עצמם באדמה. מְזוֹ-חסרי חוליות הם בגודל בינוני (0.1-2 מילימטרים), חיים בנקבוביות מלאות אוויר באדמה. עם סוג זה נמנים קפזנבאים [2]; קרדיות ותולעי עציצים. מְקָרוֹ-חסרי חוליות קטנים מ-0.1 מילימטרים. גודלם כל כך זעיר שאיננו יכולים לראותם ללא עזרת מיקרוסקופ. הם חיים במים שמצויים סביב חלקיקי אדמה, ובהם נמטודות; גלגליות ודובוני מים.

חסרי חוליות באדמה (Soil invertebrates)

חיות קטנות השוכנות באדמה, אשר אין להן עמוד שדרה או שלד מעצמות.

איור 1

דוגמאות לחסרי חוליות באדמה בגדלים שונים. מְקָרוֹ-חסרי חוליות: (A) דובון מים, (B) גלגלית, (C) נמטודה; מְזוֹ-חסרי חוליות: (D) תולעת עציץ, (E) קפזנבאי, (F) קרדית; מְקָרוֹ-חסרי חוליות: (G) עכביש, (H) חיפושית, (I) טחבית, (J) תולעת אדמה, (K) נדל, ו-(L) מרבה רגליים. האיורים אינם מייצגים את הגדלים (size) האמיתיים של חסרי החוליות באדמה.



איור 1

כל קבוצה של חסרי חוליות באדמה אוהבת מזונות שונים [3]. באופן כללי, חלק מחסרי החוליות, כמו עכבישים, ניזונים מחסרי חוליות אחרים באדמה. מינים אחרים, כמו קפזנבאים, ניזונים מפטריות ומחיידקים; וישנם מינים כמו תולעי אדמה, הניזונים מצמחים מתים. קשרי הזנה אלה הם חלק משרשרת מזון מורכבת המורכבת ממגוון מינים (איור 2) ומאינטראקציות רבות.

כל חסרי החוליות באדמה חשובים לסביבה. לדוגמה, דובוני מים יכולים לאכלס סביבות חדשות ולשמש כמזון לאורגניזמים אחרים. נמטודות יכולות לסייע במחזור חומרי מזון באדמה, בסיועם של קפזנבאים, קרדיות, טְחָבִיּוֹת ותולעי אדמה. טְחָבִיּוֹת, קפזנבאים

איור 2

מגוון מיני חסרי חוליות באדמה. מיקרו-חסרי חוליות (קטנים מ-0.1 מילימטרים) כוללים: (A) דובוני מים, ו-(B) נמטודות; מיקרו-חסרי חוליות (בין 0.1 ל-2 מילימטרים) כוללים: (C) תולעי עציץ, (D-G) קפזנבאים, ו-(H,I) קרדיות; מיקרו-חסרי חוליות (גדולים מ-2 מילימטרים) כוללים: (J) סְחָבִיּוֹת, (K) חיפושיות, (L) תולעי אדמה, (M) מרבי רגליים, (N) נדלים, ו-(O) עכבישים. (קרדיטים לאיור: A, C-O: Frank Ashwood; B: Devdutt Kamath).



איור 2

וקרדיות מסוימות [4] מסייעים לפרק עלים וחומרים אחרים שחיו באדמה בעבר [5], ואף עוזרים ללכוד פחמן מהאטמוספירה בתוך האדמה. תולעי אדמה מסייעות למי גשם לחלחל לתוך האדמה. חלק מחסרי החוליות באדמה עשויים לבסס את תזונתם על אורגניזמים שגורמים מחלות לצמחים, תוך הגנה על צמחים מפני המזיקים הללו. אם כן, יצורים אלה, כל אחד בדרכו, מסייעים לשמור על האדמה בריאה, מה שגם חיוני להבטחת איכות המזון שלנו.

איומים של חלקיקי המיקרופלסטיק

לרוע המזל, לבתיהם של מגוון חסרי חוליות באדמה פלשו מזהמים כמו למשל חלקיקי מיקרופלסטיק. אלה הם חלקיקים קטנים (פחות מ-5 מילימטרים) שנוצרים בדרכים רבות (איור 3; תיבה 1). לדוגמה, כאשר מכוניות נוסעות בכבישים, צמיגיהן נשחקים ומאבדים חלקיקי מיקרופלסטיק, אשר יכולים להיאסף על ידי הרוח ובסופו של דבר להגיע לאדמה. כמו כן, כשאנו מכבסים, סיבי פלסטיק משוחררים מהבגדים לתוך המים. מעיל פליז אחד לבדו יכול לשחרר כמיליון סיבים בכל מחזור כביסה! רבים מסיבי הפלסטיק האלה

חלקיקי מיקרופלסטיק (Microplastics)

חלקיקי פלסטיק קטנים (פחות מ-5 מילימטרים) שעלולים להיות מזיקים לאדמה ולחיים ימיים.

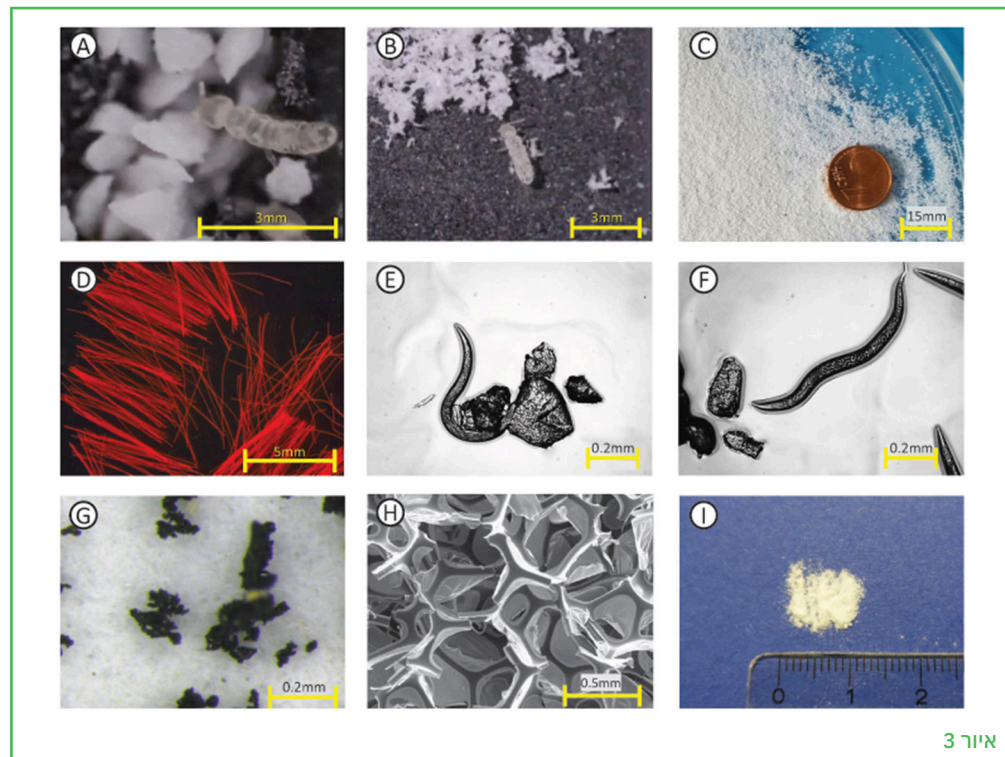
מגיעים לביוב, מה שיוצר בעיה מאחר שביוב מטופל יכול לשמש לדישון האדמה שבה גדלים יבולים. חלקיקי מיקרופלסטיק יכולים להיכנס לאדמה גם דרך אשפת פלסטיק ומי גשמים.

איור 3

דוגמאות של חלקיקי מיקרופלסטיק (במילימטרים).

(A) קפזנבאי וחלקיקי אוריאה-פּוֹרְמֵלְדֵהִיד. (B) קפזנבאי ופלסטיק שהתגרד מבקבוק שתייה קלה. (C) מיקרו-חרוזים של פוליפרופילן. (D) מיקרו-סיבים של פוליפרופילן. (E,F) נמטודות בוגרות עם פיסות של פוליֶסְטִירֵן. (G) חלקיקים שנוצרים על ידי שפשוף של צמיגים. (H) תקריב של ספוג פוליאורגן. (I) פוליפרופילן דמוי-אבקה (קרדיטים לאיור).

A,B: C. Reinhart Daphi; C, I: Stefanie Maaß; D: Carlos Barreto; E,F: Shin Woong Kim; G: Eva Leifheit; (H: Walter Waldman



איור 3

תוספים (Additives)

כימיקלים שגורמים לפלסטיק להיות יותר צבעוני וגמיש, או פחות דליק.

דגרדציה (Degradation)

הפירוק או ההפרדה של משהו לכדי משהו פשוט יותר או לחלקים קטנים יותר.

הסתנות (Leaching)

כאשר חומר נוזלי משוחרר החוצה מהמקור המוצק שלו.

לחלקיקי מיקרופלסטיק מגוון רחב של תכונות כימיות ופיזיקליות. חומרים העשויים פלסטיק לעיתים קרובות מכילים **תוספים**. תוספים אלה עלולים ליצור חלקיקי מיקרופלסטיק שהם אפילו יותר מזיקים לסביבה, בייחוד כאשר חלקיקים אלה מתחילים לעבור **דגרדציה**. חלקיקי פלסטיק נעשים שברים יותר ויותר כתוצאה מאור שמש, מים, ומחלקיקי האדמה הסובבים שמתחככים בהם. עם הזמן, חלקיקי מיקרופלסטיק מתפרקים לחלקיקים קטנים עוד יותר, שנקראים ננו-פלסטיק. במהלך הדגרדציה, התוספים מתחילים בהדרגה **להסתן** החוצה מחלקיקי המיקרופלסטיק, לתוך האדמה. החלקיקים גם יכולים להסתנן לתוך הרקמות של אורגניזמים, אם הם נאכלים על ידם. לרוע המזל, איננו יודעים עדיין הרבה על ההשפעות שעוללות להיות להסתנות תוספי פלסטיק על הסביבה.

אם כן, חלקיקי מיקרופלסטיק עשויים בבירור להשפיע על האדמה, אולם כיצד הם משפיעים על חסרי חוליות באדמה? [6] אם נתבונן על תולעי אדמה, עם תיאבונן הקבוע לעלים מתים ופעילויות החפירה הנמרצות שלהן, נוכל בקלות לדמיין שהן בולעות בקביעות חלקיקי מיקרופלסטיק, ומעבירות אותם עמוק לתוך האדמה. הן יכולות להעביר את החלקיקים האלה לא רק על ידי אכילה, אלא גם על העור שלהן. אותו ממצא הוצג גם עבור קפזנבאים. מהי המשמעות של כך? מצד אחד, חלקיקי מיקרופלסטיק מתפרקים עוד כשהם עוברים דרך המעיים של אורגניזמים באדמה. אך מצד אחר, כאשר החלקיקים נישאים עמוק יותר לתוך האדמה, הפירוק מואט כתוצאה ממחסור באור שמש ועקב פעילות מיקרוביאלית פחותה. במילים אחרות, ככל שהחלקיקים נעים עמוק יותר לתוך האדמה, כך ייקח להם זמן ממושך יותר להתפרק לגמרי.

תיבה 1. מקורות של חלקיקי מיקרופלסטיק באדמה.

אובייקט	פלסטיק (שמות רשמיים)	הערות
צבעים	אֶפּוֹקְסִי וְשֵׁרָף אֶלְקִיִּדִי	חלקיקי מיקרופלסטיק נוצרים מליטוש משטחים צבועים, וכאשר הצבע מתקלף מקירות או ממבנים אחרים.
שקיות פלסטיק	פוליאית'לן בצפיפות נמוכה (LDPE)	כאשר שקיות פלסטיק מושלכות באופן בלתי ראוי, הן עלולות להגיע לאדמה ולהתפרק על ידי השמש, ובסופו של דבר ליצור חלקיקי מיקרופלסטיק.
סרטי חיפוי	פוליאית'לן בצפיפות נמוכה (LDPE)	ישנם חקלאים המשתמשים בסרטי חיפוי מפלסטיק במטרה להגן על צמחים מפני אובדן מים. פלסטיק זה יתפרק מחשיפה לשמש, וייצר חלקיקי מיקרופלסטיק.
צמיגים	פוליסופרן (גומי טבעי)	אף על פי שצמיגים מיוצרים בעיקר מגומי טבעי, הם גם מכילים תוספים, ורעילותם נבדקת.
קצף	פוליסטירן (PS)	קצפים נמצאים בשימוש נרחב בבידוד בתים ובאריזות, במטרה להגן על מוצרים במהלך שינועם ואחסונם. נזק לקצפים והתפרקותם מייצרים חלקיקי מיקרופלסטיק.
נצנצים	פוליאית'לן טרפאלט (PET)	נצנצים מתפזרים בקלות ויכולים להתנתק מאיפור ומצעצועים, ולזהם את האדמה.
בקבוקי מים בקבוקי שתייה קלה	פוליופילן (PP) פוליאית'לן טרפאלט (PET)	התפרקות של בקבוקי מים ובקבוקי משקאות קלים שלא הושלכו כראוי, עלולה לזהם את האדמה.
בגדים	פוליאקטרים ופוליאמידים	סיבים סינתטיים משחררים מיקרו-סיבים במהלך כביסה, ומגיעים לאדמה דרך מדשנים שמכילים משפכים.

חלקיקי מיקרופלסטיק עלולים להשפיע על בריאותם של אורגניזמים באדמה

אורגניזמים באדמה מרגישים חולים כשהם אוכלים חלקיקי מיקרופלסטיק – ממצא זה דווח עבור תולעי אדמה וקפזנבאים. לאחר שניזונו מחלקיקי מיקרופלסטיק, תולעי אדמה סבלו מכמה בעיות בריאותיות, לרבות דלקת ונזק למעיין [7]. נוסף על כך, עיכול של חלקיקי מיקרופלסטיק מוביל לרמת דריכות גבוהה מהרגיל של מערכת החיסון של תולעי אדמה. קפזנבאים שבלעו חלקיקי מיקרופלסטיק סבלו משינויים בחיידקים המועילים שחיים במערכות העיכול שלהם [8]. לאחר שבלעו חלקיקי מיקרופלסטיק, הן תולעי אדמה הן קפזנבאים גדלו לאט יותר, הולידו פחות צאצאים, ומתו לעיתים קרובות יותר.

זה נשמע כמו חדשות רעות עבור נמטודות, אך ישנן גם חדשות טובות: מדענים לא ראו הצטברות של חלקיקי מיקרופלסטיק באורגניזמים עם הזמן. כלומר, ייתכן שהם לא סובלים מנזק גדול כל כך אחרי הכול. אולם, סביר שחלקיקי מיקרופלסטיק יכולים להיות מועברים דרך שרשרת המזון באדמה, ממיקרואורגניזמים כמו פטריות, לקפזנבאים, לקרדיות טורפות; או ממיקרואורגניזמים לתולעי אדמה, ואז לעופות [9] – ואולי גם לבני אדם! איננו יודעים הרבה עדיין על האופן שבו חלקיקי מיקרופלסטיק נעים דרך שרשרת המזון באדמה, אך המחקר בנושא זה מתקדם במהרה. למרות הדאגות הללו, מדענים מצאו נקודת אור! קבוצת מחקר אחת דיווחה כי חיידקים מסוימים במעיין של תולעי אדמה יכולים לעכל את חלקיקי המיקרופלסטיק שנבלעו, מה שמוביל לקצבי פירוק גבוהים [10] כלומר,

חיידקים עשויים להיות מסוגלים להאיץ את הקָרס חלקיקי המיקרופלסטיק באדמה. האם סוגים אחרים של חסרי חוליות באדמה יכולים לעשות את אותו הדבר? איננו יודעים עדיין.

מה ביכולתנו לעשות במטרה להגן על חסרי חוליות באדמה?

אתם עשויים לתהות מדוע מדענים לא התקדמו יותר במענה על שאלות חשובות לגבי ההשפעות של חלקיקי מיקרופלסטיק על האדמה ועל האורגניזמים שחיים בה. לצערנו, מחקרים אלה נתקלים בקשיים רבים. לדוגמה, עדיין אין לנו שיטה אמינה למדידת הכמות של כל סוגי חלקיקי המיקרופלסטיק בכל סוגי האדמה. נוסף על כך מחקרים רבים מכילים ניסויים קצרי-טווח שמתבצעים במעבדה, בולא מחקרים ארוכי-טווח שנערכים בחוץ, באדמה. המגוון העצום של סוגי פלסטיק ותוספים הופך את הבחינה של כל דבר בתנאי העולם האמיתי לבלתי אפשרית. ניסוי מעבדה מספקים מידע רק במידה מסוימת, והם מורכבים מאחר שלא כל האורגניזמים באדמה ישרדו בסביבת המעבדה. אך, הִיו רגועים: מדענים עושים את המיטב במטרה לפתור את הבעיות האלה. בינתיים, ישנן דרכים שבהן אתם יכולים לסייע!

כולנו צריכים לעשות את המיטב כדי למזער תוספת עתידית לסביבה של פלסטיק מכל סוג וגודל שהם. ייתכן שאתם כבר מכירים את מרבית הדרכים החשובות:

- הימנעו משימוש בפריטי פלסטיק חד-פעמיים כמו כוסות פלסטיק או קְשֵי פלסטיק.
- בְּחַרו את כוס המתכת או הכוס הרב-פעמית האהובה עליכם, וקש מתכת, וְשִׁמְרו עליהם נגישים בתיק ארוחת הצוהריים שלכם!
- חשוב להשליך פסולת פלסטיק לְמַכַּל הַמְחֻזָּר הנכון: זה יכול לסייע להפחתת כמות הפלסטיק שמגיע למים ולאדמה.
- הימנעו ממוצרי טיפוח שמכילים חלקיקי מיקרופלסטיק ברכיביהם, כמו חֶלֶק ממרכיבי השיער. ישנם מוצרים חלופיים שאינם מכילים חלקיקי מיקרופלסטיק, וכמה יישומים בטלפונים החכמים יכולים לסייע לכם לבחור את המוצרים הטובים ביותר עבורכם.
- כדי להפחית את כמות סיבי הפלסטיק המשתחררים לסביבה, נְסו שלא לזרוק בגדים ישנים רק בגלל שאינכם מעוניינים בהם יותר! במקום זאת, השתדלו למכור אותם, לתרום אותם, או להשתמש בהם מחדש באופן יצירתי.

בואו נְשַׁלֵּב כוחות ונשמור על גיבורי-העל הזעירים שלנו באדמה מפני זיהום מיקרופלסטיק נוסף. זה שווה כל מאמץ!

תודות

אנו מודים ל- Frank Ashwood (ועדת הייעור של בריטניה), ל- Shin Woong Kim (האוניברסיטה החופשית של ברלין), ול- Devdutt Kamath (אוניברסיטת גוולף, קנדה) על שאפשרו לנו בנדיבותם להשתמש בתמונותיהם של חסרי חוליות באדמה. אנו מודים ל- C. Reinhart, ל- D. Daphi, ול- Eva Leifheit (האוניברסיטה החופשית של ברלין) עבור התמונות של הפלסטיק. אנו מודים ל- Anderson Abel de Souza Machado, ל-

Alice A. Horton, ו-Taylor Davis עבודתם על פרק הספר העוסק בחלקיקי מיקרופלסטיק, אשר היווה את נקודת ההתחלה למאמר זה. MR מודה למימון במסגרת מענק מואץ מטעם המועצה האירופית למחקר – ERC (694368). עבודה זו גם מומנה חלקית על ידי המשרד הגרמני הפדרלי לחינוך ולמחקר BMBF במסגרת הפרויקט השיתופי לגישור במדעי המגוון הביולוגי BIBS (שלב 2, מספר מימון 01LC1501B). אנו מודים ל-Helen Phillips, ל-Rémy Beugnon, ול-Malte Jochum, העורכים של אוסף מגוון ביולוגי של אדמה, עבור יוזמה כל כך מצוינת וחשובה. אחרונים, ולא פחות חשובים, אנו מודים לסוקרים הצעירים שלנו עבור הערותיהם.

מקורות

1. Coleman, D. C., Callaham, M. A., and Crossley, D. A. Jr. 2018. *Fundamentals of Soil Ecology, 3rd Edn*. London: Academic Press. p. 376.
2. Potapov, A. 2020. Springtails – worldwide jumpers. *Front. Young Minds* 8:545370. doi: 10.3389/frym.2020.545370
3. Erktan, A., Pollierer, M., and Scheu, S. 2020. Soil ecologists as detectives discovering who eats whom or what in the soil. *Front. Young Minds* 8:544803. doi: 10.3389/frym.2020.544803
4. Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Armored mites, beetle mites, or moss mites: the fantastic world of oribatida. *Front. Young Minds* 8:545263. doi: 10.3389/frym.2020.545263
5. Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Decomposition in peatlands: who are the players and what affects them? *Front. Young Minds* 8:107. doi: 10.3389/frym.2020.00107
6. de Souza Machado, A. A., Horton, A., Davis, T., and Maaß, S. 2020. Microplastics and their effects on soil function as a life-supporting system. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, eds D. He and Y. Luo. Cham: Springer. p. 1–24.
7. Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A. C., Vala, H., et al. 2017. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei Bouché*. *Environ. Pollut.* 220:495–503. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.092
8. Zhu, D., Qing-Lin, C., Ana, X., Yanga, X., Christiec, P., Ked, X., et al. 2018. Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biol. Biochem.* 116:302–10. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.10.027
9. Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Quej, V.K., de los Angeles Chi, J., Sanchez del Cid, L., Chi, C., et al. 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Sci. Rep.* 7:14071. doi: 10.1038/s41598-017-14588-2
10. Huerta Lwanga, E., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., et al. 2018. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: a potential for soil restoration. *Sci. Total Environ.* 624:753–7. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.144

פורסם אונליין: 05 באפריל 2024

נערך על ידי: Rémy Beugnon

מנחים מדעיים : Tom Vercauteren

ציטוט: Barreto C, Rillig MC, Waldman WR ו Maaß S (2024) כיצד חסרי חוליות באדמה מתמודדים עם זיהום מיקרופלסטיק. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.625228-he

Barreto C, Rillig MC, Waldman WR and Maaß S (2021) How Soil Invertebrates Deal With Microplastic Contamination. Front. Young Minds 9:625228. doi: 10.3389/frym.2021.625228 doi: 10.3389/frym.2021.625228

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

זכויות יוצרים © 2021 © 2024. Barreto, Rillig, Waldman ו Maaß. 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 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

ASTÈRE, גיל: 8

אני בת 8. אוהבת קריאה, פעילויות 'עשה זאת בעצמך', צביעה, אומנות, מתמטיקה, כתיבה והיסטוריה. הספרים האהובים עליי הם מהסדרות הארי פוטר ופרסי ג'קסון.



JUNIE, גיל: 10

יש לי מגוון תחביבים, אך אלה שבהם אני עוסקת הכי הרבה הם בישול, קריאה, ציור ותפירה. אני בת 10, הולכת לבית ספר יסודי בעיר גדולה בבריטניה. הספרים האהובים עליי הם מהסדרות: פרסי ג'קסון, סקרלט ואייבי, ילד הצפון, וגם ספרים של הסופרת ג'ודי בלום.



הכותבים

CARLOS BARRETO

בגיל צעיר מאוד, Carlos הבין שהוא אוהב חיות, אולי יותר מדי. בבית הספר, מדע תמיד היה תחום הידע האהוב עליו, כל הדרך עד לתיכון. זה הזמן שבו החליט שהוא רוצה לעשות משהו שכולל מדע וחיות. הוא ניסה להיות וטרניר; זה לא הסתדר, אך אין בו חרטה על כך. כמה שנים מאוחר יותר נהפך לאקולוג, ומאז הוא עובד עם חיות קטנות (בעיקר חרקים וקרדיות) ביערות טרופיים, עפרות ברזל ומערות אבן סיד, יערות צפוניים, שדות אורבניים, ואדמות כבול בשלוש יבשות: דרום אמריקה, צפון אמריקה ואירופה.

*cbarreto@uwo.ca; †orcid.org/0000-0003-2859-021X



**MATTHIAS C. RILLIG**

Matthias אוהב אדמה ואת כל היצורים שבתוכה, לא רק החיות. למעשה, היצורים המועדפים עליו הם פטריות. תהליך האדמה האהוב עליו הוא אֶנְרִיגִיָה של אדמה (תלמיד קרקע), היווצרותם של סדקים קטנים באדמה. Matthias הוא פרופסור באוניברסיטה החופשית של ברלין, וזוכה לחשוב כל היום על אדמה ועל מה שמתרחש בתוכה. כיום, הוא מתעניין מאוד באופן שבו אדמה מושפעת על ידי מגוון רחב של גורמים, לרבות חלקיקי מיקרופלסטיק. [†orcid.org/0000-0003-3541-7853](https://orcid.org/0000-0003-3541-7853)

**WALTER R. WALDMAN**

Walter הוא כימאי ברזילאי הנגה בעיסוקו, שאוהב מוזיקה, כימיה, מזון, קולנוע ופולימרים. הניסוי הראשון שלו כִּלְל מסטיק ושיער של בת זוג לשעבר. הניסוי לא הסתיים טוב עבור כָּל המשתתפים, אך כוח האֶדְהִיָה (תֶאֱחִיָה) של הפוליסופרן אֶשֶׁש, ומדען פולימרים נולד באותו היום. כעת, הוא מנסה להבין את התפקיד של התפרקות פולימרים בהשפעה על חלקיקי מיקרופלסטיק. בזמנו הפנוי, תוכלו למצוא אותו קורא משהו על כימיה ופולימרים. ואוּכְל. [†orcid.org/0000-0002-7280-2243](https://orcid.org/0000-0002-7280-2243)

**STEFANIE MAAß**

Stefanie רצתה להפוך לאֶמְנִית איפור או למעצבת תחפושות, אך עקב מחסור בכישורים אומנותיים, החליטה לפנות לתחום שונה לגמרי: ביולוגיה. במהלך לימודיה התוודעה לחרקים טרופיים ולקרדיות על קליפת עצים, ונעשתה מרותקת מיופיים ומהמגוון שלהם. לאחר מכן, עֶסְקָה בחרקים באדמה ובקרדיות, ונהפכה לאקולוגית של אדמה בעלת תשוקה וסקרנות, המבקשת להבין את קשרי ההזנה בין יצורי האדמה האהובים שלה, תגובותיהם למזהמים (כמו חלקיקי מיקרופלסטיק), ודפוסי תפוצתם. [†orcid.org/0000-0003-4154-1383](https://orcid.org/0000-0003-4154-1383)

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