



תולעי אדמה ותפקידן בפליטות גזי חממה

Pierre Ganault^{1*}, Sacha Delmotte², Agnès Duhamet², Gaëlle Lextrait², Yvan Capowicz³

¹IRD, EPHE, CNRS, CEFE, אוניברסיטת מונפלייה, אוניברסיטת פול-ולרי מונפלייה, מונפלייה, צרפת

²המחלקה לביולוגיה ולאקולוגיה, אוניברסיטת מונפלייה, מונפלייה, צרפת

³INRAE, UMR 1114 EMMAH, אוניברסיטת אביניון, אביניון, צרפת

סוקרת צעירה

GWEN

גיל: 13



המְסָה של כלל תולעי האדמה שחיות על כדור הארץ היא הגדולה ביותר בהשוואה לכל מין בעל חיים יבשתי אחר. ישנם יותר מ-7,000 מינים של תולעי אדמה, והן מעורבות בתהליכים רבים ששומרים על האדמות בריאות ומסייעים לגדילת צמחים. עקב כך תולעי אדמה הן אורגניזמים שחשוב מאוד לחקור. פעילותן של תולעי אדמה מעוררת את גדילתם של חיידקים, הן במעיים שלהן הן באדמה. חלק מהמחקרים הציעו שחיידקים אלה עשויים להגדיל את פליטות גזי החממה, בפרט של הגזים פחמן דו-חמצני וחמצן דו-חנקני, אשר תורמים להתחממות הגלובלית. אם כן, האם תולעי אדמה מועילות או מזיקות לסביבה? במאמר זה יתוארו הניסויים שיכולים לשמש לחקר הקשרים בין תולעי אדמה לבין ייצור גזי חממה, לצד המגבלות של ניסויים אלה. ההשפעות של תולעי אדמה על תהליכים באדמה הן מורכבות מאוד, ולכן מאתגרות, חשובות ומרגשות מבחינה מדעית.

תולעי אדמה – המהנדסות שמתחת לאדמה

מתחת לרגלינו, חיים באדמה אלפי בעלי חיים, לרבות תולעי האדמה המפורסמות. המונח "תולעי אדמה" מתייחס למגוון מינים שונים. מדענים תיארו בסביבות 7,000 מיני תולעי אדמה ברחבי העולם, אך חלק מהאזורים לא נחקרו במידה מספקת, ומדענים מעריכים כי ישנם יותר מ-30,000 מיני תולעי אדמה שטרם תוארו [1]. תולעי אדמה הן חסרות חוליות, כך שאין להן עצמות. שלא כמו חרקים, אין להן שלד חיצוני ועיניים, אך הן בעלות שרירים חזקים. תולעי אדמה יכולות לנוע דרך האדמה, ואפילו לאכול אותה, עם עלים מתים מסוימים. אף על פי שמרבית מיני תולעי האדמה נראים דומים, יש להם אורחות חיים שונים, והן ניתנות למיון לשלוש קבוצות אקולוגיות עיקריות (איור 1A) [2].

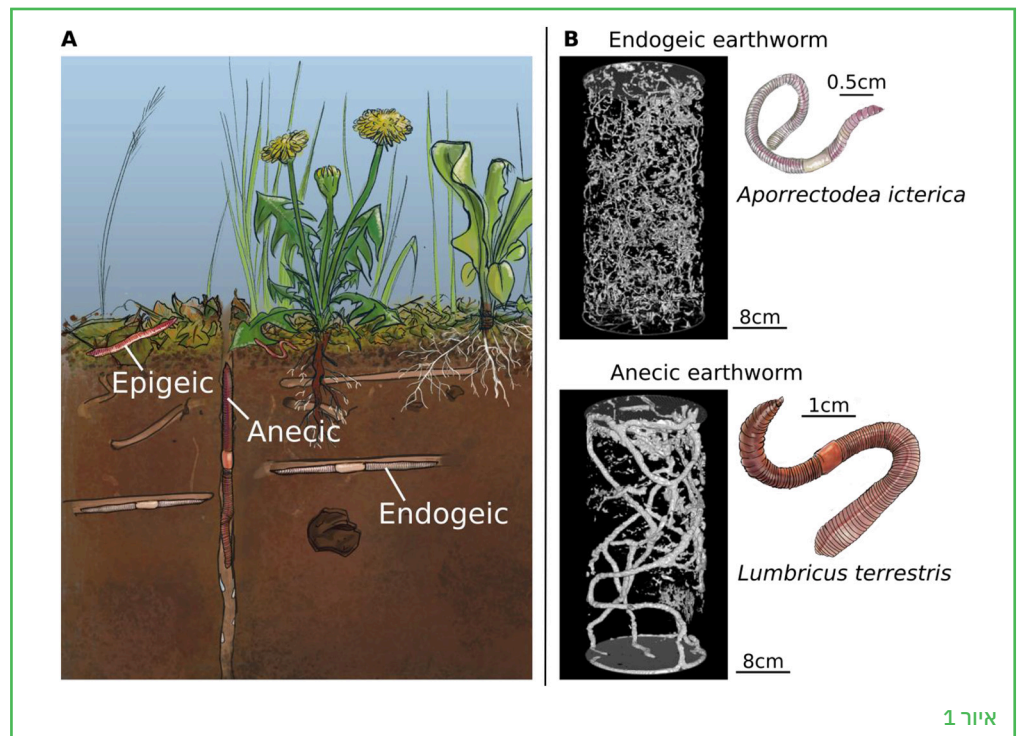
קבוצה אקולוגית (Ecological group)

תולעי אדמה משתנות כתלות במקום שבו הן חיות באדמה, בתזונתן ובצבע עורן. ישנן שלוש קבוצות עיקריות: תולעי epigeics (מבטאים endogeic ("ep-i-jEE-ik" מבטאים), anecic ("en-d-oh-jEE-ik" מבטאים) ו-"anecic" ("an-e-c-ik").

איור 1

מינים שונים של תולעי

אדמה (A) שלוש הקבוצות העיקריות של תולעי אדמה – anecic, epigeic ו-endogeic. קרדיטים: לאילוסטרציה: www.lesbullesdemo.fr. **(B)** שחזור רנטגן תלת-ממדי של מערכת המחילות של אחד ממיני תולעי אדמה שנקרא 'תולעת אפורה' (Aporrectodea icterica), ומין אחד של תולעי anecic שנקרא 'חיית לילה' (Lumbricus terrestris). קרדיטים לתמונת רנטגן: Yvan Capowiez.



איור 1

חומר אורגני

(Organic matter)

חומר שמורכב מתרכובות אורגניות שמגיעות משאריות של אורגניזמים, כמו למשל צמחים ובעלי חיים, ומתוצרי הפסולת שלהם בסביבה.

Casts

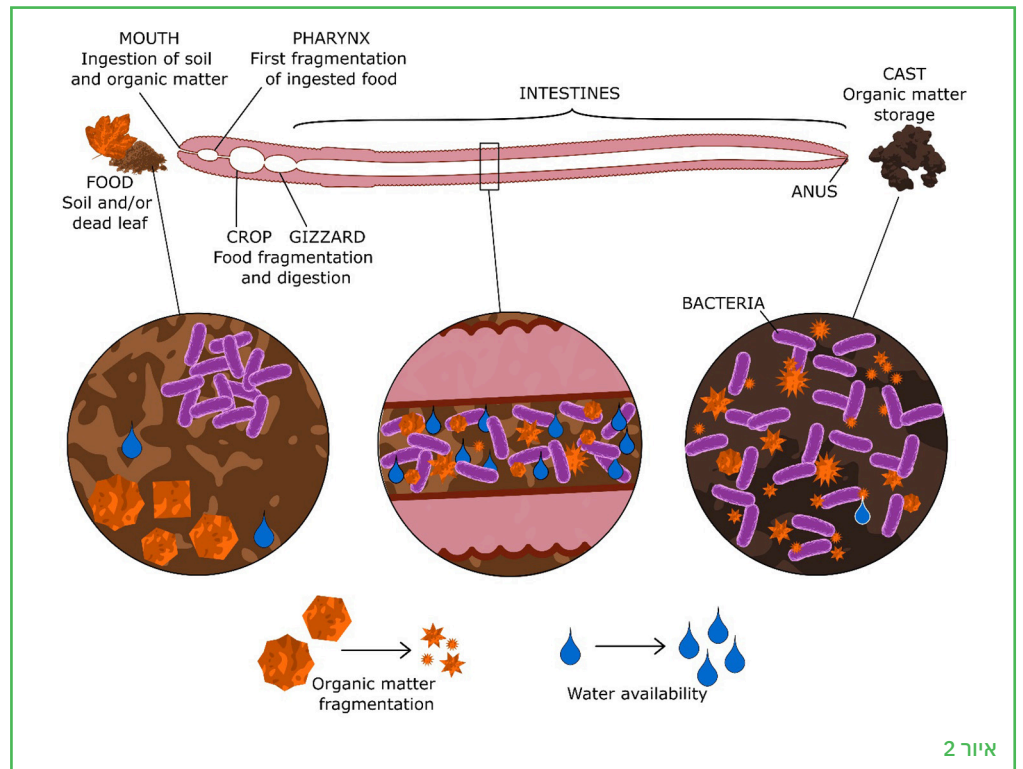
צואה של תולעי אדמה. כתלות בקבוצה האקולוגית של תולעי האדמה, הצואה מושארת על פני השטח של האדמה או בתוך האדמה, במחילות התולעים.

הקבוצה הראשונה, שנקראת epigeics, הן תולעי אדמה קטנות (באורך 3-10 סנטימטרים), בצבע אדום, וניתן להשתמש בהן בדישון באמצעות תולעים. תולעי אדמה מסוג זה חיות בעלים מתים. צבען מגן עליהן מפני קרינה אולטרה-סגולה, ומסווה אותן מטורפים בפני השטח. ללא חפירה באדמה, הן אוכלות עלים מתים ומתמירות אותם לפיסות קטנות של **חומר אורגני** בצואתן, שנקראות casts. תולעי אדמה מסוג endogeic הן גדולות יותר (5-15 סנטימטרים) ונטולות פיגמנט לחלוטין. הן חיות רק באדמות, ויוצרות מחילות רבות (איור 1B). בחלקת ניסוי, ארבע תולעים מסוג זה חפרו מחילות באורך של 2.2 קילומטרים וברוחב של 3.5 מילימטרים למטר מעוקב של אדמה ב-6 שבועות בלבד [3]! כשתולעי endogeic חופרות, הן גם אוכלות הרבה פיסות קטנות של עלים מתים שנמצאים באדמה, ומערבבות חומר אורגני עם האדמה (איור 2). הקבוצה השלישית נקראת תולעי anecic. אלה הן התולעים הגדולות ביותר, ויכולות לגדול לממדים שגעים בין 10 סנטימטרים למטר אחד! הן חופרות מחילות אנכיות עמוקות (איור 1), שיכולות להגיע לעומק של יותר ממטר אחד. במהלך הלילה, הן מוציאות את ראשיהן החוצה כדי לתפוס עלים יבשים על פני השטח

ולהביאם לשכבות אדמה עמוקות יותר. מאחר שרק ראשיהן יוצאים מהאדמה, רק בראשים יש פיגמנטים.

איור 2

תהליך היווצרותם של חיידקים. חומר אורגני עובר דרך מערכת העיכול של תולעי האדמה, מפורק לפיסות קטנות יותר, מעוכל, והשאריות יוצאות כצואה שנקראת casts. לאחר מכן, casts מזינים חיידקים (Bacteria). חיידקים גם נמצאים בתוך מערכת העיכול של תולעי אדמה. כדי להיות פעילים, חיידקים זקוקים לתערובת המתאימה של חומר אורגני, מים ואוויר. התמונה בהשראת מאמרם של Horn ו- Drake [4].



איור 2

הפעולות העיקריות של תולעי אדמה הן אכילת עלים מתים או הטְמָנָתם, ותנועה דרך האדמה על ידי יצירת מחילות. פעולות אלה מועילות לאדמה, לאורגניזמים אחרים באדמה ולכל המערכת האקולוגית, מה שזיכה את תולעי האדמה בכינוי ה"מהנדסות של מערכת אקולוגית".

מהנדס מערכת אקולוגית (Ecosystem engineer)

אלה אורגניזמים שמשנים את זמינותם של משאבים עבור מינים אחרים. טרמיטים, נמלים ותולעי אדמה הם המהנדסים העיקריים של מערכות אקולוגיות באדמה.

כיצד תולעי אדמה משנות את האדמה ומגדלות חיידקים

מחילות של תולעי אדמה משנות באופן מהותי את מבנה האדמה על ידי יצירת חללים גדולים באדמה הדחוסה. המחילות הן סביבות המחיה של אורגניזמים רבים כמו חסרי חוליות קטנים, חיידקים ושורשי צמחים. מחילות מתפקדות גם כצינורות שמגדילים את זרימת המים והחמצן בין פני השטח של האדמה לשכבות עמוקות יותר. תולעי אדמה מקבוצות אקולוגיות שונות בונות מחילות שמשפיעות על זרמי מים וגז באופן שונה. בניסוי של Capowiez ואחרים [3], שנעשה בצינורית PVC (בקוטר 16 סנטימטרים ובגובה 30 סנטימטרים, איור 1B), המחילות של תולעי האדמה מסוג endogeic אפשרו חדירת מים בקצב של 5.2 ליטרים לדקה, בעוד שבמחילות של תולעי אדמה מסוג anecic הקצב הגיע ל-12.4 ליטרים לדקה. הסיבה לכך היא שמחילותיהן של תולעי anecic גדולות יותר, רציפות יותר וניצבות לקרקע.

במערכות אקולוגיות המשופעות בתולעי אדמה, עלים מתים נעלמים די מהר ואינם מצטברים על פני השטח של האדמה. תולעי אדמה מסוג epigeic ממירות עלים מתים לפיסות קטנות יותר שמפורשות בצואתן, ותולעי אדמה מסוג anecic מטמינות עלים מתים

בשכבות אדמה עמוקות יותר. תולעי אדמה מסוג endogeic אוכלות עלים מתים קטנים או חלקיקי שורשים עם האדמה, ומפרישות אותם בכל מקום שאליו הן מגיעות. פעולות אלה של תולעי אדמה מובילות לחלוקה מחודשת של חומר אורגני ברחבי האדמה. במקום שיצטרב בפני השטח של האדמה, החומר האורגני מתפרש יותר וזמין לשורשי צמחים ולאורגניזמים אחרים שמאכלסים את האדמה.

השינויים שיוצרות תולעי אדמה בקרקע משפיעים על קבוצות חשובות אחרות של אורגניזמים באדמה, כמו חיידקים. כדי להתקיים, חיידקים זקוקים לאיזון הנכון בין מזון, מים ואוויר. חיידקים הופכים פיסות קטנות של חומר אורגני לחלקיקים קטנים אפילו יותר, ומפרקים אותם לפחמן ולחנקן. החלקיקים האלה קטנים כל כך ששורשי הצמחים יכולים לספוג אותם בקלות ולהשתמש בהם לצמיחה. כדי לפרק את מזונם, החיידקים משתמשים בחמצן (הם נושמים, אפילו ללא ריאות) ומייצרים פחמן דו-חמצני כתוצר לוואי. אם יש יותר מדי מים בסביבה, כמו למשל במהלך הצפה או בשדות אורז, החיידקים מייצרים במקום זאת חמצן דו-חנקני כתוצר לוואי. פחמן דו-חמצני וחמצן דו-חנקני הם גזי חממה אשר מעלים את טמפרטורת האטמוספירה, ובכך תורמים לשינויי אקלים.

באדמות מסוימות, חיידקים עשויים לחוות תנאים של מחסור בחומר אורגני, באוויר, או במים, ואז הם פחות פעילים. תולעי אדמה יכולות "להעיר" חיידקים על ידי הפיכת חומר אורגני, מים ואוויר לזמינים יותר. ההשפעה הזו אפילו חזקה יותר עבור חיידקים שחיים במעיים של תולעי אדמה (איור 2). במעיים, חומר אורגני ואדמה מתערבבים באופן מושלם בסביבה שרוויה במים. זהו גן עדן עבור חיידקים שמייצרים חמצן דו-חנקני [4]. מאחר שתולעי אדמה ממריצות חיידקים שמייצרים פחמן דו-חמצני וחמצן דו-חנקני, הדבר גרם לנו לתהות אם הן גורמות להגדלה של פליטות גזי חממה, או להקטנתן.

חקירת השפעתן של תולעי אדמה על פליטות גזי חממה

במטרה לחקור כיצד תולעי אדמה משפיעות על חיידקים ועל גזי החממה שהם מייצרים, מדענים יכולים לבצע ניסויים. בסוג אחד של ניסוי מעבדה, מדענים משתמשים בעציצים מלאים באדמה שנופתה מאבנים, מבעלי החיים שבה ומשורשים. לאחר מכן, מוסיפים תולעי אדמה, בדרך כלל כמה פרטים מאותו המין בכמות שקרובה לזו שבה הן נמצאות בטבע. חלק מהעציצים נשמרים ללא תולעי אדמה, כקבוצת ביקורת. בשלב הבא, מודדים את פליטות גזי חממה בפני השטח של האדמה ואת כמות החיידקים בעציצים, כדי לבדוק אם פליטות גזי החממה גדולות יותר בנוכחות תולעי אדמה או בהיעדרן.

שיטה אחרת שמדענים משתמשים בה היא מדידת גזי חממה בטבע. במקרה זה, תאי ניסוי גליליים מוכנסים לתוך האדמה במטרה למדוד גזים כמו פחמן דו-חמצני וחמצן דו-חנקני (איור 3). תולעי האדמה שבקרקע גם נחקרות, כדי שמדענים יוכלו לנסות לקשר בין פליטות גזי חממה לשכיחות מיני תולעי האדמה שנוכחים, ולכמותם. מדענים יכולים למדוד גם מאפיינים אחרים של האדמה, שחשובים לפעילות חיידקית, לרבות תכולת מים, זמינות של חומר אורגני חומר אורגני ומידת חומציות (pH).

חמצן

(Oxygen)

גז שמרכיב 21% מהאוויר שאנו נושמים. צמחים מייצרים חמצן מפחמן דו-חמצני, מים ואור שמש בעוד שבעלי חיים משתמשים בחמצן כדי לייצר פחמן דו-חמצני.

פחמן דו-חמצני

(Carbon dioxide)

גז חסר צבע שמורכב מאטום אחד של פחמן ומשני אטומים של חמצן. מאז 1850 הריכוז האטמוספרי שלו עלה מ-0.028% ל-0.042%, מה שהוביל לעלייה של מעלת צלזיוס אחת בטמפרטורה הגלובלית.

חמצן דו-חנקני

(Nitrous oxide)

גז חסר צבע שמורכב משני אטומי חנקן ומאטום חמצן אחד. הוא נמצא בריכוזים נמוכים מאוד, אך מולקולה אחת של גז זה מחממת את האטמוספירה באותה המידה כמו 270 מולקולות של פחמן דו-חמצני.

גזי חממה

(Greenhouse gases)

גזים שסופגים אנרגיית שמש ופולטים אותה, ובכך גורמים לאפקט החממה, כלומר להתחממות של האטמוספירה.

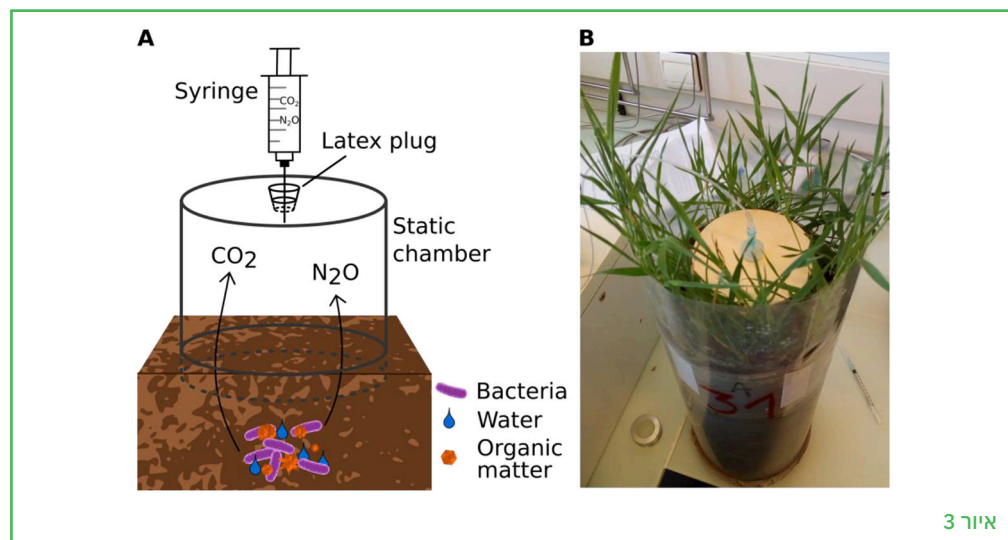
מידת חומציות

(pH)

בכימיה, זהו מדד אשר משמש לציון החומציות או הבסיסיות של תמיסה נוזלית. לתמיסות חומציות יש ערכי חומציות נמוכים יותר מתמיסות בסיסיות או אלקליות.

איור 3

ניסוי למדידת גזי חממה (A)
 תא ניסויי יכול לשמש למדידת פליטות גזי חממה בסביבה טבעית. גזים שמיוצרים על ידי חיידקים (Bacteria) נצברים בתא אטום (static chamber), ולאחר מכן נדגמים באמצעות מזרק (Syringe) דרך פקק לטקס (Latex plug) במטרה למדוד את רמות הפחמן הדו-חנקני (CO₂) והחמצן הדו-חנקני (N₂O). **(B)** דוגמה לתא ניסוי שממוקם על פני השטח של האדמה בעציץ הניסוי, עם תולעי אדמה וצמחים.
 קרדיטים: Pierre Ganault.



איור 3

דרך נוספת לחקור את ההשפעה של תולעי אדמה על פליטות של גזי חממה היא לרכז מידע מכל המחקרים הקיימים. בשיטה זו נמצא שבממוצע תולעי אדמה מגדילות את פליטות הפחמן הדו-חמצני ב-33%, ואת פליטות החמצן הדו-חנקני ב-42% [5]. נדמה שזה מלמד כי למרות שתולעי אדמה מועילות לבריאות האדמה, הן גם יכולות להיות מזיקות לסביבה מאחר שהן מגבירות את הפעילות החיידקית ואת פליטות גזי החממה שנובעות ממנה.

מגבלותיהם של הניסויים

נראה כי קיבלנו מסקנות סותרות, מצד אחד נראה כי תולעי אדמה משפרות את בריאות האדמה, אך מצד שני נדמה שהן מגבירות את פליטות גזי החממה. לכן, לפני שנגיע למסקנות חותכות, חשוב לציין שלכל הניסויים שתיארנו ישנן מגבלות שמקשות עלינו להיות בטוחים לגמרי בתפקיד שתולעי אדמה ממלאות בפליטות גזי חממה. האינטראקציות בין תולעים, חיידקים, אדמה, צמחים ומים שמביאות לפליטות גזי חממה, הן מורכבות להפליא. הגורמים האלה משתנים במידה רבה בסביבה הטבעית, וקשה מאוד לשחזר אותם במדויק בניסויים מדעיים בתנאי מעבדה.

הגורם החשוב הראשון שמגביל את הבנתנו לגבי התפקיד של תולעי אדמה בפליטות גזי חממה הוא המגוון הגדול של תכונות אדמה, כמו למשל תכולת חול. מרבית תולעי האדמה מעדיפות אדמות עם תכולת חול נמוכה מאחר שאדמות חוליות מתייבשות מהר יותר, וגרגרי חול עשויים להציק לעורן. תכונה נוספת היא למשל מדד החומציות של האדמה. מדד זה משפיע מאוד על תולעי אדמה, ומרביתן אינן יכולות לשרוד עם מדד חומציות שקטן מ-4.5. יהיה קשה במיוחד ליצור עציצים עבור אלפי סוגי האדמות השונים שקיימים בטבע, ולכן הידע שלנו מוגבל כרגע לסוגים שכיחים של אדמה.

המגבלה השנייה היא שמעט מאוד מחקרים כוללים צמחים בניסויים. צמחים סופגים מים וחומרי מזון באמצעות שורשיהם, מה שמקטין את זמינות המים וחומרי המזון עבור תולעי אדמה וחיידקים. אולם, צמחים וחיידקים גם מסייעים זה לזה. שורשי צמחים מייצרים סוכר באדמה, שאותו חיידקים יכולים לאכול בתמורה לסיפוק המינרלים שהצמחים צריכים. לרוע

המזל, קשה מאוד להעמיד ניסוי שיוכל לבחון את כל האינטראקציות האפשריות, החיוביות והשליליות, שמתרחשות באותו הזמן באדמה.

המגבלה השלישית היא שמרבית המחקרים שמרו על כמות קבועה של מים באדמה. זה נעשה במטרה לְמַטֵּב את פעילות תולעי האדמה. בטבע, אדמות כל הזמן מתייבשות ומתלחלות מחדש על ידי הגשם. אם האדמה נעשית יבשה מדי, תולעי אדמה עשויות להיות בלתי פעילות לחלוטין. המשמעות היא שניסויים שבהם לאדמה יש תכולת מים קבועה עשויים להעריך בעודף את ההשפעות השליליות של תולעי אדמה על פליטות גזי חממה. בניסוי מעבדה שבו מדענים השתמשו במחזורי ייבוש-לחלוח הנאמנים יותר למציאות, נמצא כי נוכחותן של תולעי אדמה הפחיתה פליטות של חמצן דו-חנקני [6]. המדענים סברו כי מחילות תולעי האדמה הגדילו את זרימת המים לשכבות אדמה עמוקות יותר ואווררו את האדמה, מה שהאיץ את ייבוש האדמה והפחית את פעילות החיידקים. חשוב מאוד לחקור את ההשפעות של מחזורי הייבוש-לחלוח, במיוחד מאחר שמחזורים אלה צפויים להיות תכופים וקיצוניים יותר בשל שינויי האקלים המתמשכים.

שינויי אקלים – אל תאשימו את תולעי האדמה

במאמר זה הסברנו עד כמה מורכב לחקור פליטות של גזי חממה מהאדמה. תולעי אדמה משנות את שכיחות החומר האורגני ואת זמינותם של מים ושל אוויר באדמה. כל אלה משנים את הפעילות של חיידקים באדמה. אולם, חיידקים באדמה תלויים גם בתכונות של האדמה, במחזורי ייבוש-לחלוח ובצמחים שגדלים שם. כיום, עדיין אין בידינו מספיק מחקרים עם ניסויים מְדֻמְי-מציאות כדי שנוכל להבין את תפקידן האמיתי של תולעי אדמה בפליטות גזי חממה. מצד אחר, פעילויות אנושיות, ובפרט חקלאות, מייצרות כמויות גדולות של גזי חממה, ואנו נדרשים להמשיך לחשוב על דרכים חדשניות לשיפור בריאותם של כדור הארץ ושל כל היצורים החיים.

הודות

המחברים מודים לסוקרים הצעירים עבור עבודתם, אשר שיפרה את כתב היד, וכן לְמַאָגֵד TEBIS ולארגונים בלתי ממשלתיים שונים, כגון CARABES (<https://assocarabes.com>) שאיתם המחברים פועלים במטרה להגביר מודעות אזרחית ולעודד הגנה על אדמות ועל המגוון הביולוגי שלהן. המחברים מודים גם ל-Morgane Arietta Ganault על איכותם של האיורים המפורטים. (www.lesbullesdemo.fr)

מקורות

1. Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J. L., et al. 2016. *Global Soil Diversity Atlas*. Luxembourg: European Union. Available online at: http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf (accessed April 28, 2020).

2. Bottinelli, N., Hedde, M., Jouquet, P., and Capowiez, Y. 2020. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché's triangle revisited. *Geoderma* 372:114361. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114361
3. Capowiez, Y., Bottinelli, N., Sammartino, S., Michel, E., and Jouquet, P. 2015. Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae). *Biol. Fertil. Soils* 51:869–77. doi: 10.1007/s00374-015-1036-x
4. Drake, H. L., and Horn, M. A. 2006. Earthworms as a transient heaven for terrestrial denitrifying microbes: a review. *Eng. Life Sci.* 6:261–5. doi: 10.1002/elsc.200620126
5. Lubbers, I. M., van Groenigen, K. J., Fonte, S. J., Six, J., Brussaard, L., and van Groenigen, J. W. 2013. Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nat. Clim. Change* 3:187–94. doi: 10.1038/nclimate1692
6. Chen, C., Whalen, J. K., and Guo, X. 2014. Earthworms reduce soil nitrous oxide emissions during drying and rewetting cycles. *Soil Biol. Biochem.* 68:117–24. doi: 10.1016/j.soilbio.2013.09.020

פורסם אונליין: 05 במאי 2023

נערך על ידי: Malte Jochum

מנחה מדעי: M. Nils Peterson

ציטוט: Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G and Capowiez Y (2023) תולעי אדמה ותפקידן בפליטות גזי חממה. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.562583-he

תורגם והותאם מ: Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G and Capowiez Y (2021) Earthworms and Their Role in Greenhouse Gas Emissions. *Front. Young Minds* 9:562583. doi: 10.3389/frym.2021.562583

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

COPYRIGHT © 2021 © Ganault, Delmotte, Duhamet, Lextrait and Capowiez 2023. 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 למחבר(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

GWEN, גיל: 13

היי, שמי ג'ון, אני גרה בארצות הברית, מנגנת בפסנתר ומשחקת כדורעף. בדיוק סיימתי את כיתה ז', והנושאים האהובים עליי הם מדע, מתמטיקה, אומנות וספרדית. אני אוהבת לקרוא, במיוחד נובלות וסדרות של מדע בדיוני (אני גם מעריצה גדולה של הארי פוטר). מתרגשת מאוד לעבוד עם פרונטירז – מדע לצעירים!



הכותבים

**PIERRE GANAULT**

בכל הליכה בטבע, איני יכול להימנע מלהפוך בולי עץ ואבנים, או לפשפש בעלים מתים כדי לראות אילו בעלי חיים נפלאים אוכל למצוא שם. הסקרנות הזו הובילה אותי לחקור מגוון ביולוגי של אדמה, ולעשות דוקטורט על ההשפעה של ערבוב מיני עצים על חסרי חוליות באדמה, ועל התפקיד של בעלי החיים האלה עבור תהליכים באדמה. כמו כן אני עובד עם ארגונים במטרה לְגַשֵּׁר על הפער בין מדענים לאזרחים, כך שנוכל לעבוד כולם יחד כדי לחקור את היצורים שחיים באדמה, להבינם טוב יותר ולהגן עליהם.

*pierre.ganault@gmail.com

**SACHA DELMOTTE**

תשוקתי לטבע, לבני אדם, למדע ולהעברת ידע הובילו אותי ללימודים אקדמיים של שבע שנים בתחומי אקולוגיה, ביולוגיה וגיאולוגיה. אני גם אֶנְיֶמְטוֹר ב-plains of nature עבור קהלים של בני 3 עד 18 שנים, ומטרתי לעורר בהם סקרנות לדברים שמרתקים אותי.

**AGNÈS DUHAMET**

אֶנְגֵס היא דוקטורנטית לביולוגיה ימית. היא השלימה את התואר הראשון שלה בביולוגיה באוניברסיטת אביניון, ואת התואר השני שלה באקולוגיה וביולוגיה אבולוציונית באוניברסיטת מונפלייה. יש לה תשוקה לטבע, והיא אוהבת להעביר ידע שקשור במדעי הטבע.

**GAËLLE LEXTRAIT**

תמיד הייתה לי תשוקה למיקרואורגניזמים, בין אם פתולוגיים או שיתופיים. פניתי לאינטרקציות בין בעלי חיים קטנים שחיים באדמות (חרקים) לבין הצִנְתָּאִים (סימְבִּיּוֹנְטִים) שלהם. כיום אני דוקטורנטית למיקרוביולוגיה ב-CNRS ב-Gif-sur-Yvette (אוניברסיטת פריז-סקליי), שם אני ממשיכה את תצפיותי על האינטראקציות הסימביוטיות בין תריסיתיים (stinkbugs) לבין החיידקים הסימביוטיים שלהם.

**YVAN CAPOWIEZ**

אִיוֹן קְפוֹוִיֵז הוא מדען חוקר ראשי במכון האגרונומיה הצרפתי (INRAE), אביניון, צרפת. המחקר שלו מתמקד באקולוגיה של תולעי אדמה ובהתנהגותן. יש לו ניסיון רחב בחקירת האופן שבו תולעי אדמה חופרות באדמה, וכיצד המחילות שנוצרות בעקבות כך ישפיעו על תפקודי אדמה חשובים, כמו תעבורת מים והטמנת חומר אורגני.

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