



חיפושיות זבל מסייעות לשמור על בריאות מערכות אקולוגיות

Paul Manning^{1*}, Xin Rui Ong² | Eleanor M. Slade²

¹הפקולטה לחקלאות, אוניברסיטת דלהוסי, טרורו, נובה סקוטיה, קנדה
²בית הספר האיטי לסיביבה, האוניברסיטה הטכנולוגית של נניאנג, סינגפור, סינגפור

סוקרים צעירים

FDR-HB_PERU
IGEM TEAM

גיל: 14-17



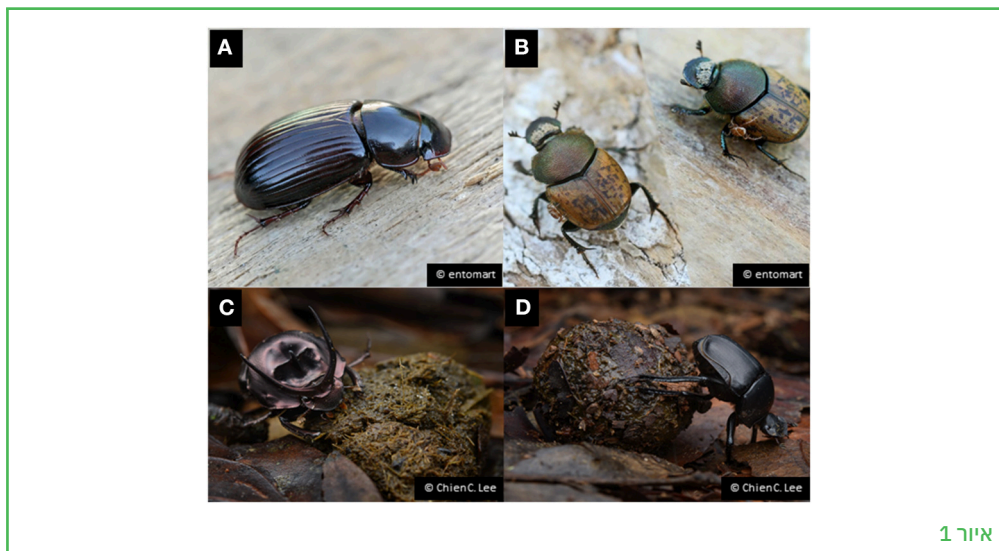
חיפושיות זבל הן קבוצת חרקים שמשתמשים בעיקר בגללים (צואה) של יונקים להזנה ולקינוח. חיפושיות אלה תורמות לפירוק גללים באדמה ולמחזור, מה שמאפשר לחומרי המזון שבהם לעבור תהליך מחזורי דרך המערכת האקולוגית. חיפושיות זבל מספקות תועלות רבות לבריאות ולתפקוד הן של מערכות אקולוגיות טבעיות הן לכאלה ששוננו על ידי בני אדם. עם תועלות אלה נמנות למשל הפצת זרעים; הפחתת טפילים בקרב הבהמות שהאדם מגדל וקידום גדילת צמחים. במאמר זה, נחקור את היסטוריית החיים הבסיסית של חיפושיות זבל. לאחר מכן, נחפור מעט יותר לעומק ונסקור את חשיבותם של חרקים אלה ביערות טרופיים ובמערכות אקולוגיות חקלאיות.

על אודות חיפושיות זבל

רבים מכם הקוראים ודאי מכירים חיפושיות זבל מסרטים תיעודיים על הטבע. המראָה של חיפושית מגלגלת במימנות כדור זבל (צואת חיות), נחרת בזיכרון. ייתכן שתופתעו ללמוד כי חיפושיות זבל נמצאות ברוב העולם (איור 1A-D) – בכל היבשות פרט לאנטרקטיקה!

איור 1

דוגמאות לחיפושיות זבל בסביבות מתונות וטרופיות.
 (A) חיפושית ה-dweller מסוג *Aphodius rufipes* היא מין פעיל בלילה שנמצא בשכיחות גבוהה במערכות אקולוגיות חקלאיות. מהווה מקור מזון חשוב לעטלפים.
 (B) מין חיפושית מסוג tunneller בשם *Onthophagus coenobita* נמצא במערכות אקולוגיות חקלאיות, ולעיתים קרובות נושא קרדיות קטנות שמשמשות בחיפושיות זבל כדי שיעבירו אותן בין פיסות גללים.
 (C) *Proagoderus* watanabei זכר מסוג tunneller שנמצא בסֶבָה, מלזיה, ניזון מגללים.
 (D) *Paragymnopleurus maurus*, מין מסוג roller שנמצא בסֶבָה, מלזיה, דוחף כדור צואת בעלי חיים אל מקום בטוח באמצעות רגליו האחוריות.



איור 1

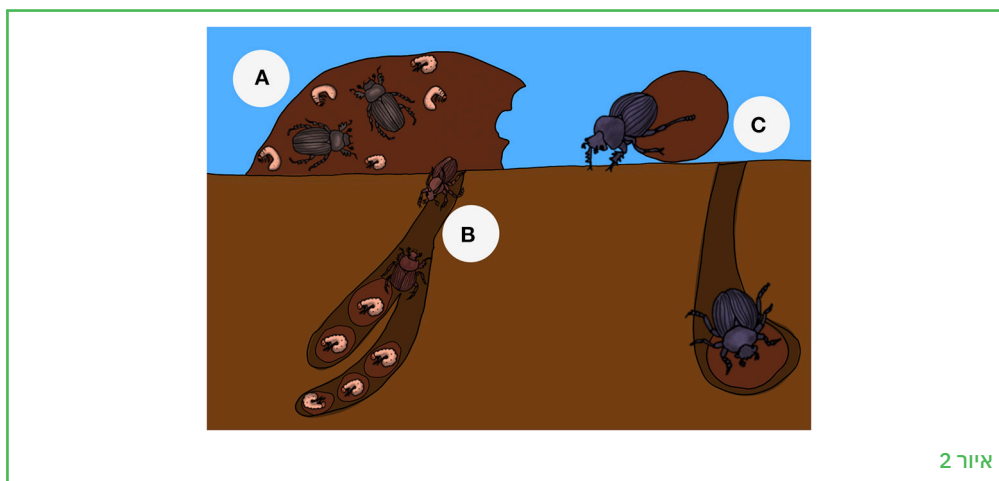
קבוצת החיפושיות הזו נקראת על שם הַרְגֵלֵן להשתמש בצואת יונקים עבור מזון וקינן. אך חלק ממיני חיפושיות הזבל מעדיפים בשר נרקב; פטריות; פירות ואפילו מרבי רגליים ונמלים מתים! כמו כל החיפושיות, לחיפושיות זבל יש שתי מערכות של כנפיים: זוג פנימי גמיש לתעופה, וזוג חיצוני קשיח שמשמש כמגן. לכל חיפושיות הזבל יש אנטנה שמתרחבת בקצוות לצורת תלתן, ולזכרים של חלק מהמינים יש שקניים מרשימות שהם משתמשים בהן כשהם נלחמים על נקבות (איור 1C). ישנם יותר מ-7,000 מינים שונים של חיפושיות זבל, ומינים חדשים מתגלים בכל שנה.

סיווג חיפושיות זבל

ניתן לסווג חיפושיות זבל לשלוש קבוצות עיקריות, בהתבסס על הרגלי התזונה והקינן שלהן (איור 2). הקבוצה הראשונה הן חיפושיות הזבל מסוג dweller. חיפושיות אלה מגיעות לערימה של גללים ומשכנות בה במהרה. שם, הן מזדווגות ומטילות ביצים. לאחר בקיעתן, הזחלים (שהם הצורה הלא בוגרת של חיפושיות) מבליים את התפתחותם בהזנה בתוך ערימת הגללים שמשמשת עבורם כבית וכמקור מזון (איור 2A). הקבוצה

איור 2

שלוש אסטרטגיות קינן שונות שחיפושיות זבל משתמשות בהן.
 (A) חיפושיות ה-dweller מטילות ביצים ישירות לתוך הגללים, שם הזחלים מבליים את כל התפתחותם.
 (B) חיפושיות ה-tunneller חופרות מנהרות באדמה, שם הן יוצרות כדורי גללים קטנים שידועים בתור brood balls. הנקבות מטילות ביצים בכדורי ה-brood balls האלה, שם הזחלים יזנו.
 (C) חיפושיות זבל מסוג roller מפסלות כדור גללים ומגלגלות אותו הלאה למקום בטוח, לפני שהן קוברות אותו באדמה ומטילות ביצים.



איור 2

השנייה הן חיפושיות מסוג tunnellers. נקבות tunneller מגיעות לגללים ומתחילות לחפור מנהרה באדמה. הן גוררות פיסות קטנות של גללים לתוך המנהרה, ויוצרות מהחתיכות גושים שנקראים brood balls. אז הזכרים מתחרים על הנקבה ועל המנהרה שלה, שעליה הם מגינים עד שהנקבה מזדווגת ומטילה את הביצים שלה בגללים (איור 2B). הקבוצה השלישית הן חיפושיות ה-rollers. זכר מגיע לגללים ומפסל אותם לצורת כדור באמצעות רגליו האחוריות. אם הכדור לטעמה של הנקבה, הוא מגלגל אותו הלאה ומתחיל לקבור את הגללים באדמה. כאשר הוא קבור, הנקבה מטילה ביצים בתוך הכדור והזחלים ניזונים מכדור הגללים לכל אורך התפתחותם-בטוחים ומוגנים באדמה (איור 2C).

לא משנה באיזו שיטה חיפושית הזבל משתמשת עבור הזנה וקינן, פעילויותיה מוסיפות **חומר אורגני** לאדמה, ומערבבות אותו. זה חשוב במיוחד עבור חיות אדמה אחרות ומיקרואורגניזמים נוספים שחיים באדמה, ומספק תוספת של חומרי מזון לשורשי צמחים.

חיפושיות זבל במערכות אקולוגיות של יערות טרופיים

חיפושיות זבל יוצרות רשתות יחסי גומלין עם היונקים אשר מצואתם הן ניזונות. הן יונקים הן חיפושיות זבל מקיימים אינטראקציות עם צמחי הפרי שאת זרעיהם מפצים היונקים וחיפושיות הזבל בצואתם (איור 3A). אולם, אם חלק מהיונקים נכחדים, הדבר עשוי להשפיע על חיפושיות הזבל שניזונות מצואתם, ועל התפוצה של צמחים שאת זרעיהם הן מסייעות להפיץ [1] (איור 3B). חקרנו את יחסי הגומלין בין יונקים לבין חיפושיות זבל ביערות טרופיים בברזיל, בסינגפור ובמלזיה. יערות אלה איבדו **מגוון ביולוגי** עקב **פְּרִגְמֶנְטַצְיָה** (חלוקה) וציד. השערות הייתה כי ככל שהיערות יפְּרָעו יותר, ויחולקו לחלקות קטנות יותר, מספר מיני היונקים ירד, ונראה גם פחות חיפושיות זבל. צפינו כי האינטראקציות המורכבות בין יונקים, חיפושיות זבל וצמחי פרי תהיינה פשוטות יותר באזורים מופרעים ובחלקות יער מבודדות, בהשוואה ליער הטרופי הגדול והבריא.

מהלך המחקר שערכנו

כדי לבחון את התחזית שלנו, הצבנו מלכודות עם פיתיון של צואת יונקים שונים בסביבות מחיה שנעות מיערות ועד למטעי שמן דקלים. בָּחַנו אזורים נרחבים של יער מתמשך לצד חלקות יער קטנות. לאחר מכן ספרנו את החיפושיות שנמשכו לכל סוג של גללים בכל סביבת מחיה, וזיהינו אותן. מצאנו כי רשתות יחסי גומלין חיפושית זבל-יונק ביערות טרופיים היו יחסית **עמידות**, כלומר לא השתנו הרבה בתגובה לכריתת עצים ולפרגמנטציה. אנו סבורים כי הדבר נובע מכך שחיפושיות זבל אינן בררניות מאוד לגבי סוג הצואה שהן אוכלות. בעוד שלחיפושיות רבות יש סוג מזון מועדף, אחדות מתמחות רק בסוג צואה יחיד. לפיכך, אם אחד המינים נאבד מהאזור, מְרָבִית חיפושיות הזבל יכולות פשוט להחליפו בצואה של מין יונק אחר בארוחתן הבאה (איור 3B). גילינו כי חלק מחיפושיות הזבל אפילו ניזונות מצואת נחש פִּיתוֹן! אולם, אף על פי שרשתות אינטראקציות היו עמידות בסביבות מחיה מופרעות באופן מתון, מצאנו כי באתרים מופרעים מאוד, כמו למשל מטעי שמן דקלים וחלקות יער קטנות מבודדות, הרשתות נעשו פשוטות יותר, עם פחות מיני חיפושיות זבל ופחות אינטראקציות בין חיפושיות ליונקים [2] (איור 3C).

חומר אורגני (Organic matter)

תרכובות שהגיעו משאריות של אורגניזמים מתים, כמו למשל צמחים, פטריות וחיות.

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

מגוון החיים על כדור הארץ.

פְּרִגְמֶנְטַצְיָה (Fragmentation)

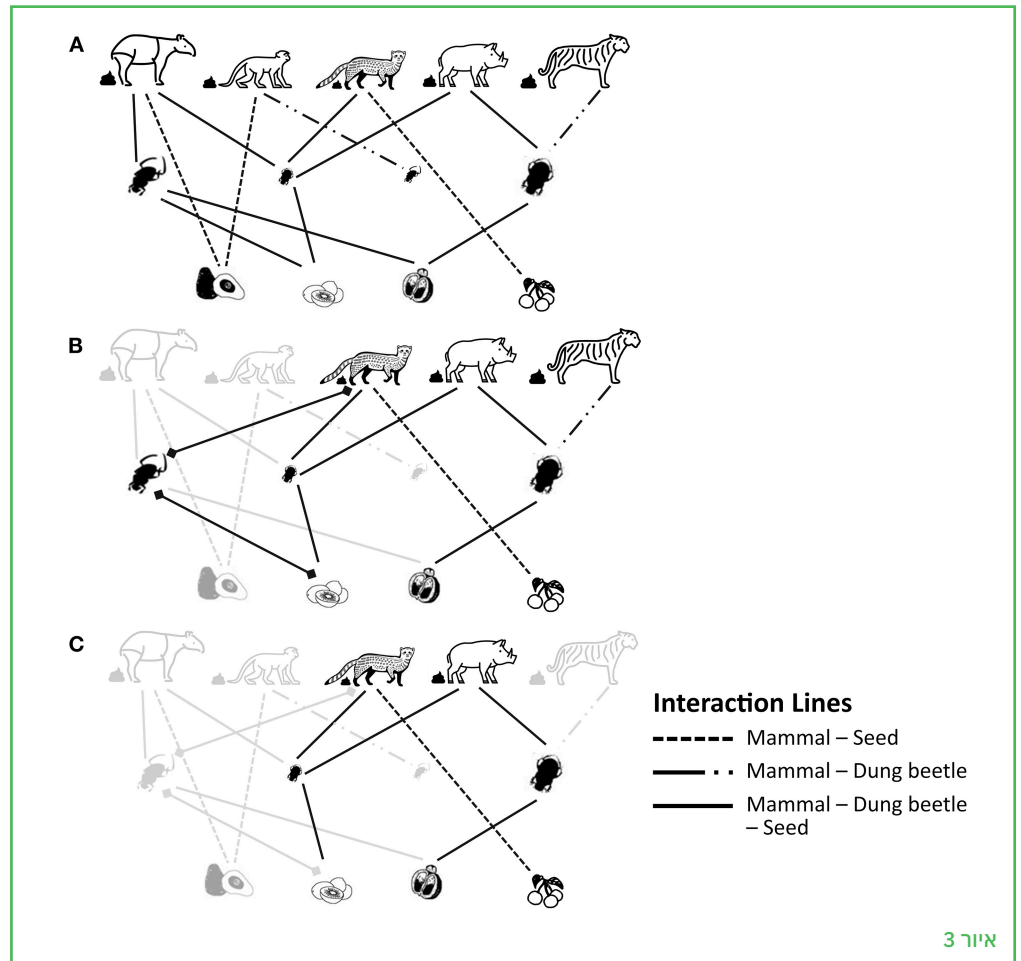
תהליך של חלוקה לחלקים קטנים יותר.

עמיד (Resilient)

מסוגל להתמודד עם שינויים בסביבה.

איור 3

אינטראקציות מופשטות בין יונקים, חיפושיות זבל וזרעים במערכות אקולוגיות שונות. במערכת אקולוגית לא מופרעת; (A) מערכת אקולוגית מופרעת; (B) מחולקת במידה מתונה, ו-(C) מערכת אקולוגית מופרעת או מחולקת במידה רבה. אובדן של מינים ואינטראקציות מוצג באפור. שלושה סוגי אינטראקציות אפשריות: (1) יונק-זרע (- - - -) רק; (2) יונק-חיפושית זבל (- - - -) רק; (3) יונק-חיפושית זבל-זרע (- - - -) רק. חיפושיות זבל מפיצים זרעים. במערכת אקולוגית מופרעת או מחולקת באופן מתון (B), חיפושיות זבל יכולות להחליף את העדפות ההזנה שלהן לסוג אחר של צואת בעלי חיים. דבר זה אינו מתרחש במערכות אקולוגיות מופרעות או מחולקות במידה רבה (C), ולכן החיפושיות והאינטראקציות שלהן הולכות לאיבוד.



איור 3

שימוש במלכודות עם פיתיון צואת יונקים כדי ללכוד חיפושיות זבל מלמד אותנו רק אם חיפושיות נמשכות לצואת יונקים, אך לא אם החיפושיות האלה אכן ניזונות מאותו סוג צואה. יכולנו להניח פיתיונות רק מצואת יונקים שיכולנו למצוא בקלות, כמו של חיות המתגוררות בגני חיות. למרבה המזל, שיטות המעבדה שלנו מאפשרות לנו לדעת בדיוק מאיזו צואת יונקים החיפושיות ניזונו. בעבודתנו הנוכחית, אנו חותכים את המעייים של חיפושיות במטרה לנתח את החומר הגנטי של תכולת מעייהן. שיטה זו מאפשרת לנו לזהות מאיזו צואת יונקים החיפושיות ניזונו לפני שנתפסו. אנו מקווים כי כלי זה יאפשר לנו לתעד רשתות שלמות יותר, לרבות מיני יונקים נדירים או מורכבים לחקירה, ואת האינטראקציות בין יונקים לבין חיפושיות זבל שחיות בקפץ היער.

חיפושיות זבל במערכות אקולוגיות חקלאיות

חיפושיות זבל הן חברות חשובות במערכות אקולוגיות חקלאיות, וחוקרים רבים סקרו כיצד הן תומכות בייצור מזון [3]. לדוגמה, זבובים שעוקצים פרות וחיות משק אחרות ומפריעים להן, מטילים את ביציהם בצואת בעלי החיים, וזחלי הזבוב הלא בוגרים ניזונים ממנה כשהם בוקעים. חיפושיות זבל מסייעות לשמור על חיות משק כמו כבשים, פרות וסוסים בריאות יותר על ידי קבירת צואתן, כך שאינה זמינה להתרבות זבובים.

מערכת אקולוגית (Ecosystem)

קבוצה של חיות; צמחים; חיידקים ופטריית שחיה במיקום מסוים עם רכיבים לא חיים של אותה הסביבה.

נְמַטוֹדוֹת (Nematodes)

קבוצת תולעים, שידועות גם כתולעים עגולות, אשר נמצאת באדמה ובסביבות ימיות שעשויות להיות טפיליות, בצמחים ובחיות.

חיפושיות זבל מסייעות גם להפחית זיהומים טפיליים בקרב חיות משק. נְמַטוֹדוֹת טפיליות, שהן תולעים זעירות, נאכלות על ידי חיות שמלככות בשדות מרעה. הנמטודות מתרבות בתוך החיות, וביצי הנמטודות מופרשות בצואת בעלי החיים. כשהביצים בוקעות, הזחלים מְהַגְרִים לדשא ונאכלים על ידי חיות מְלַכְכוֹת, כמו פרות או כבשים, מה שמגדיל את אחוזי הזיהום במהרה. כאשר חיפושיות זבל חופרות מנהרות בצואה, הן גורמות לה להתייבש. זה הורג את הביצים, ומפחית את מספר הנמטודות הטפיליות בשדה המרעה, מה שמפחית את כמות החיות שנדבקות בזיהום. פעולת התיעול תורמת גם לערבוב האדמה ולמחזור, אשר מסייעים לתנועת חומרי מזון דרך האדמה כך שיוכלו להיות זמינים לצמחים. מאחר שחיפושיות זבל הן קטנות יחסית ולעיתים קרובות סודיות, חקלאים רבים עשויים אפילו שלא לזהות כי הן גרות בחוותיהם. למרות גודלן הקטן, חיפושיות זבל חוסכות לתעשיית הבקר בבריטניה בלבד כ-367 מיליון פאונד בשנה [4]!

חיפושיות זבל רגישות לאופן שבו שדות מרעה מנוהלים. באחד המחקרים, מדענים אספו חיפושיות מסדרה של חוות בקר באירלנד [5]. הם השוו חוות רגילות שהשתמשו במדשנים ובקוטלי חרקים מלאכותיים לחוות מנוהלות אורגנית, שלא השתמשו בתכשירים אלה. החוקרים מצאו כי בחוות אורגניות היה עושר גדול יותר של חיפושיות זבל, ומינים רבים יותר של חיפושיות מאשר בחוות הרגילות. לאחר מכן גילינו כי נוכחות של מיני חיפושיות רבים יותר מגבירה את גדילת הצמחים, אך אינה תורמת לשיפור מספר כיסי האוויר באדמה [6].

חומרים נגד טפילים (Parasiticides)

תרופות וחומרים כימיים שניתנים לבעלי חיים כדי להרוג את הטפילים שלהם.

חומרים נגד טפילים מהווים אף הם איום חמור על חיפושיות זבל שגרות במערכות אקולוגיות חקלאיות. כימיקלים אלה ניתנים לחיות משק במטרה להגן עליהן מפני טפילים, כמו למשל קרציות, פרעושים ונמטודות. טפילים פוגעים בחיות על ידי כך שהם ניזונים מדמן, ולעיתים מעבירים מחלות. חומרים נגד טפילים לרוב מופרשים בצואתה של החיה, כך שאותם הכימיקלים שהורגים טפילים עשויים להשפיע גם על חיפושיות הזבל כשהן ניזונות מהצואה. לצערנו, גילינו כי חומרים נגד טפילים שלעיתים קרובות משמשים לטיפול בחיות משק עלולים להרוג חיפושיות זבל, או למנוע מהן להתרבות. זה פוגע בבריאותן של חיפושיות הזבל ובמספרן, ומפחית את כמות הצואה שהן קוברות [6]. חקלאים יכולים לסייע להגן על חיפושיות הזבל שלהם בכמה דרכים: על ידי הפחתת השימוש בחומרים נגד טפילים; טיפול בחיות עם מספר הטפילים הגבוה ביותר בלבד, או בחירת טיפולים שהם פחות רעילים עבור חיפושיות זבל.

חיפושית הזבל המרתקת ויקרת הערך

כפי שאפשר להתרשם, חיפושיות זבל הן יקרות ערך. כעת אתם יודעים כי יש להן מגוון תפקידים אקולוגיים חשובים בטבע ובמערכות אקולוגיות חקלאיות, והן יכולות לסייע לנו להבין עוד על בריאות מערכות אקולוגיות. לדוגמה, מאחר שחיפושיות זבל מקושרות ליונקים, אם נבחין בכך שחלק ממיני חיפושיות הזבל נעלמים מיערותינו, זה יציע כי ייתכן שיונקים ביערות נעלמים אף הם. אדמות וצמחים בריאים זקוקים לחומרי מזון, אשר חיפושיות וחיות אדמה אחרות מסייעות לספק. היעלמותן של חיפושיות זבל ושל חיות אדמה אחרות כתוצאה מהפרעות כימיות וסביבתיות עלולה להוביל לכך שאדמותינו תהיינה לא פוריות, והזרעים של צמחים רבים לא יופצו או יגדלו. מגוון ההתנהגויות השונות שחיפושיות זבל מפגינות הציבו אותן באור הזרקורים של כמה מחקרים התנהגותיים מרתקים.

הממצאים כללו חיפושיות שמנווטות באמצעות שביל החלב, ואחרות שמפיצות זרעים של צמח שתעתע בהן על ידי כך שהתפתח להיראות כמו צואת אנטילופה, ולהריח כמוהה!

שָׁמְרוּ עַל עֵין פְּקוּחָה עֲבוּר הַיְצוּרִים הַמֵּרְתָּקִים הָאֵלֶּה בְּכָל מְקוֹם שֶׁבּו אִתֶּם נִמְצָאִים. לְעוֹלָם אֵין לְדַעַת אֵילוֹ תְּגִלּוֹת אִתֶּם עֲשׂוּיִים לְגִלּוֹת!

תודות

אנו מודים ל-Chien C. Lee על שאֶפְשֵׁר לָנוּ לְהִשְׁתַּמֵּשׁ בְּתִמוֹנוֹת שֶׁצִּילַם שֶׁל חִיפּוּשִׁיּוֹת זָבֵל שֶׁצִּלְמָו בְּסֻבָּה, מְלִזְיָה-נִיתָן לְמִצּוֹא אֶת צִלּוּמֵי ב-www.chienlee.com.

מקורות

1. Raine, E. H., and Slade, E. M. 2019. Dung beetle–mammal associations: methods, research trends and future directions. *Proc. R. Soc. B* 286:20182002. doi: 10.1098/rspb.2018.2002
2. Ong, X. R., Slade, E. M., and Lim, M. L. M. 2020. Dung beetle-megafauna trophic networks in Singapore's fragmented forests. *Biotropica* 52:818–24. doi: 10.1111/btp.12840
3. Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., Favila, M., et al. 2008. Ecological functions and ecosystem services of Scarabaeinae dung beetles. *Biol. Conserv.* 141:1461–74. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.011
4. Beynon, S. A., Wainwright, W. A., and Christie, M. 2015. The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the UK cattle industry. *Ecol. Entomol.* 40:124–35. doi: 10.1111/een.12240
5. Hutton, S. A., and Giller, P. S. 2003. The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *J. Appl. Ecol.* 40:994–1007. doi: 10.1111/j.1365-2664.2003.00863.x
6. Manning, P., Slade, E. M., Beynon, S. A., and Lewis, O. T. 2017. Effect of dung beetle species richness and chemical perturbation on multiple ecosystem functions. *Ecol. Entomol.* 42:577–86. doi: 10.1111/een.12421

פורסם אונליין: 15 בספטמבר 2023

נערך על ידי: Helen Phillips

מנחים מדעיים: Nina Freund Lear Markham

ציטוט: Manning P, Ong XR | Slade EM (2023) חיפושיות זבל מסייעות לשמור על בריאות מערכות אקולוגיות. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.583675-he

Manning P, Ong XR and Slade EM (2021) Dung Beetles Help Keep Ecosystems Healthy. *Front. Young Minds* 9:583675. doi: 10.3389/frym.2021.583675

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

זכויות יוצרים © 2021 © Manning, Ong | Slade 2023. 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

17-14 גיל, FDR-HB_PERU IGEM TEAM

אנו צוות של ביולוגיה סינתטית במסגרת ארגון international Genetically Engineered Machine (iGEM) בְּלִימָה, פְּרוּ. אנו צוות התיכון היחיד באמריקה הלטינית, גאים בעבודתנו ביצירת חישן לקדמיום באמצעות חיידקים. מרביתנו לומדים שפה שנייה, וטווח הגילים בקבוצתנו הוא 14-17 שנים. אנחנו אוהבים אורגניזמים שעברו שינוי גנטי (GMOs)!

הכותבים

PAUL MANNING

פאול הוא פוסט-דוקטורנט בפקולטה לחקלאות באוניברסיטת דלהוס. יש לו תואר ראשון בחקלאות מהקולג' החקלאי של נובה סקוטיה, ודוקטורט בזואולוגיה מאוניברסיטת אוקספורד. מאז 2013 הוא עובד על אקולוגיה וטוקסיקולוגיה של חיפושיות זבל. המחקר שלו מיועד להבין כיצד חֲבֵרוֹת חרקים תומכות בתפקודים של מערכת אקולוגית (כמו הירקבות צואה) במערכות אקולוגיות חקלאיות. פאול גם מתעניין בהעלאת המודעות וההערכה הציבוריות לחרקים באמצעות השתתפות בקבוצות קהילתיות; עבודה עם בני נוער ועריכת מחקר דרך מדע אזרחי השתתפותי. *paul.manning@dal.ca

XIN RUI ONG

שין רי היא דוקטורנטית בבית הספר האסייתי לסביבה באוניברסיטה הטכנולוגית של נייאנג. למדה לתואר ראשון במדעי החיים באוניברסיטה הלאומית של סינגפור, עם התמחות בביולוגיה סביבתית. שין רי התוודעה לראשונה לעולמן המרתק של חיפושיות זבל במהלך התואר הראשון שלה, וכיום היא חוקרת מגוון חיפושיות זבל ואת יחסי הגומלין שלהן עם חֲבֵרוֹת של יונקים בדרום-מזרח אסיה.

ELEANOR M. SLADE

אלינור היא עוזרת פרופסור בבית הספר האסייתי לסביבה. בעלת תואר ראשון בזואולוגיה מאוניברסיטת לידס; תואר שני באקולוגיה מאוניברסיטת אברדין ודוקטורט בזואולוגיה מאוניברסיטת אוקספורד. כאקולוגית, מחקרה מתמקד בשימור נופי היער הטרופי ומערכות חקלאות, ניהולם ושחזורם. אלינור



מתעניינת במיוחד בחסרי חוליות, ובמשך 17 שנים חקרה חיפושיות זבל ואת חשיבותן לבריאות מערכות אקולוגיות. כמו כן היא מתעניינת בשימוש במדע במטרה לסייע ליידע לגבי מדיניות ושיטות עבודה מומלצות בתעשיית שמן הדקלים.

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