



האם מגוון ביולוגי של חיות יכול לסייע לאקלים?

Mar Sobral^{1*}, Celia Arias-Vaquerizo², Kirsten M. Silvius^{3,4}, José M. V. Fragoso^{5,6}

¹תחום האקולוגיה, המחלקה לביולוגיה פונקציונלית, אוניברסיטת סנטיגו דה קומפוסטלה, סנטיגו דה קומפוסטלה, ספרד
²המחלקה לאדפולוגיה ולכימיה חקלאית, אוניברסיטת סנטיגו דה קומפוסטלה, סנטיגו דה קומפוסטלה, ספרד
³התוכניות האמריקאיות הבינלאומיות לשירותי יער, וושינגטון, די. סי. ארצות הברית
⁴המחלקה לשימור משאבי יער וסביבה, האוניברסיטה הטכנולוגית של וירג'יניה, בלקסבורג, וירג'יניה, ארצות הברית
⁵המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת IB בברזיליה, ברזיליה, ברזיל
⁶המכון למדעי מגוון ביולוגי וקיימות, אקדמיית קליפורניה למדעים, סן פרנסיסקו, קליפורניה, ארצות הברית

סוקר צעיר

THEODOR

גיל: 13



מאמר זה מראה שמספרם של מיני יונקים שונים והאינטראקציות ביניהם משפיעים על האופן שבו פחמן, יסוד חיוני לחיים, נע בין צמחים, בין חיות ובין הסביבה באמזונס. כאשר פחמן מאוחסן, הוא מסייע להאט את שינוי האקלים, מאחר שאותו הפחמן מוסר מהאטמוספירה. ידוע כי מגוון ביולוגי של צמחים משפיע על מחזור הפחמן, וחלק מהמדענים הציעו שהקשר הזה עשוי להיות נכון גם עבור חיות. יונקים והאינטראקציות ביניהם מגדילים את כמות הפחמן שמאוחסן באדמות ובעצים, אולם אוכלוסיות של חיות ברחבי העולם קטנות. עלינו לשקול את העובדה ששימור יונקים יגדיל את אחסון הפחמן באדמה ובעצים, וכפועל יוצא יסייע לנו להילחם בשינוי האקלים.

תנועת הפחמן בין דברים חיים ולא חיים דרך מחזור הפחמן

כל היצורים החיים מכילים יסוד חשוב שנקרא פחמן. אולם פחמן נמצא גם בסביבה – במים, באדמה ובאטמוספירה של כדור הארץ. פחמן נע הלוך ושוב בין יצורים חיים לבין הסביבה, בתהליך שנקרא **מחזור פחמן**.

צמחים הם שחקנים ביולוגיים ראשיים במחזור הפחמן, מאחר שהם לוכדים פחמן מהאטמוספירה. דרך תהליך שנקרא **פוטוסינתזה**, צמחים סופגים פחמן דו-חמצני (CO_2) מהאטמוספירה, ומשתמשים באנרגיית אור מהשמש כדי לייצר מולקולות מכילות פחמן שנקראות **פחמימות**, נוסף על החמצן שאנו נושמים. בכל שנה, צמחים מתמירים CO_2 מהאטמוספירה לכ-100 מיליארד טונות של פחמימות. בדרך כלל אנו מזהים את הפחמימות האלה כשורשים, ענפים ועלים. תנועת הפחמן הזו בין האטמוספירה של כדור הארץ לבין הצמחים היא רק חלק ממחזור הפחמן. כאשר צמחים מתים, הפחמן בשורשים, בענפים ובעלים שלהם מועבר לאדמה. באדמה, חלק מהפחמן מצמחים מתים עשוי לשמש אורגניזמים ולהפוך לחלק מהאדמה, בעוד שחלקו חוזר לאטמוספירה. כאשר יותר פחמן נתפס – כלומר נלקח על ידי אורגניזמים חיים ואדמה – פחות פחמן זמין להיכנס לאטמוספירה.

ייתכן ששמעתם כי CO_2 הוא אחד הגזים באטמוספירה של כדור הארץ שתורם לשינוי האקלים ולהתחממות כדור הארץ. במחזור הפחמן לפני המהפכה התעשייתית, שני גורמים בלבד ויסתו את ריכוז ה- CO_2 באטמוספירה: פוטוסינתזה, ותופעות גיאולוגיות כמו הרי געש. עם תחילתו של העידן התעשייתי, גורם חדש, פעילות אנושית, התחיל להתערב במחזור הפחמן הטבעי. פעילויות כמו למשל שריפת עץ ודלקי מאובנים, הוסיפו פחמן לאטמוספירה ושינו את האקלים.

כאשר פחמן מוקר מהאטמוספירה ומשולב ביצורים חיים או באדמה, זה עשוי לסייע להאט את שינוי האקלים.

חשיבותו של מגוון ביולוגי

ביערות הטרופיים קיים **המגוון הביולוגי** הגדול ביותר בכדור הארץ. מגוון ביולוגי הוא המגוון של יצורים חיים באזור מסוים. עצים ביערות טרופיים הכרחיים למחזור הפחמן, מאחר שהם לוכדים פחמן ומווסתים את האקלים. אולם יער אינו מורכב רק מצמחים. אורגניזמים רבים נוספים ביער ממלאים תפקיד חשוב במחזור הפחמן. לדוגמה, מגוון ביולוגי של יונקים משפיע על מחזור הפחמן באמזונס [1].

מגוון ביולוגי הוא חשוב מאחר שכל מין ממלא תפקיד בטבע. כאשר הרבה מינים שונים מרכיבים מערכת אקולוגית, מספר גדול יותר של תפקידים או פונקציות מתפתחים, ולכן המערכת האקולוגית בריאה יותר. מערכות אקולוגיות מגוונות עשויות לספק שירותים חשובים לאנושות. אחד השירותים האלה קשור בהצטברות של פחמן. מגוון ביולוגי עשוי להפחית את ריכוז הפחמן באטמוספירה, וההפחתה הזו עשויה למתן את שינוי האקלים.

כפי שכבר הסברנו, צמחים לוכדים פחמן מהאטמוספירה וצוברים אותו בתור פחמימות בעלים, בענפים ובשורשים שלהם. מדענים מודדים את צבירת הפחמן בתור מסת הפחמן שמוכלת בגוף. אנו יודעים שמגוון ביולוגי של צמחים מגדיל את כמות הפחמן שנלכד [2], ואנו יודעים

מחזור פחמן (Carbon Cycle)

תנועת פחמן בין האטמוספירה, האדמה והביוספירה.

פוטוסינתזה (Photosynthesis)

תהליך שבו צמחים גדלים באמצעות אור שמש, כדי ללכוד פחמן מהאטמוספירה.

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

מספר המינים שנמצאים באזור מסוים.

צמחים וחיות מתקשרים זה עם זה. בהתבסס על המידע הזה, רצינו לברר אם יונקים, מאחר שהם קשורים לצמחים, גם ממלאים תפקיד במחזור הפחמן [1]. יונקים יכולים לתקשר עם צמחים בכמה דרכים, כמו אכילת פירות, עלים ופרחים של צמחים וכן הפצת זרעים של צמחים על ידי חיות.

השערתנו הייתה שמגוון ביולוגי של יונקים שנמצאים בסביבה יגדיל את כמות הפחמן שנצבר באדמה. כדי לבחון את ההשערה הזו, צפינו בטבע באופן ישיר, באמצעות הידע האקולוגי המסורתי של כמה שבטים מקומיים שחיים ביערות הטרופיים של ג'יאנה.

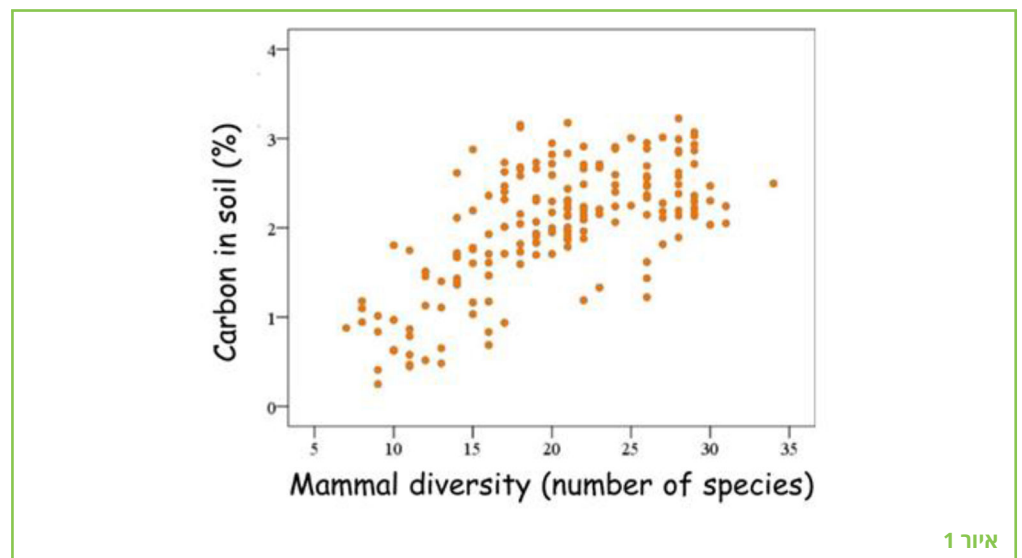
מהלך המחקר

השערתנו הייתה קשה לבחינה באמצעות תצפיות ישירות על חיות שחיות במערכת מאתגרת בעולם האמיתי, כמו למשל באמזונס. נדרשו כמויות מסיביות של נתונים, שדרשו את השתתפותם של 355 אנשים מקומיים מ-Wapishana, Makushi, ו-Wai-Wai מגויאנה. אנשים אלה אספו נתונים של חיות עבור המחקר, והידע שלהם על מערכות טבעיות מקומיות היה חיוני לאיכות הנתונים ולכמותם. מקומיים אלה צברו ידע של מומחים בקשרים שבין הצמחים לחיות, במהלך מאות שנים של מגע ישיר עם הסביבה.

במשך שלוש שנים ועל פני 48,000 קילומטרים רבועים, מקומיים אלה ערכו יותר מ-10,000 סקרים. עבודתם זיהתה 218,000 יונקים אינדיבידואלים ששייכים ל-48 מינים. הם רשמו יותר מ-43,000 אירועי הזנה, ואספו יותר ממיליון דגימות של צואת חיות. נוסף על כך נמדדו ריכוזי פחמן באדמה וגודלם של עצים במאות אתרים.

ממצאי המחקר

התוצאות שלנו מראות שמגוון ביולוגי של יונקים, נוסף על מגוון של עצים, משפיע על מחזור הפחמן באמזונס (איור 1). ריבוי מינים משמעותו סוגים שונים של אינטראקציות כמו למשל חיות שאוכלות צמחים, ולכן יותר פחמן שנע מיצורים חיים לאדמה (איור 2). כפי שחצינו בהשערתנו,



איור 1

הקשר שבין מגוון ביולוגי של יונקים לאחוז הפחמן באדמה. כאשר מספר מיני היונקים השונים גדל (משמאל לימין בגרף), אחוז הפחמן באדמה גם גדל (מלמטה למעלה בגרף). כל נקודה מייצגת חתך רוחב ביער האמזונס.

איור 2

אינטראקציות בין אורגניזמים הן חלק

ממחזור הפחמן. החיציים מייצגים את תנועת הפחמן בין האטמוספירה, הצמחים, החיות והאדמה. באדמה, חלק מהפחמן מצמחים ומחיות מתים עשוי להשתנות על ידי מיקרואורגניזמים שחיים באדמה, ולהפוך לחלק מהאדמה, בעוד שחלק מהפחמן חוזר לאטמוספירה. דרך פוטוסינתזה, צמחים סופגים פחמן מהאטמוספירה ומגדלים עלים, פרחים ופירות. חיות אוכלות צמחים או חיות אחרות, ולאחר מכן הן מייצרות צואה ומתות, והפחמן חוזר שוב לאדמה. תנועת הפחמן בין האטמוספירה, האדמה והביוספירה נקראת מחזור הפחמן.



מצאנו שמספר מיני היונקים קשור הן לריכוז הפחמן באדמה באמזונס (איור 1). והן לכמות הפחמן שמאוחסן בביומסה של עצים. מצאנו גם קשר בין מספר מיני העצים, כמות הפחמן באדמה וביומסה של עצים. עבור ריכוז פחמן באדמה, מצאנו שהיקף ההשפעה של מגוון יונקים היה זהה להיקף ההשפעה של מגוון עצים.

מדוע המחקר הזה חשוב?

מחקרנו חשוב מאחר שהוא מספק ראיות לכך שכל מין ממלא תפקיד בטבע, מה שאומר שאיבוד מינים יכול להיות מזיק לתהליכים טבעיים. רעיון זה כבר התקבל עבור עולם הצמחים, ונראה הגיוני שהקשר בין צמחים לחיות יהיה חשוב גם הוא למחזור הפחמן.

אף על פי שעדיין יש לנו הרבה מה ללמוד על הקשרים שבין חיות, צמחים ומחזור הפחמן, ברור מעבודתנו שאובדן חיות שנגרם על ידי בני אדם עשוי להוות בעיה לאקלים, וכי שימור של מגוון ביולוגי של חיות עשוי להיות פתרון לשינוי האקלים. בעוד המחקר שלנו התמקד במיוחד ביונקים בגויאנה, אנו מאמינים שהממצאים עשויים להיות נכונים גם עבור יצורים שונים כמו למשל זוחלים, דו-חיים, ציפורים וחסרי חוליות, ובסוגים שונים של יערות.

חשיבותו של מחקר זה מתבטאת בשלוש דרכים שונות. ראשית, הוא משפר את הבנתנו את העולם שאנו חיים בו, ואת העולם הטבעי שאיתו התפתחנו. שנית, המחקר מדגיש את חשיבות הידע של אנשים מקומיים לגבי המערכות הטבעיות שלהם. הידע שלהם היה מרכזי בגילוי שמגוון ביולוגי של חיות עשוי לתרום לשמיים נקיים יותר. שלישית, עבודה זו הראתה שפעולות שמטרתן להגן על חיות ועל הסביבה שלנו עשויות לסייע לבני אדם. מגוון של יונקים צריך להיות אחד הגורמים ששוקלים כאשר מגדירים מדיניות שמטרתן להפחית את כמות ה- CO_2 באטמוספירה שלנו.

תודות

אנו מודים לאנשים שהשתתפו במחקר, בין השאר: Ted K. Raab, Anthony Cummings, F. B. Oliveira, Kye Epps, Han Overman, Makushi ו-F. B. Oliveira. אנו מודים במיוחד לטכנאי

Wai-Wai, ו-Wapishana, ו- Wai-Wai שעבודת השטח והידע המקומי שלהם אפשרו את המחקר הזה. תודה גם ל- Leslie Willoughby על שיפור הטקסט. אנו מודים לקרן הלאומית למדעים (NSF; מענק BE/CNH 05 08094), לאיגוד גורדון ובטי מור, ולאוניברסיטת סטנפורד על תמיכה כספית ואדמיניסטרטיבית.

מאמר המקור

Sobral, M., Silviu, K. M., Overman, H., Oliveira, L. F. B., Raab, T. K., and Fragoso, J. M. V. 2017. Mammal diversity influences the carbon cycle through trophic interactions in the Amazon. *Nat. Ecol. Evol.* 1:1670–6. doi: 10.1038/s41559-017-0334-0

מקורות

1. Sobral, M., Silviu, K. M., Overman, H., Oliveira, L. F. B., Raab, T. K., and Fragoso, J. M. V. 2017. Mammal diversity influences the carbon cycle through trophic interactions in the Amazon. *Nat. Ecol. Evol.* 1:1670–6. doi: 10.1038/s41559-017-0334-0
2. Poorter, L., Van Der Sande, M. T., Thompson, J., Arets, E. J. M. M., Alarcón, A., Álvarez-Sánchez, J., et al. 2015. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24:1314–28. doi: 10.1111/geb.12364

פורסם אונליין: 29 בספטמבר 2022

נערך על ידי: Frederique Carcaillet

מנחה מדעי: Erlend B. Nilsen

ציטוט: Sobral M, Arias-Vaquerizo C, Silviu KM and Fragoso JMV (2022) האם מגוון ביולוגי של חיות יכול לסייע לאקלים? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.536333-he

תורגם והותאם: Sobral M, Arias-Vaquerizo C, Silviu KM and Fragoso JMV (2020) Can Animal Biodiversity Help the Climate? *Front. Young Minds* 8:536333. doi: 10.3389/frym.2020.536333

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

COPYRIGHT © 2020 © Sobral, Arias-Vaquerizo, Silviu and Fragoso. 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 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.

סוקר צעיר

THEODOR, גיל: 13

קוראים לי Theodor, אני גר בעיר ליד החוף במרכז נורווגיה. אני אוהב לעשות פעילויות בחוץ כמו למשל סקי, ריצה, טיפוס וקמפינג בהרים. חיית הפרא האהובה עליי היא צ'יטה. אני גם אוהב לקרוא ספרים על האופן שבו העולם פועל.



הכותבים

MAR SOBRAL

Mar Sobral היא מדענית בתחום האקולוגיה, ואימא. היא חוקרת ומלמדת באוניברסיטת סנטיאגו דה קומפוסטלה בספרד. בעבר, חיה ועבדה ברומניה, בגרמניה, בארצות הברית ובצרפת. היא מתמחה בקשר שבין חיות וצמחים, וחוקרת מה המשמעות של כך עבור אבולוציה ועבור תפקוד כדור הארץ. תשוקות אחרות שיש לה הן לכלבים, לקפה, ליונה ולריקוד! *sobral.bernal.mar@gmail.com



CELIA ARIAS-VAQUERIZO

Celia Arias-Vaquerizo היא סטודנטית לדוקטורט, מאירת ואוהבת טבע. היא תמיד הייתה מרותקת על ידי חיות עתיקות, והאופן שבו הן חיו בעבר. המחקר שלה עוסק בחיות מתורבות שחיו בעבר, וכיצד בני אדם טיפלו בהן. היא מאמינה שידע מיועד לכולם, ולכן יש לה תשוקה לסיפור סיפורים דרך ציורים, במיוחד של דברים מעניינים בסביבה ובתרבות.



KIRSTEN M. SILVIUS

Kirsten Mariana Silvius היא חוקרת באוניברסיטה הטכנולוגית של וירג'יניה, ויועצת טכנית לתוכנית האמריקאית של שירותי יער ברזיל. Kristen נולדה וגדלה בוונצואלה, והשלימה את החינוך הגבוה שלה בארצות הברית. היא עשתה תואר ראשון בביולוגיה ובשפות רומיות בקולג' בואודאוין, מיון, ותארים שני ושלישי במחלקה לזואולוגיה באוניברסיטת פלורידה. בהיותה מוכשרת כאקולוגית של האדמה, המחקר שלה התמקד באינטראקציות צמח-חיה ובשימוש וניהול של חיות פרא על ידי אנשים מקומיים. היא חקרה מגוון של מיני חיות בוונצואלה ובברזיל לרבות אגוטים, תוכים, פקאריים, חיפושיות וצרעות פרוזיות. עבודתה האחרונה תומכת בקצירה ומכירה ברות קיימא של אגוזי ברזיל, פירות אסאי ודג הארפאימה הגדול על ידי קהילות מקומיות ומסורתיות באמזונס של ברזיל. בין התחביבים האהובים עליה: טיול, קמפינג ושיט בקנו עם בעלה, ג'ז פראגוסו.



JOSÉ M. V. FRAGOSO

José Manuel Vieira Fragoso הוא פרופסור באוניברסיטה ומדען חוקר. הוא נהנה ללמוד על החיים הסודיים של צמחים וחיות, במיוחד באזורים טרופיים. הוא גם נהנה מהליכות ארוכות ומשיט בקנו באזורים טבעיים, במיוחד באזורים מבודדים באמזונס ובקנדה.



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