

האם מגוון ביולוגי של צמחים משפיע על מחזורי של חומרי מזון?

Eva Koller-France^{1*}, Wolfgang Wilcke² | Yvonne Oelmann¹

¹המחלקה לגיאוגרפיה/ גאואקולוגיה, אוניברסיטת טובינגן, טובינגן, גרמניה
²המכון לגיאוגרפיה ולגאואקולוגיה, מכון קרלסרוהה לטכנולוגיה, קרלסרוהה, גרמניה

סוקרות צעירות

MACKENZIE

גיל: 14



ROSE

גיל: 14



כל הדברים החיים, לרבות בני אדם, בעלי חיים, צמחים ואפילו מיקרואורגניזמים, צורכים את אותם היסודות של חומרי מזון (נוטריינטים) כדי לחיות, ובעיקר חנקן וזרחן. הִבְנַת המחזורי של היסודות האלה דרך המערכת האקולוגית היא מפתח להבנת הסיבה לכך שמערכות אקולוגיות פועלות כפי שהן פועלות. אחת השאלות שאנו שואלים היא האם המגוון של אורגניזמים, כמו צמחים או חרקים, קשור למחזורי חומרי המזון האלה? נראה כי הִבְנַת של צמחים, המורכבות ממגוון רב של מִינֵי צמחים שונים, עושות שימוש יעיל יותר בחומרי מזון זמינים באדמה מאשר חברות של צמחים המורכבות מכמות פחותה של מינים. סיבה אפשרית לכך עשויה להיות בשל תופעה המכונה השלמה (קוֹמְפְּלֶמֶנְטְרִיטֵי), כלומר שמינים שונים של צמחים ניגשים לחומרי המזון הזמינים בדרכים שונות, לדוגמה מעומקים שונים באדמה. במאמר זה, נתאר את הקשרים שבין מגוון ביולוגי של צמחים לבין מחזור של חומרי מזון באדמה, ונדון בהשלכות על תפקוד המערכת האקולוגית כולה.

מדוע אכפת לנו מהשפעות של מגוון ביולוגי על מחזורי נוטריינטים?

כל היצורים החיים על פני כדור הארץ זקוקים לנוטריינטים מסוימים. במערכות אקולוגיות טבעיות, חומרי המזון האלה, ובעיקר חנקן וזרחן, נצרכים על ידי צמחים מהאדמה. לאחר מכן, צמחים עשויים להיאכל על ידי בני אדם או בעלי חיים. חומרי המזון מוחזרים לאדמה דרך הפגשות של בעלי חיים וכן כאשר צמחים ובעלי חיים מתים, ואז הם נצרכים שוב על ידי צמחים חדשים. מאחר שהדברים חוזרים על עצמם שוב ושוב, אנו מכנים זאת מחזור חומרי מזון.

במערכות אקולוגיות שונות ותחת תנאים סביבתיים שונים, המחזור של חומרי מזון עשוי לפעול בקצבים שונים, וכן, נוטריינטים יכולים להיות ממוחזרים על ידי חלקים שונים של המערכת באופן מלא או חלקי, מה שיכול להפריט את איזון המערכת. לדוגמה, לעיתים ישנם יותר חומרי מזון זמינים ממה שנדרש, מאחר שחלקאים מוסיפים יותר מדי דשנים לאדמה, או בהתרחש יום חם מהממוצע בחורף, כאשר אורגניזמים זעירים באדמה ממחזרים ומשחררים חומרי מזון מחומר מת שאינו נדרש על ידי צמחים במהלך השלב הבלתי פעיל שלהם. אם ישנם חומרי מזון עודפים באדמה, הם עשויים להישטף אל מי תהום או אל אגמים ונחלים. משם, הם זורמים לנהרות גדולים יותר ובסופו של דבר לים. אם גופי המים האלה מקבלים כמות רבה מדי של חומרי מזון, עשויה להתרחש גדילה מהירה של אצות, אשר מזיקה למערכות אקולוגיות של מים מתוקים. במקרה זה, "יותר מדי משהו טוב" עלול להוות בעיה גדולה. זו הסיבה לכך שחקירת מחזורים של חומרי מזון במערכות אקולוגיות תחת תנאים שונים אינה רק דרך טובה ללמוד על האופן שבו מערכות אקולוגיות פועלות, אלא גם מסייעת לנו עם שיקולים מעשיים, כמו למשל כיצד להגן על אספקת המים הנקיים שלנו.

אנו יודעים שמגוון ביולוגי – עושר המינים במערכת אקולוגית, ממלא תפקיד ברבים מתפקודיה, ובד בבד יודעים כי מגוון ביולוגי פוחת בקנה מידה גלובלי. לדוגמה, חלק ממיני הדבורים והפרחים הנדירים נכחדים, ולכן מערכות אקולוגיות רבות פחות מגוונות היום ממה שהיו בעבר. זו אחת הסיבות לכך שאנו מתעניינים באופן שבו מחזורי חומרי מזון מגיבים לשינויים במגוון ביולוגי.

אילו השפעות יש למגוון ביולוגי על חנקן באדמה?

קשר בין מגוון ביולוגי לבין חנקן (כחנקן – נִיטְרָט – אחת הצורות של חנקן שנצרכת על ידי צמחים) באדמה, נִבְטָס במידה רבה בניסויים שחוקרים את ההשפעות של מגוון ביולוגי על מערכות אקולוגיות [1]. במסגרת ניסויים אלה, מגוון ביולוגי של צמחים נחקר באמצעות יצירת מערכות קטנות ומבוקרות של מערכות אקולוגיות (לעיתים קרובות אדמות דשא, שבהן הכי קל לבצע זאת) עם מספר ידוע של מינים שגדלים תחת אותם תנאים סביבתיים, כמו למשל באותו השדה. על ידי חלוקת השדה לחלקות ניסוי וזריעת תערובת שונה של זרעים בכל חלקת ניסוי כזו. החלקות הקטנות האלה נבדקות באופן שוטף. את התוצאות מחלקות הניסוי עם מגוון גדול יותר או קטן יותר של מיני צמחים, אפשר להשוות זו לזו באופן די יעיל, מאחר שההבדל היחיד בין החלקות אמור להיות מספר המינים שגדלים בהן.

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

כמות המינים
במערכת אקולוגית.

בניסויים אלה באדמות דשא, אנו מוצאים כי ככל שמספר מיני הצמחים גדול יותר, כך ריכוז החנקן באדמה קטן יותר – דבר אשר קל למדי להסביר. אם צמחים צורכים יותר חנקן, המשמעות היא שנתרות פחות "שאירות" באדמה. במערכות אקולוגיות שעשירות בחומרי מזון במידה סבירה, משמעות נוספת היא שפחות חנקן נשטפת לתוך מי תהום, מה שמגן על איכותם כמו גם על מערכות אקולוגיות של מים מתוקים.

כדי להבין את התוצאות האלה, עלינו לשקלל את אחת ההשפעות החשובות של מגוון ביולוגי על מערכות אקולוגיות שאינן מְדֻשָּׁנוֹת, שהיא עלייה בגדילת צמחים. כאשר יש מגוון ביולוגי גדול יותר של צמחים, בדרך כלל יש יותר **ביומסה** צמחית, לדוגמה יותר חציר שמיוצר במקעים. במצב זה נדרש יותר חנקן ליצירת כמות הביומסה הגדולה יותר הזו. דרך אחרת להסתכל על כך היא שהביומסה הגדולה יותר יכולה להיווצר רק אם הצמחים יכולים לגשת ליותר חנקן (ולכל חומרי המזון הנדרשים האחרים). זה המקום שבו השלמה (קוּמְפְּלֶמְטָרִיּוּת) נכנסת לתמונה.

מינים שונים פועלים יחד כדי לאפשר גישה לחומרי מזון

השלמה (קוּמְפְּלֶמְטָרִיּוּת) מתארת את המנגנון שבאמצעותו חלקים שונים של מערכת אקולוגית, כמו מינים שונים, משתמשים במגוון משאבים חיוניים שכמותם מוגבלת, ממיקומים שונים או בזמנים שונים. השימוש במשאב מסוים על ידי אחד המינים "משלים" את השימוש של מינים אחרים. באופן זה, חברת הצמחים משתמשת במשאבים הזמינים בצורה יעילה יותר. בדוגמה שלנו, המשאב שנמצא בשימוש הוא חנקן שזמין באדמה בצורת חנקן. צמחים צורכים חומרי מזון מהאדמה באמצעות השורשים שלהם. אך לא כל השורשים זהים – לחלק מהצמחים יש שורשים חזקים וארוכים שיכולים לחדור לחלקים עמוקים יותר באדמה, אולם לא מסתעפים הרבה בדרכם לשם. לאחרים יש שורשים שמגיעים רק לחלקים הרדודים יותר של האדמה. אם תשלבו אפילו רק את שני הסוגים האלה, תוכלו לראות כי מין אחד של צמחים שואב מים וחומרי מזון החוצה מהאדמה הרדודה, והמין האחר שואב את אותם המשאבים החוצה מהאדמה העמוקה (איור 1). שני סוגי מערכות השורשים משלימים זה את זה, והמשמעות היא שחומרי המזון שלא היו בשימוש במערכת שמכילה רק מין אחד, משמשים כעת ליצירת ביומסה צמחית נוספת, המהווה מזון למיקרואורגניזמים ולבעלי חיים. שני סוגי הצמחים האלה משתמשים במה שאנו מכנים נישות מרחביות.

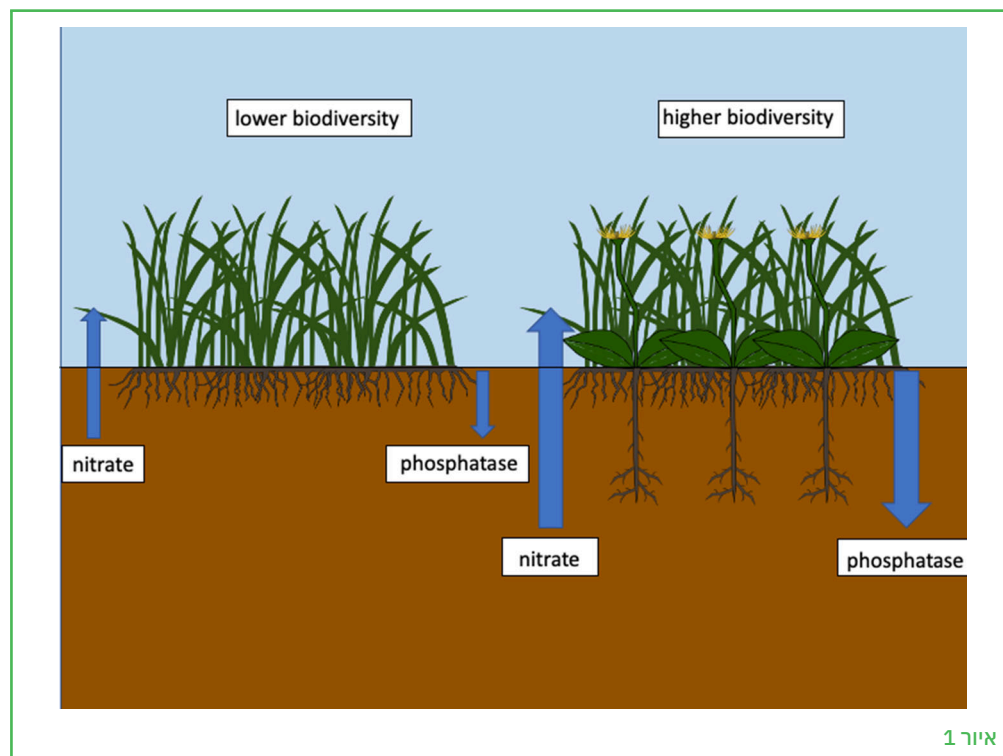
באופן דומה, לא כל הצמחים מתפתחים וגדלים באותו הזמן. אם מין אחד מתפתח מוקדם באביב, והמין האחר רק מתחיל לגדול בקיץ, אז שני המינים האלה לא יזדקקו למרבית חומרי המזון שלהם באותו הזמן. שני מיני הצמחים משתמשים בנישות זמניות שונות, והם גם ייגשו לחומרי מזון ולמשאבים אחרים באופן שלם יותר יחד, לעומת האופן שהיו עושים זאת לבד. אם כן, כאשר לא רק שני מיני צמחים אלא הרבה צמחים גדלים יחד תוך שימוש בנישות מרחביות זמניות שונות, החנקן באדמה מנוצל באופן יעיל יותר, ולכן פחות ממנו נשאר באדמה במדידות שלנו.

ביומסה (Biomass)

כמות המסה הכללת שמצויה ברכיבים של מערכת אקולוגית, כמו צמחים ובעלי חיים. ביומסה של צמחים, לדוגמה, יכולה להיות מוגדרת ככל החומר החי שמוקל בשורשי צמחים, בנבטים, בעלים, בפרחים ובפירות. למשל באקלים ממוזג, ביומסה אינה קבועה אלא בדרך כלל גדלה מהאביב עד לקיץ המאוחר, ופוחתת בסתיו.

איור 1

השלמה בין מערכות שורשים במערכות אדמה עם מגוון ביולוגי גדול יותר, מובילה למחזור חומרי מזון יעיל יותר. החיצים העבים מייצגים צריכה גדולה יותר של חנקן, או פעילות פוספטאז גבוהה יותר במערכות אקולוגיות מגוונות יותר; החיצים הצרים מייצגים צריכה קטנה יותר של חנקן, או פעילות פוספטאז נמוכה יותר במערכות אקולוגיות פחות מגוונות. בעוד שחנקן נצרכת על ידי השורשים ומועברת לאזורים בצמח שהם מעל לאדמה, פוספטאז משוחרר למטה אל תוך האדמה כדי להפוך את הזרחה (פוספט) זמינה לצריכה על ידי השורשים.



איור 1

זרחן באדמה ומגוון ביולוגי של צמחים

מתקבל על הדעת להניח כי ההשפעה של מגוון ביולוגי שזה תיארונו עבור חנקן באדמה, זהה עבור זרחן באדמה. שניהם יסודות נוטריינטיים חיוניים, ושניהם עשויים להגביל ייצור ביומסה. אולם, ואולי במפתיע תחילה, אין זה ממצא שאנו מוצאים בניסויים של מגוון ביולוגי, שבהם אנו שולטים בעושר המינים של מערכת אקולוגית בודדת במטרה לחקור השפעות של מגוון ביולוגי על מערכת זו. לעיתים קרובות, ריכוזים של זרחה (פוספט) שזמינה בקלות – הצורה הכימית של זרחן שנצרכת על ידי צמחים – הם כל כך נמוכים באדמה של מערכות שחקרנו, כך שפשוט לא יכולות להיות "שאריות", כפי שלעיתים קורה עם חנקן. אם כן, האם למגוון ביולוגי של צמחים יש בכלל השפעה על מחזור זרחן?

התשובה הקצרה היא כן, ככל הנראה. אנו יודעים שיש יותר זרחן בביומסה של צמחים במערכות מגוונות יותר, וההשפעה הזו, בדומה לחנקן, נגרמת על ידי כמות גדולה יותר של ביומסה אשר מגיעה מצריכה רבה יותר של זרחן על ידי צמחים [2]. השאלה היא כיצד מערכות אקולוגיות מגוונות יותר יכולות לצרוך יותר זרחה, אף על פי שאיננו יכולים למדוד את התוצאות של כך באדמה.

כדי לגשת לזרחה באדמה, הן הצמחים הן המיקרואורגניזמים משתמשים באנזימים (חומרים שמעודדים תגובות כימיות מסוימות) כדי להפריד זרחה ממולקולות כימיות מורכבות יותר ברקבובית האדמה, שהיא החלק האורגני של האדמה המוכר כקומפוסט. ביכולתנו למדוד את המהירות והתפקוד של פוספטאז, האנזים שאחראי על הנגשת הזרחה באופן זה, המאפשר לנו להעריך כמה זרחה משוחררת מהאדמה לשימוש של צמחים או מיקרואורגניזמים. במערכות אקולוגיות שבהן מגוון ביולוגי צמחי גדול יותר, נמצא יותר

אנזים

(Enzyme)

מולקולות קטנות שמאיצות תגובה (ביו-כימית בתוך תאים או מחוץ להם).

פוספטאז

(Phosphatase)

האנזים שאחראי להנגשתו של זרחן על ידי פירוק ממולקולות כימיות מורכבות.

פעילות פוספטאז באדמה (איור 1) [3]. זה מצביע על כך כי בעוד שאיננו יכולים למדוד צריכה גדולה יותר של זרחן מאדמות עם מגוון ביולוגי צמחי גדול יותר באופן שבאפשרותנו להבחין בכך עבור חנקן, ניתן לראות שישנה גישה יעילה יותר לזרחן באדמות דרך פעילות פוספטאז רבה יותר. זוהי דרך אחת שבה מגוון ביולוגי של צמחים יכול להשפיע על מחזור זרחן דרך מערכת אקולוגית.

חשיבות מגוון ביולוגי לתפקודה של מערכת אקולוגית

ההנחה הרווחת היא שעם המשך שינויי האקלים הגלובליים, יותר מינים יכחדו ממערכות אקולוגיות והמגוון הביולוגי יוסיף לִפְחֹת. עקב כך, סביר להניח שמחזור של חנקן ושל זרחן ייעשה פחות יעיל, כלומר, שמערכות אקולוגיות תהיינה פחות מסוגלות לשמור ולמחזר חנקן וזרחן ביחס ליכולתן כיום. זהו שינוי גדול עבור מערכת אקולוגית, ועלול להיות אחד הגורמים שיובילו לירידה ביצרנות של מערכת אקולוגית. ירידה במגוון אקולוגי עלולה גם להוביל לכך שחומרי מזון יאבדו מהמערכת, כמו למשל חנקה שנסטפת החוצה אל מי תהום. חנקה עודפת המגיעה למי שתייה היא מזהם, ועשויה לגרום גם להשפעות שליליות על מערכות אקולוגיות ימיות שהיא מועברת אליהן, כמו למשל בגדילה עודפת של אצות. מצד שני, במצב דברים זה חומרי המזון אינם נגישים לצמחים, למיקרואורגניזמים, או לבעלי חיים במערכת האקולוגית המקורית, מה שכלל הנראה מותיר אותה דלילה יותר בחומרי מזון, פחות מסוגלת לקיים את האורגניזמים שחיים בה.

מקורות

1. Oelmann, Y., Buchmann, N., Gleixner, G., Habekost, M., Roscher, C., Rosenkranz, S., et al. 2011. Plant diversity effects on aboveground and belowground N pools in temperate grassland ecosystems: development in the first 5 years after establishment. *Glob. Biogeochem. Cycles* 25. doi: 10.1029/2010gb003869
2. Oelmann, Y., Richter, A. K., Roscher, C., Rosenkranz, S., Temperton, V. M., Weisser, W. W., et al. 2011. Does plant diversity influence phosphorus cycling in experimental grasslands? *Geoderma* 167:178–87. doi: 10.1016/j.geoderma.2011.09.012
3. Hacker, N., Ebeling, A., Gessler, A., Gleixner, G., Macé, O. G., Kroon, H., et al. 2015. Plant diversity shapes microbe-rhizosphere effects on P mobilisation from organic matter in soil. *Ecol. Lett.* 18:1356–65. doi: 10.1111/ele.12530

פורסם אונליין: 05 ביולי 2023

עורך: Malte Jochum

מנחה מדעית: Nicole Ricker

ציטוט: Koller-France E, Wilcke W | Oelmann Y (2023) האם מגוון ביולוגי של צמחים משפיע על מחזורי חומרי מזון? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.557532-he

יצרנות של מערכת אקולוגית (Ecosystem Productivity)

כמות החומר האורגני, כמו למשל ביומסה של צמחים, שמיוצרת על ידי מערכת אקולוגית בזמן נתון. דוגמה לכך היא כמות החיטה או החציר הנקצרים במשך שנה אחת משדה.

Koller-France E, Wilcke W and Oelmann Y (2021) Does Plant Biodiversity Influence Nutrient Cycles? Front. Young Minds 9:557532. doi: 10.3389/frym.2021.557532

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

זכויות יוצרים © 2021 © 2023 Koller-France, Wilcke ו Oelmann. 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

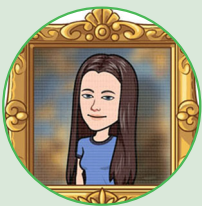
MACKENZIE, גיל: 14

קוראים לי מקנזי, אני נהנית ממוזיקה – נגינה והאזנה; ספרים – במיוחד מז'אנר פנטזיה, וספורט – הענף האהוב עליי הוא טניס. אני נהנית גם ממדע, מתמטיקה ושפות, אך הדבר האהוב עליי ביותר הוא קמפינג.



ROSE, גיל: 14

היי, אני בת 14 מקנדה. אוהבת תפירה, סריגה במסרגת קרוֹשֶׁה וקריאה.



הכותבים

EVA KOLLER-FRANCE

אווה היא אקולוגית של מערכות אקולוגיות אשר מתעניינת בהשפעות של מיגוון סוגי השינויים הגלובליים על מחזור פחמן וחומרי מזון במערכות אקולוגיות. את שנות הדוקטורט שלה היא בילתה בהסתובבות באזור הארקטי, ובחקירת ההשפעות של שינויים סביבתיים על הקשרים בין מחזורי פחמן וחומרי מזון. כיום היא חוקרת פוסט-דוקטורנטית עבור ה-Jena Experiment (<http://www.the-jena-experiment.de/>), שם היא חוקרת השפעות ארוכות-טווח של עושר מיני צמחים על מחזורי חנקן וזרחן. *ekoller@gmail.com



WOLFGANG WILCKE

ולפגנג וילק למד גאו-אקולוגיה באוניברסיטת בֵּיִרְיִן, וכיום הוא פרופסור לגאומורפולוגיה ומדעי האדמה במכון קרלסרוהה לטכנולוגיה (KIT), לאחר שעבר תחנות מחקר והוראה במכון הטכנולוגי של ברלין, באוניברסיטת יואהן גוטנברג מיינץ ובאוניברסיטת ברן. תחומי המחקר שלו מתמקדים בהשפעות של שינויים סביבתיים, לרבות שינויי אקלים; שינויי שימוש באדמה; ריבוע חומרי מזון; זיהום ואובדן מגוון ביולוגי, על מחזור היסודות בין אדמות לבין צמחים. פרופסור וילק משתמש בניתוח כימי של האדמה, בתצפיות ארוכות-טווח של שטפי יסודות, ובגישות של איזוטופ יציב.



**YVONNE OELMANN**

איבון היא מדענית אדמה שעוסקת במחזור של פחמן וחומרי מזון במערכת אקולוגית. היא עשתה את הדוקטורט שלה במכון הטכנולוגי של ברלין, בנושא ההשפעה של מגוון צמחים על מחזור חומרי מזון באדמות דשא (<http://www.the-jena-experiment.de/>). כפוסט-דוקטורנטית, היא הרחיבה את נקודת מבטה בעניין זה על ידי מיקוד במערכות אקולוגיות מורכבות ביערות, והכללת ההשפעה של האנושות. איבון מונתה למשרת פרופסור באוניברסיטת טובינגן בשנת 2011, ומאז היא עובדת על מחזור פחמן וחומרי מזון באדמות דשא וביערות ברחבי הגלובוס.

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