



CZY RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA ROŚLIN WPŁYWA NA OBIEG SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH?

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

¹ Wydział Geografii/Geoekologii, Uniwersytet w Tybindze, Tybinga, Niemcy

² Instytut Geografii i Geoekologii, Instytut Technologii w Karlsruhe, Karlsruhe, Niemcy

MŁODZI RECENZENCI



MACKENZIE

WIEK: 14



ROSE

WIEK: 14

Wszystkie żywe istoty, takie jak ludzie, zwierzęta, rośliny, a nawet mikroorganizmy, muszą pobierać te same składniki odżywcze, przede wszystkim azot i fosfor, aby przeżyć. Zrozumienie cyklu tych pierwiastków w ekosystemie jest kluczem do wyjaśnienia, dlaczego ekosystemy funkcjonują tak, jak funkcjonują. Jednym z pytań, które zadajemy jest to, czy różnorodność organizmów, takich jak rośliny czy owady, jest związana z tymi obiegami składników odżywczych. Zbiorowiska roślinne składające się z wielu różnych gatunków roślin lepiej wykorzystują dostępne składniki odżywcze niż zbiorowiska roślinne składające się z mniejszej liczby gatunków. Może to wynikać z czegoś, co nazywamy komplementarnością, co oznacza, że różne gatunki roślin mają różne sposoby dostępu do składników odżywczych, na przykład z różnych głębokości gleby. W tym artykule, opiszemy powiązania pomiędzy różnorodnością biologiczną roślin a obiegiem składników

pokarmowych w glebie oraz omówimy następstwa dla funkcjonowania całego ekosystemu.

DLACZEGO WARTO ZAINTERESOWAĆ SIĘ WPŁYWEM RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ NA OBIEG SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH?

Wszystkie żywe istoty na ziemi potrzebują pewnych składników odżywczych. W naturalnych ekosystemach te składniki odżywcze, przede wszystkim azot i fosfor, są pobierane przez rośliny z gleby. Następnie rośliny mogą być zjadane przez zwierzęta lub ludzi. Składniki odżywcze są zwracane do gleby poprzez odchody zwierząt oraz po śmierci roślin i zwierząt, a potem mogą być ponownie pobrane przez nowe rośliny. Ponieważ wszystko się powtarza w kółko, nazywamy to cyklem (obiegami) składników odżywczych.

W różnych ekosystemach i w różnych warunkach środowiskowych, obieg składników odżywczych może przebiegać szybciej lub wolniej, a składniki odżywcze mogą być wykorzystywane i odzyskiwane przez różne części systemu w bardziej lub mniej kompletny sposób, co może powodować brak równowagi. Na przykład, czasami ilość dostępnych składników odżywczych jest większa niż potrzeba, ponieważ rolnicy dodają zbyt dużo nawozów do gleby lub dlatego, że jest ciepły dzień w zimie, kiedy małe organizmy w glebie przetwarzają i uwalniają składniki odżywcze z martwego materiału, które nie są potrzebne roślinom podczas ich fazy beczynności. Jeśli w glebie znajduje się nadmiar składników odżywczych, mogą one zostać wyflukane do wód gruntowych lub do jezior i strumieni. Stamtąd są one transportowane do większych rzek, a w końcu do morza. Jeśli te zbiorniki wodne otrzymają zbyt dużą ilość składników odżywczych, może dojść do szybkiego wzrostu glonów, co niszczy ekosystemy słodkowodne. W tym przypadku, zbyt wiele dobrego może być zdecydowanie dużym problemem. Dlatego też badanie cykli składników odżywczych w ekosystemach w różnych warunkach jest nie tylko dobrym sposobem na poznanie funkcjonowania ekosystemów, ale także pomaga nam w kwestiach praktycznych, na przykład jak chronić nasze zasoby czystej wody.

Wiemy, że **różnorodność biologiczna**, czyli bogactwo gatunków w ekosystemie, odgrywa rolę w wielu jego funkcjach, a także wiemy, że różnorodność biologiczna zmniejsza się w skali globalnej. Na przykład niektóre gatunki pszczoł i rzadkich kwiatów wymierają, a zatem wiele ekosystemów jest mniej zróżnicowanych niż wcześniej. Jest to jeden z powodów, dla których interesujemy się tym, jak obieg składników odżywczych reaguje na zmiany w bioróżnorodności.

JAKI WPŁYW MA BIORÓŻNORODNOŚĆ NA AZOT W GLEBIE?

Związek między **bioróżnorodnością** a azotem (w postaci azotanów, jedną z form azotu pobieranego przez rośliny) w glebie został dość dobrze poznany w eksperymentach badających wpływ różnorodności biologicznej na ekosystemy [1]. W tych eksperymentach różnorodność roślin bada się poprzez tworzenie

BIORÓŻNORODNOŚĆ

Mówiąc najprościej, liczba gatunków w ekosystemie.

małych ekosystemów modelowych (często są to łąki, gdzie najłatwiej to zrobić) ze znaną liczbą gatunków rosnących w tych samych warunkach środowiskowych, na przykład na tym samym polu. W tym celu wysiewa się określoną mieszankę nasion na kwadratowy obszar ziemi, zwany poletkiem doświadczalnym. Te małe poletka są regularnie sprawdzane pod kątem roślin, które nie zostały na nich zasiane i są usuwane. Wyniki z poletek doświadczalnych o większej lub mniejszej różnorodności można dość dobrze ze sobą porównać, ponieważ jedyną różnicą między poletkami powinna być liczba rosnących na nich gatunków.

W tych eksperymentach na łąkach stwierdzamy, że im większa liczba gatunków roślin, tym niższe stężenie azotu w glebie, co jest dość łatwe do wyjaśnienia. Jeśli rośliny pobierają więcej azotu, to oznacza to, że mniej zostaje w glebie. W ekosystemach, które są względnie bogate w składniki odżywcze, oznacza to również, że mniej azotu jest wypłukiwane do wód gruntowych, co chroni jakość wód gruntowych i ekosystemów słodkowodnych.

Aby zrozumieć te wyniki, musimy wziąć pod uwagę jeden z innych ważnych efektów różnorodności biologicznej roślin w ekosystemach nienawożonych, a mianowicie zwiększenie wzrostu roślin. Kiedy mamy większą różnorodnością biologiczną roślin, generalnie produkuje się większą biomasa roślinną, na przykład więcej siana na łąkach. Aby wytworzyć tę większą ilość biomasy, potrzeba więcej azotu. Oczywiście, inny sposób spojrzenia na to jest taki, że ta większa **biomasa** może być zbudowana tylko wtedy, gdy rośliny mają dostęp do większej ilości azotu (i wszystkich innych niezbędnych składników odżywczych). W tym miejscu pojawia się pojęcie komplementarności.

RÓŻNE GATUNKI WSPÓŁPRACUJĄ ZE SOBĄ, ABY UZYSKAĆ DOSTĘP DO SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH

Komplementarność opisuje mechanizm, w którym różne części ekosystemu (takie jak różne gatunki) wykorzystują różne niezbędne (i ograniczone) zasoby z różnych miejsc lub w różnym czasie. Wykorzystanie tego zasobu przez jeden gatunek "uzupełnia" wykorzystanie tego zasobu przez inny gatunek. W ten sposób zbiorowisko roślinne wykorzystuje dostępne zasoby w sposób bardziej kompletny. W naszym przykładzie, wykorzystywanym zasobem jest dostępny w glebie azot. Zapewne wiesz, że rośliny pobierają składniki odżywcze z gleby za pomocą swoich korzeni. Jednak nie wszystkie korzenie są takie same. Niektóre rośliny mają silne, długie korzenie, które mogą dotrzeć do głębszych części gleby, ale nie rozgałęziają się zbyt wiele po drodze. Inne mają korzenie, które sięgają tylko do płytszych części gleby. Jeśli połączymy nawet tylko te dwa rodzaje korzeni, można zauważyć, że jeden gatunek rośliny pobiera wodę i składniki odżywcze występujące płytko w glebie, a drugi pobiera te same zasoby z głębszej części gleby (rysunek 1). Te dwa rodzaje systemów korzeniowych uzupełniają się wzajemnie, co oznacza, że składniki odżywcze, które nie zostałyby wykorzystane w systemie składającym się tylko z jednej lub drugiej rośliny, są teraz wykorzystywane do produkcji większej ilości biomasy roślinnej, która służy jako pożywienie dla mikroorganizmów i zwierząt. Te dwie rośliny wykorzystują różne nisze w przestrzeni, które nazywamy niszami

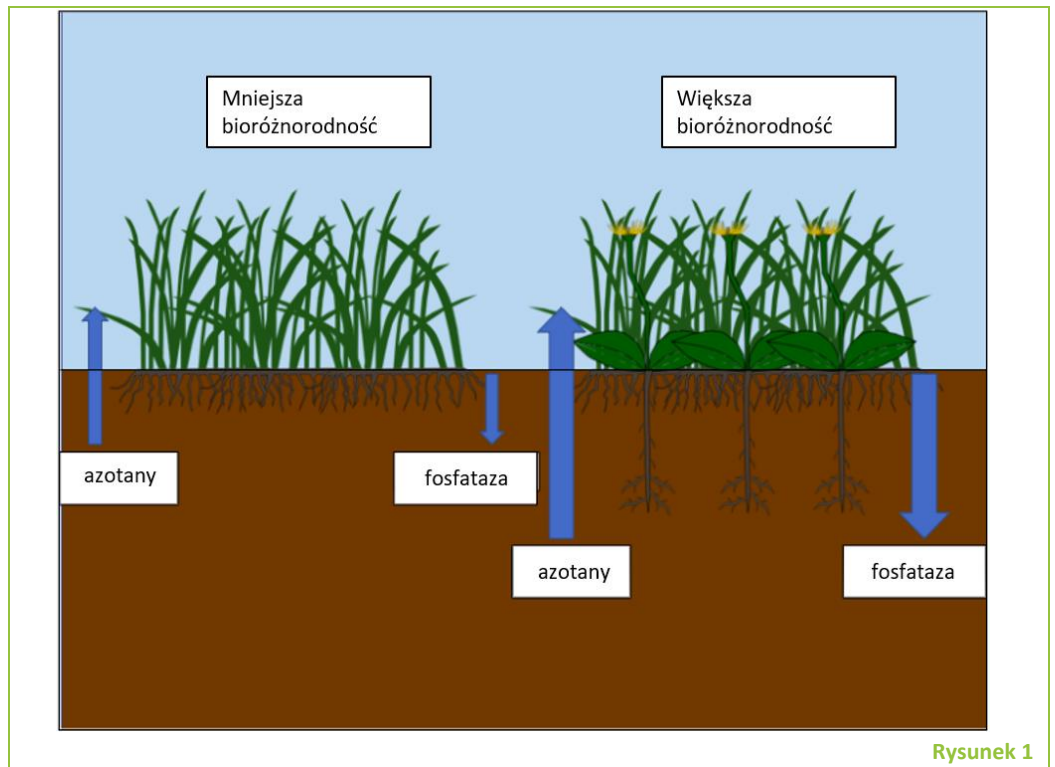
BIOMASA

Całkowita ilość masy obecnej w składnikach ekosystemu, takich jak roślinach czy zwierzętach. Na przykład biomasa roślinna, o której mówiliśmy w tym artykule, może być zdefiniowana jako cała żywa materia zawartą w roślinie korzenie, pędy, liście, kwiatach i owoce. W klimacie umiarkowanym, biomasa nie jest stała ale zazwyczaj wzrasta od wiosny do późnego lata i zmniejsza się jesienią.

przestrzennymi. Podobnie, nie wszystkie rośliny rozwijają się i rosną w tym samym czasie. Jeśli jeden gatunek rozwija się wcześniej wiosną, a inny zaczyna rosnąć dopiero latem, to te dwa gatunki nie będą pobierać większości składników odżywczych w tym samym czasie. Wykorzystują one dwie nisze czasowe, lub nisze w czasie, i również one mają dostęp do składników odżywczych i innych zasobów znacznie pełniej razem niż w pojedynkę. Tak więc, gdy nie tylko dwie, ale wiele roślin rośnie razem, używając różnych nisz przestrzennych i czasowych, azot w glebie jest używany bardziej kompletnie, a zatem mniej pozostaje w glebie dla nas do pomiaru.

Rysunek 1

Komplementarność systemów korzeniowych w systemach glebowych o wyższej bioróżnorodności prowadzi do bardziej wydajnego obiegu składników odżywczych. Szerokie strzałki oznaczają większy pobór azotanów lub wyższą aktywność fosfatazy w bardziej zróżnicowanych ekosystemach; wąskie strzałki oznaczają mniejszy pobór azotanów lub niższą aktywność fosfatazy w mniej zróżnicowanych ekosystemach. Podczas gdy azotany są pobierane przez korzenie i transportowane do nadziemnych części rośliny, fosfataza jest uwalniana w dół do gleby, aby fosforan był dostępny do pobrania przez korzenie.



Rysunek 1

BIORÓŻNORODNOŚĆ ROŚLIN I FOSFOR W GLEBIE

Logiczne byłoby założenie, że efekt bioróżnorodności, który właśnie opisaliśmy dla azotu glebowego, jest taki sam dla fosforu glebowego. Oba są niezbędnymi składnikami odżywczymi i oba mogą ograniczać produkcję biomasy. Jednak, co może początkowo zaskakiwać, nie jest to coś, co znajdujemy w eksperymentach bioróżnorodności, w których kontrolujemy bogactwo gatunkowe pojedynczych ekosystemów w celu zbadania wpływu bioróżnorodności na te ekosystemy. Często stężenia łatwo dostępnego fosforanu, chemicznej formy fosforu, która jest pobierana przez rośliny, są tak niskie w glebach badanych systemów, że po prostu nie ma "nadmiaru", jak to czasami ma miejsce w przypadku azotu. Czy zatem różnorodność roślin ma jakikolwiek wpływ na obieg fosforu?

Krótką odpowiedź brzmi: prawdopodobnie tak. Wiemy, że w biomase roślinnej bardziej zróżnicowanych systemów znajduje się więcej fosforu, a efekt ten - podobnie jak w przypadku azotu - jest spowodowany większą ilością biomasy pochodzącej z większego poboru fosforu przez rośliny [2]. Pytanie brzmi, w jaki sposób bardziej zróżnicowane ekosystemy mogą pobierać więcej fosforu, nawet jeśli nie widzimy tego w glebie.

ENZYM

Małe cząsteczki, które przyspieszają (bio-) reakcje chemiczne w komórkach lub poza nimi.

Aby uzyskać dostęp do fosforanów w glebie, zarówno rośliny, jak i mikroby wykorzystują **enzymy** (substancje ułatwiające pewne reakcje chemiczne) do rozkładu fosforanów z bardziej złożonych cząsteczek chemicznych, które istnieją w próchnicy glebowej, czyli organicznej części gleby, którą prawdopodobnie znasz jako kompost. Możemy mierzyć szybkość i funkcję fosfatazy, enzymu odpowiedzialnego za uwalnianie fosforanów, w ten sposób możemy oszacować, ile fosforanu jest uwalniane z gleby do wykorzystania przez rośliny lub mikroorganizmy. W ekosystemach o wyższej bioróżnorodności roślin stwierdzamy większą aktywność fosfataz glebowych (rysunek 1) [3]. Oznacza to, że chociaż nie możemy zaobserwować wyższego poboru fosforu z gleb o większej bioróżnorodności roślin w taki sam sposób, jak w przypadku azotu, możemy zauważyć, że istnieje bardziej efektywny dostęp do fosforu w glebach poprzez wyższą aktywność fosfataz. Jest to jeden ze sposobów, w jaki bioróżnorodność roślin może wpływać na obieg fosforu w ekosystemie.

ZNACZENIE RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ DLA FUNKCJONOWANIA EKOSYSTEMU

Co to wszystko oznacza? Ogólnie rzecz biorąc, wraz z postępującymi globalnymi zmianami, coraz więcej gatunków znika z ekosystemów, a bioróżnorodność stale maleje. Wraz ze spadkiem bioróżnorodności prawdopodobne jest, że obieg azotu i fosforu stanie się mniej efektywny, co oznacza, że ekosystemy będą mniej zdolne do zatrzymywania i recyklingu tych pierwiastków niż obecnie. To jest istotna zmiana w ekosystemie i może przyczynić się do zmniejszenia **produktywności ekosystemu**. Malejąca bioróżnorodność może również prowadzić do utraty składników odżywczych z systemu, takich jak azotany, które są wypłukiwane do wód gruntowych. Nadmiar azotanów jest zanieczyszczeniem, gdy dostają się do wody pitnej, a także może negatywnie wpływać na ekosystemy wodne, do których są transportowane, na przykład przez nadmierne wzrosty glonów. Z drugiej strony, te składniki odżywcze nie są dostępne dla roślin, mikroorganizmów ani zwierząt w pierwotnym ekosystemie, co powoduje, że system staje się uboższy w składniki odżywcze i mniej zdolny do utrzymania organizmów żyjących w nim.

PRODUKTYWNOŚĆ EKOSYSTEMU

Ilość materiału organicznego, takiego jak biomasa roślinna, produkowanego przez ekosystem w danym czasie. Dobrym przykładem może być ilość pszenicy lub siana zebrana z pola w ciągu 1 roku.

LITERATURA

1. Oelmann Y, Buchmann N, Gleixner G, Habekost M, Roscher C, Rosenkranz S, Schulze E, Steinbeiss S, Temperton VM, Weigelt A, et al. Plant diversity effects on aboveground and belowground N pools in temperate grassland ecosystems: Development in the first 5 years after establishment. *Global Biogeochem Cy* (2011) 25:n/a-n/a. doi:10.1029/2010gb003869
2. Oelmann Y, Richter AK, Roscher C, Rosenkranz S, Temperton VM, Weisser WW, Wilcke W. Does plant diversity influence phosphorus cycling in experimental grasslands? *Geoderma* (2011) 167:178–187. doi:10.1016/j.geoderma.2011.09.012

3. Hacker N, Ebeling A, Gessler A, Gleixner G, Macé OG, Kroon H, Lange M, Mommer L, Eisenhauer N, Ravenek J, et al. Plant diversity shapes microbe-rhizosphere effects on P mobilisation from organic matter in soil. *Ecol Lett* (2015) 18:1356–1365. doi:10.1111/ele.12530

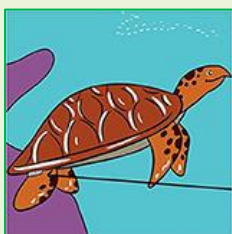
ZREDAGOWANY PRZEZ: Malte Jochum, Niemieckie Centrum Integracyjnych Badań nad Bioróżnorodnością (iDiv), Niemcy

CYTACJA: 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

KONFLIKT INTERESÓW: Autorzy oświadczają, że badania zostały przeprowadzone bez żadnych komercyjnych lub finansowych relacji, które mogłyby być interpretowane jako potencjalny konflikt interesów.

COPYRIGHT © 2021 Koller-France, Wilcke i Oelmann. To jest artykuł o otwartym dostępie rozpowszechniany na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa (CC BY). Wykorzystywanie, rozpowszechnianie lub powielanie na innych forach jest dozwolone pod warunkiem, że autor(zy) i właściciel(e) praw autorskich są wymienieni, a oryginalna publikacja w tym czasopiśmie jest cytowana. Publikacja w tym czasopiśmie jest cytowana, zgodnie z przyjętą praktyką akademicką. Niedozwolone jest wykorzystywanie, rozpowszechnianie lub powielanie niezgodne z niniejszymi warunkami.

MŁODZI RECENZENCI



MACKENZIE, WIEK: 14

Nazywam się Mackenzie i lubię muzykę (zarówno grać, jak i słuchać), książki (w szczególności fantasy) oraz sport (mój ulubiony to tenis). Lubię też przedmioty ściśle, matematykę i język, ale najbardziej lubię biwakować z plecakiem.



ROSE, WIEK: 14

Cześć. Mam 14 lat i mieszkam w Kanadzie. Lubię robić na drutach, szydełkować i czytać.

AUTORZY

EVA KOLLER-FRANCE

Eva jest ekologiem ekosystemowym zainteresowanym wpływem wszelkiego rodzaju globalnych zmian na obieg węgla i składników odżywczych w ekosystemie. Swoje początkowe lata doktoratu spędziła wędrując po Arktyce, aby badać wpływ zmian środowiskowych na powiązania między obiegiem węgla i składników odżywczych. Obecnie jest badaczem podoktoranckim w Jena Experiment (<http://www.the-jena-experiment.de/>), badającym długoterminowy wpływ bogactwa gatunkowego roślin na obieg azotu i fosforu. *ekoller@gmail.com





WOLFGANG WILCKE

Wolfgang Wilcke studiował geokologię na Uniwersytecie w Bayreuth, a obecnie jest profesorem geomorfologii i gleboznawstwa w Instytucie w Instytucie Technologii w Karlsruhe (KIT) po stażach badawczych i dydaktycznych na Uniwersytecie Technicznym w Berlinie, Uniwersytecie Johanna Gutenberga w Moguncji i Uniwersytecie w Bernie. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na wpływie zmian środowiskowych, w tym zmian klimatycznych, zmian użytkowania gruntów, depozycji składników odżywczych, zanieczyszczeń i utraty różnorodności biologicznej, na obiegu pierwiastków między glebami i roślinami. Wykorzystuje analizy chemiczne gleby, długoterminowe obserwacje przepływu pierwiastków i metody stabilnych izotopów.

YVONNE OELMANN

Yvonne jest gleboznawcą zajmującym się obiegiem węgla i składników odżywczych w ekosystemach. Zrobiła doktorat na Uniwersytecie Technicznym w Berlinie na temat wpływu różnorodności roślin na obieg składników odżywczych w glebach użytków zielonych (<http://www.the-jena-experiment.de/>). Jako post-doc poszerzyła swoje spojrzenie na tę kwestię, koncentrując się na złożonych ekosystemach leśnych i uwzględniając wpływ człowieka. W 2011 r. została mianowana profesorem na Uniwersytecie w Tybindze i od tego czasu pracuje nad obiegiem węgla i składników odżywczych w użytkach zielonych i lasach na całym świecie.



TŁUMACZE

TYMOTEUSZ JÓZEFOWSKI

Cześć, mam na imię Tymek i mam 10 lat, moja pasja to LEGO® mam ponad sto zestawów, lubię matkę i muzykę a po szkole bawię się z kolegami na polu (nie na dworze ponieważ mieszkam w Krakowie 😊).



AGNIESZKA JÓZEFOWSKA

Od małego interesowała się przyrodą, a dżdżownice poznała bliżej w trakcie wędrowania z dziadkiem. Studiowała ochronę środowiska a po studiach rozpoczęła badania nad tym jak działalność człowieka wpływa na glebę i jej mieszkańców - zwłaszcza na dżdżownice. Agnieszka poza pracą naukową chętnie prowadzi różne warsztaty dla dzieci i młodzieży z zakresu nauk o glebie. Prywatnie jest mamą Tymak i triathlonistką (czyli pływa, jeździ na rowerze i biega).



FUNDING (TRANSLATION)

The team Translating Soil Biodiversity acknowledges support of the German Centre for integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig funded by the German Research Foundation (DFG FZT 118, 202548816).