

# ŚCIÓŁKA LEŚNA – ŻYCIODAJNY SKŁADNIK LASÓW



Na czym polega proces rozkładu ściółki leśnej i jakie jest jego znaczenie dla ekosystemów leśnych? Czy w nadchodzącej przyszłości ciągle aktualne będzie stare powiedzenie: „Nie było nas, był las, nie będzie nas, będzie las”?

**Paweł Horodecki  
Andrzej M. Jagodziński**

Institut Dendrologii  
Polskiej Akademii Nauk w Kórniku

Ściółka leśna w języku angielskim określana jest wyrazem „litter”, który z kolei możemy przetłumaczyć na język polski jako „śmieci” lub „odpadki”. I mniej więcej w ten sposób jest postrzegana przez

przeciętnego człowieka. O jej istnieniu przypominamy sobie co najwyżej jesienią, w czasie grzybobrania. Stajemy się wtedy specjalistami potrafiącymi rozpoznać różne rodzaje ściółek, co w połączeniu ze względną znajomością gatunków drzew wzmacnia naszą intuicję co do przewidywanych zbiorów podczas grzybobrania. Kto z nas, widząc ściółkę brzożową, nie ma nadziei na znalezienie kurek lub kozłarzy? Odkryta ściółka sosnowa przyciąga natomiast (również zapachem) amatorów podgrzybków. Z drugiej strony, niska wilgotność ściółki jest główną przyczyną decyzji nadleśnictw zakazujących wstępu do lasów podczas suszy. Na tym nasza wiedza na temat ściółki leśnej

na ogół się kończy. Niewiele osób zdaje sobie sprawę z tego, jak kluczowe znaczenie odgrywa ona w leśnych ekosystemach.

## Z czego składa się ściółka?

Ściółka leśna jako położony najbliższej powierzchni poziom genetyczny gleb jest niezmiernie ważnym elementem środowiska. Wpływa na żyzność gleb za sprawą składników odżywczych zawartych w martwej materii organicznej, które trafiają do środowiska glebowego w procesie jej mineralizacji. Jakość opadającej na dno lasu materii organicznej, w powiązaniu z czynnikami klimatycznymi oraz stopniem rozwoju bioty glebowej (edafonu – organizmów żyjących w przypowierzchniowej części gleby), decydują o tempie uwalniania i włączania do obiegu pierwiastków (makro- i mikroelementów) dostępnych ponownie dla roślin, grzybów i zwierząt. W ostatnich latach wykonano wiele prac badawczych dotyczących tempa dekompozycji (rozkładu) ściółki różnej jakości w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Dzięki nim potrafimy wskazać gatunki roślin, których ściółka przyspiesza obieg materii i przepływ energii w układzie ekologicznym oraz tych, które je spowalniają, przyczyniając się do akumulacji na dnie lasu zhumifikowanej materii organicznej (tj. próchnicy glebowej – bezpostaciowych szczątków organicznych w różnych stadiach rozkładu). Liście takich gatunków drzew, jak olsza, jawor, wiąz, lipa czy jesion, ulegają względnie szybkiej dekompozycji, wpływając na użyźnienie gleby, natomiast liście buka, dębów, sosny czy świerka rozkładają się relatywnie wolniej.

## Proces rozkładu

Nie w każdym przypadku ściółka leśna podnosi żyzność gleby. Wszystko zależy od punktu wyjścia, tzn. od stanu gleby. W Instytucie Dendrologii PAN od lat prowadzone są badania na temat tempa rozkładu ściółek pochodzących z drzew różnych gatunków rosnących na terenach przemysłowych, czyli silnie przekształconych w wyniku działalności człowieka. Gleby te charakteryzują się inicjalnymi stadiami rozwoju, tzn. zawierają mniej materii organicznej w porównaniu do w pełni wykształconych gleb, mniejsza jest też ich aktywność mikrobiologiczna, porowatość ogólna (procentowy udział wolnych przestworów w bryle glebowej) czy pojemność wodna (zdolność gleby do pochłaniania i zatrzymywania wody). W takim przypadku możemy z całą stanowczością stwierdzić, że rozkład martwej materii organicznej pochodzącej z jakichkolwiek roślin porastających takie grunty wpłynie na poprawę żyzności „odtworzących się” gleb. Nasze badania, które objęły analizę rozkładu liści 14 gatunków drzew, dowiodły większej przydatności niektórych z nich w procesie odtwarzania wierzchnich

poziomów gleby i uproduktynienia terenów zdegradowanych. Na przykład w drzewostanach mieszanych rosnących na zwałowisku zewnętrznym (hałdzie górniczej), powstałym jako konsekwencja wydobywania węgla brunatnego metodą odkrywkową, spośród rodzimych gatunków drzew najszybszemu rozkładowi ulegały liście olszy czarnej, jesionu, wiązu szypułkowego, jaworu i osiki, podczas gdy najwolniejszemu liście dębu szypułkowego, buka i sosny zwyczajnej. Możemy także rekomendować formy zmieszania poszczególnych gatunków drzew, tak aby zoptymalizować oczekiwany efekt jak najkorzystniejszej proporcji mineralizowanej części ściółki (w efekcie czego pierwiastki biogenne wracają do obiegu) do jej części zhumifikowanej (poprawiającej właściwości fizyczne gleb) w procesie rozkładu, a tym samym wpłynąć na skrócenie czasu koniecznego do odtworzenia poziomu organicznego gleb zdegradowanych działalnością człowieka (np. górnictwem odkrywkowym). Odtwarzając ekosystemy leśne na siedliskach zdegradowanych, powinniśmy urozmaicać składy gatunkowe drzewostanów. Proces rozkładu liści przebiega w nich bowiem szybciej aniżeli pod drzewostanami jednogatunkowymi, np. sosnowymi czy brzozowymi, które najczęściej wprowadzane są na terenach rekultywowanych i zagospodarowywanych w kierunku leśnym.

## Użyźnianie gleb

Odmienne wnioski na temat użyźniania gleb leśnych przez rozkładającą się ściółkę można wyciągnąć, rozpatrując jej jakość w drzewostanach konkretnych gatunków porastających siedliska o większym potencjale produkcyjnym. Kilka ton igliwia sosnowego opadającego rokrocznie na 1 ha starszych drzewostanów sosnowych, rosnących na bogatych siedliskach lasowych, przyczynia się do degeneracji zbiorowisk roślinnych i nadmiernego zakwaszenia gleb. Żyźne siedliska porośnięte roślinnością rzeczywistą (aktualnie występującą na danym obszarze) zgodną z potencjalną (czyli hipotetycznym stanem roślinności, który zostałby osiągnięty, gdyby tendencje rozwojowe aktualnie występującej roślinności mogły zrealizować się natychmiast i bez ograniczeń w wyniku ustania działalności człowieka oraz naturalnych czynników destrukcyjnych) zachowują względnie stały poziom żyzności, a rozkład nekromasy jest w nich relatywnie szybki. Z kolei pod drzewostanami rosnącymi na żyznych siedliskach, lecz o zubożonych składach gatunkowych, często wręcz jednogatunkowych (sosnowe czy świerkowe), w procesie mineralizacji martwej materii organicznej uwalniać się będą do obiegu relatywnie mniejsze ilości składników odżywczych niż w sytuacji zgodności roślinności rzeczywistej z roślinnością potencjalną. W przypadku typowych siedlisk leśnych na podstawie analizy przebiegu rozkładu konkretnego rodzaju ściółki możemy ocenić, czy w najbliższej



### dr inż. Paweł Horodecki

Jest leśnikiem. Zajmuje się rozpoznaniem mechanizmów odpowiedzialnych za dynamikę procesu produkcji pierwotnej oraz wiązania i akumulacji węgla w lasach, a także analizą cykli biogeochemicznych w ekosystemach leśnych w różnym stopniu przekształconych działalnością człowieka.  
phorodecki@man.poznan.pl



### dr hab. inż. Andrzej M. Jagodziński

Profesor i dyrektor Instytutu Dendrologii PAN, profesor na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, z wykształcenia leśnik i biolog. Zajmuje się analizą czynników determinujących produkcję biomasy i retencję węgla w lasach oraz analizą ekologicznych uwarunkowań różnorodności biologicznej ekosystemów leśnych.  
amj@man.poznan.pl



przyszłości będzie zachodził proces użyźniania (wzbożania) gleby, czy raczej jej degradacja (zubożenie). Zależy to m.in. od gatunku tworzącego drzewostan porastający dany obszar oraz jakości materii organicznej opadającej corocznie na dno lasu. Dysponując odpowiednią wiedzą na temat możliwości rozwoju wierzchnich warstw gleb w konkretnych warunkach drzewostanowych, możemy wpłynąć na jego przebieg w innych miejscach, zbliżonych pod względem jakości siedliska. Dzięki tej wiedzy możemy spróbować zapobiec lub ograniczyć skutki degradacji gleby, planując np. zmianę składu gatunkowego drzewostanu. Tempo rozkładu (oraz zależna od niego proporcja mineralizacji do humifikacji) jest bardzo wrażliwe na warunki siedliskowe i szerzej – środowiskowe (w skali mikro i makro), dlatego wszelkie zaburzenia warunków mogą wpłynąć na wielkość puli pierwiastków dostępnych dla roślin, a w konsekwencji tempo wzrostu roślin, przyrostu ich biomasy, produkcji pierwotnej netto, a ostatecznie na lokalny bilans węgla.

## Ściółka leśna a węgiel

W obliczu postępujących zmian klimatycznych, uodwodnionego globalnego wzrostu temperatury oraz konsekwencji z niego wynikających, stabilność i trwałość złożonych ekosystemów leśnych, będących pod ogromną antropopresją, są zagrożone. Zwiększająca się koncentracja gazów cieplarnianych w atmosferze prowadzi do podgrzewania naszej planety. We wrześniu 2019 r. koncentracja najbardziej rozpoznawalnego z nich – dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ; będącego papierkiem lakmusowym globalnego ocieplenia) – wynosiła prawie 409 cząsteczek na milion (ppm). W roku, w którym zatonął Titanic (1912), koncentracja tego gazu w atmosferze pierwszy raz przekroczyła 300 ppm, a w erze przedindustrialnej (przed 1750 r.) wynosiła tylko 280 ppm (ten poziom utrzymywał się we wcześniejszych stuleciach). Średnia temperatura globalna wzrosła od przytoczonego roku o ok.  $1^\circ\text{C}$ . Dalsze, najbardziej pesymistyczne prognozy przewidują wzrost koncentracji  $\text{CO}_2$  w atmosferze do 1350 ppm w 2100 r., co może podnieść temperaturę globalną nawet o  $4,8^\circ\text{C}$  w odniesieniu do czasu sprzed rewolucji przemysłowej. Skala globalna wydaje się jednak dość odległa, jakby nas nie dotyczyła. Jednak galopujące zmiany są również zauważalne zdecydowanie bliżej. Według bezpośrednich pomiarów wykonanych w stacji meteorologicznej położonej na terenie Instytutu Dendrologii PAN średnia roczna temperatura w Kórniku wzrosła o ok.  $1,6^\circ\text{C}$  w ciągu ostatnich 60 lat. To z pewnością przemawia do wyobraźni. Zdaniem wielu naukowców gleba lub szerzej siedlisko, którego gleba jest częścią składową, stanowi bufor łagodzący gwałtowne zmiany. W glebie zakumulowana jest bowiem zdecydowana większość węgla organicznego związanego w ekosystemach leśnych. Według szacunków

globalnie jest to nawet prawie 2500 gigaton (miliardów ton), uwzględniając tylko jednometrową głębokość gleby, poniżej której węgiel organiczny jest rzadko spotykany. W szacunkach tych należy dodatkowo uwzględnić pulę tego pierwiastka (nawet nieco ponad 1100 gigaton) zakumulowanego w glebach torfowych (złożonych wyłącznie z organicznych warstw), charakteryzujących się zdecydowanie większą miąższością niż 1 m. Dla porównania związany w biomacie roślin węgiel „waży” globalnie ok. 500 gigaton. Co więcej, pula węgla zgromadzonego w glebach na naszej planecie jest według różnych danych dwa, a nawet trzy razy większa aniżeli w atmosferze (w postaci  $\text{CO}_2$ ). Największym źródłem tego pierwiastka w glebie są opadające nadziemne części roślin oraz rozkładające się korzenie, części grzybów i bakterii, a także produkty metabolicznej aktywności organizmów glebowych. Ściółka jako element ekosystemu leśnego ma więc ogromne znaczenie w zapobieganiu zmianom klimatycznym. Dbałość człowieka o zachowanie stabilności rezerwuarów węgla ma istotne znaczenie dla koncentracji  $\text{CO}_2$  w atmosferze.

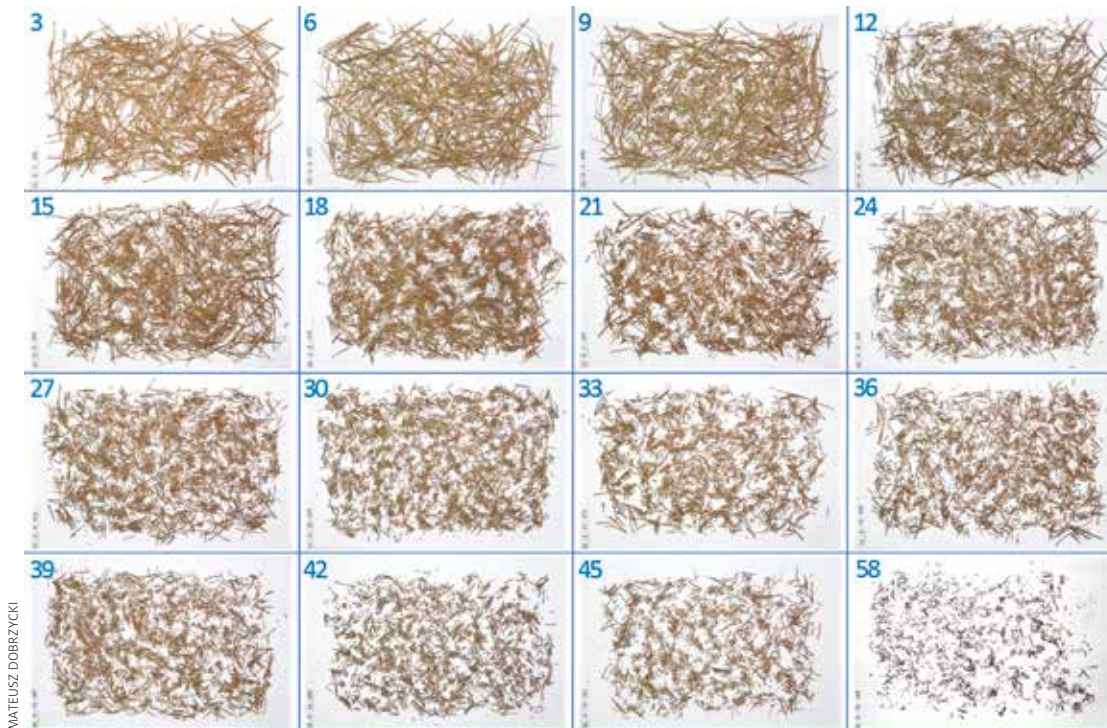
## Stan gleb leśnych a zmiany klimatyczne

Pomimo względnej stabilności środowiska glebowego w kontekście zachodzących globalnych zmian klimatycznych nie jest ono całkowicie na nie odporne. Stan wierzchnich warstw gleb – organicznej (której widoczną na dnie lasu częścią jest ściółka) i próchnicznej, a w związku z tym pula zakumulowanego w niej węgla, w dużej mierze zależy od strefy klimatycznej i rodzaju pokrywy roślinnej. W strefie międzyzwrotnikowej, gdzie obieg materii w ekosystemach leśnych jest zdecydowanie szybszy niż w pozostałych strefach, relatywnie więcej węgla związane jest w biomacie roślin. Im dalej od równika, tym bardziej proporcje te zmieniają się na korzyść ściółki. Poza tym ogromny wpływ na stan gleby (ilość zdeponowanej w niej martwej materii organicznej i zawartego węgla) wywierają wszelkiego rodzaju zaburzenia oddziałujące na szatę roślinną we wszystkich strefach klimatycznych. A te, jak udowodniono na przestrzeni ostatnich dekad, pojawiają się coraz częściej. Huraganowe wiatry, wielkopowierzchniowe pożary czy masowe, często przybierające rozmiar kłeski, występowanie szkodliwych (z punktu widzenia gospodarki) owadów powodują zanikanie pokrywy leśnej na ogromnych obszarach. Brak ochrony gleb w postaci pokrywy roślinnej powoduje ich degradację, a co za tym idzie, uwalnianie ogromnych ilości  $\text{CO}_2$  do atmosfery w wyniku dekompozycji, będącej przejawem procesu oddychania na poziomie ekosystemu. Miejsca, w których abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne (związane głównie z gospodarką leśną) zaburzenia ekosystemów leśnych nie występują, stanowią niewielki odsetek gruntów le-



PAWEŁ HORODECKI

Ściółka w drzewostanie jaworowym



MATEUSZ DOBRZYCKI

Etapy rozkładu igliwia sosnowego w drzewostanach mieszanych porastających zwałowisko zewnętrzne Kopalni Węgla Brunatnego w Bełchatowie. Liczby w lewym górnym rogu poszczególnych fotografii oznaczają czas rozkładu (w miesiącach) liczony od rozpoczęcia eksperymentu

śnych. Szwedzcy naukowcy, badając stan biomasy dna lasów borealnych, wykazali na najmniejszych wyspach jeziornych w Laponii masę materii organicznej wynoszącą nawet 760 t na 1 ha. To zdecydowanie więcej niż w lasach gospodarczych z tamtejszej oraz pozostałych stref klimatycznych. Naukowcy ci stwierdzili, że wpływ na tak dużą akumulację materii organicznej miał przede wszystkim cykl zaburzeń miejscowych ekosystemów. Wyspy te, z racji ograniczonej dostępności, są wyłączone z gospodarki leśnej. Natomiast ostatnie zaburzenia naturalne – pożary wywołane przez pioruny – wystąpiły tam nawet 3000 lat temu. W przypadku terenów lądowych o dużej powierzchni prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń naturalnych (ale również wywołanych działalnością człowieka) jest zdecydowanie wyższe. Wielkość biomasy zakumulowana w takich ekosystemach jest mniejsza, zarówno w odniesieniu do zhumifikowanej na dnie lasu materii organicznej (próchnicy), jak i w biomase złożonej głównie z szybko rosnących gatunków roślin drzewiastych.

Rozwijana w minionych stuleciach gospodarka leśna, prowadzona na ogromnych obszarach, również nie sprzyjała zwiększaniu (a nawet utrzymaniu) puli węgla w glebach. Wprawdzie pozyskiwane drewno jest swego rodzaju długoterminowym magazynem wbudowanego w części roślin węgla (z wyjątkiem surowca drzewnego pozyskiwanego na cele energetyczne), to jednak każdorazowe odsłonięcie pokrywy glebowej następujące przy wykonywaniu zrębów skutkuje uwalnianiem ogromnych jego ilości do atmosfery. Co więcej, w sposobach gospodarowania lasem wielu państw nadal dominuje przygotowanie gleby (w dużej mierze związane z głęboką orką) przed wprowadzeniem kolejnych pokoleń lasu. Takie działania niosą katastrofalne konsekwencje, powodując szybką mi-

neralizację zakumulowanej na dnie lasu materii organicznej. Jednak od wielu lat zarządzający terenami leśnymi, będąc świadomymi zmian klimatycznych zachodzących w tempie rewolucyjnym, a także dysponując wiedzą o roli lasów w łagodzeniu ich skutków, starają się modyfikować dotychczasowe działania w ramach obowiązujących zasad hodowli lasu, tak aby zakładanie nowych nasadzeń w trakcie odnowienia lasu w jak najmniejszym stopniu wpływało na degradację pokrywy glebowej. Dzisiaj w coraz większym stopniu wykorzystuje się naturalne odnowienie lasu. Ponadto coraz częściej do drzewostanów w wieku przedrębnym wprowadza się podsadzenia (które z czasem mogą stać się drzewostanem głównym), zapewniając tym samym ciągłość pokoleń bez drastycznej ingerencji w ekosystem leśny. Takie działania idealnie łączą ze sobą podstawowe funkcje lasów: gospodarczą, związaną z zaspokojeniem potrzeb społeczeństwa na surowiec drzewny, oraz ochronną, związaną z zabezpieczeniem pokrywy glebowej przed degradacją. Co więcej, przyczyniają się do zwiększenia puli zakumulowanego w ekosystemach leśnych węgla. Szacuje się, że modyfikacja gospodarki leśnej może zwiększyć tę pulę w skali globalnej o dodatkowe 50–100 gigaton w okresie ok. 50 lat. Według założeń programu Leśnych Gospodarstw Węglowych polskie lasy w ciągu 30 lat pochłoną dodatkowo 37 t węgla na 1 ha.

W kontekście ogromnego potencjału lasów w łagodzeniu skutków zmian klimatycznych należy podjąć wszelkie działania mające na celu ochronę gleb leśnych oraz modyfikację dotychczasowego sposobu gospodarowania zasobami leśnymi, tak aby nieprawdziwe okazało się powiedzenie François-René de Chateaubrianda: „Lasy poprzedzają ludzi, pustynie ludziom towarzyszą”. A przecież retencja węgla to niejedyna funkcja środowiskotwórcza ekosystemów leśnych.