

# MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA FAUNY GLEBOWEJ W MONITORINGU EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

Małgorzata Sławska

## Abstrakt

Gleba i procesy w niej zachodzące mają podstawowe znaczenie dla zachowania produktywności ekosystemów leśnych. Jedną z grup zwierząt występujących bardzo licznie w ściółce i glebie leśnej są skoczogonki (*Collembola*, *Hexapoda*). Na przykładzie tej grupy przedstawiono możliwości wykorzystania fauny glebowej w monitoringu ekosystemów leśnych.

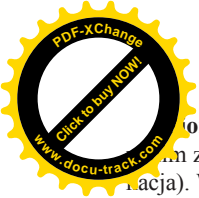
W powadzonej w lasach gospodarce dominuje zrębowy sposób zagospodarowania lasu. Większość leśnych bezkręgowców wykazuje wysoką wrażliwość na zmiany spowodowane przez zrab zupełny. Po wycięciu drzewostanu następuje drastyczne obniżenie liczebności i biomasy większości bezkręgowców ściółkowo-glebowych. Zespoły leśnej fauny ulegają rozpadowi, w faunie wzrasta udział gatunków o szerokim spektrum środowiskowym i geograficznym, zwiększa się udział form małych i ruchliwych o krótkich cyklach życiowych.

W pracy dokonano również oceny wybranych rozwiązań przyjętych w ramach proekologicznej gospodarki leśnej pod kątem ich wpływu na aktywność biologiczną gleb leśnych. Na podstawie zgrupowań skoczogonków pozostawionych na zrębach kęp starych drzew stwierdzono, że obserwowana po wycięciu drzewostanu redukcja bogactwa gatunkowego zgrupowań jest wolniejsza w obrębie pozostawionych kęp starych drzew niż na otwartej powierzchni zrębowej a skuteczność ochrony leśnej fauny jest proporcjonalna do wielkości tych kęp. Przygotowanie gleby w talerze bez naruszenia struktury gleby na pozostałej powierzchni zrębowej pozwala przetrwać większej liczbie gatunków niż przygotowanie gleby przez wyoranie pasów.

## Abstract

**Possibilities of use of soil fauna in forest ecosystems monitoring. Soil and soil processes have basic importance for maintenance of forest ecosystems productivity.** Springtails (*Collembola*, *Hexapoda*) are one of animals group that occur in litter and soil in big numbers. This group was used as an example of using soil fauna in forest ecosystems monitoring. Clear cut system dominates in Polish forests. Most of forest invertebrate is highly sensitive to changes caused by this way of cutting. Number and biomass of most litter invertebrates decrease substantially after clear cut. Communities of forest fauna degenerate, share of eurytopic species, small species, with short life span increases.

The paper evaluate methods applied according to close to nature silvicultur and their influence on soil fauna. Clusters of old-growth forest left on clear-cut areas slow down rate disappearing of forest species. This effect was proportional to area of forest cluster. Soil preparation in small spots, without scarification on remaining area allowed survival to bigger number of species than in case of plowed strips.



**bioindykacja** to metoda diagnozy i oceny warunków środowiska oraz zachowania zmian za pomocą wskaźników roślinnych (fitoindykacja) lub zwierzęcych (zooindykacja). Wyróżniamy: bioindykację autekologiczną, gdy wskaźnikami są pojedyncze organizmy lub gatunki i bioindykację synekologiczną, w której wartość wskaźnikową mają grupy gatunków lub zbiorowiska traktowane jako całość (Matuszkiewicz, 1981).

Bioindykacyjne metody uzyskiwania informacji o stanie środowiska są stosowane w przypadku, kiedy:

- Parametr środowiskowy nie może zostać zmierzony metodami bezpośrednimi
- Parametr jest mierzalny metodami bezpośrednimi, ale uzyskanie wiarygodnych wyników jest trudne lub obarczone dużym błędem
- Parametr jest łatwy do pomiaru, ale jego interpretacja bez dodatkowych informacji uzyskanych ze środowiska jest utrudniona lub wręcz niemożliwa

Przykładem pierwszego podejścia jest zastosowanie metod bioindykacyjnych do rekonstrukcji pH jezior w oparciu o zbiór okrzemek zgromadzonych w osadach dennych i obliczony na tej podstawie indeks okrzemkowy bazujący na proporcji gatunków acidofilnych do alkalofilnych. Inne tego typu zastosowanie to rekonstrukcja zmiany temperatur w Wielkiej Brytanii na przestrzeni ostatnich 22 tysięcy lat dokonana w oparciu o oznaczone pozostałości chrząszczy o znanych wymaganiach termicznych znalezione w różnych warstwach gleby, których wiek został określony metodami węgla radioaktywnego.

W drugim przypadku bioindykacja ułatwia obserwację oddziaływania czynnika wprowadzonego do środowiska, jeżeli jego pomiar bezpośredni jest utrudniony. Przykładem takiego wykorzystania bioindykacji jest ocena toksyczności pestycydów, których okres aktywności jest bardzo krótki i zmienny w czasie, natomiast skutki dla fauny widoczne przez wiele tygodni po aplikacji. Wiele parametrów środowiskowych takich jak pH, wilgotność czy temperatura gleby jest zmiennych w skali przestrzenno-czasowej i odpowiednie indykatory takie jak np. rośliny wskaźnikowe lepiej opisują warunki siedliskowe niż precyzyjne pomiary tych parametrów przy użyciu instrumentów pomiarowych.

W trzecim przypadku, kiedy bezpośredni pomiar parametru jest wykonalny, jak ma to miejsce przy ocenie depozytu różnych związków chemicznych w glebach, bioindykacja pozwala ocenić czy zmierzony poziom zanieczyszczenia powoduje istotne skutki ekologiczne. Monitoring techniczny gleb wykazał w wielu rejonach dramatyczny wzrost koncentracji metali ciężkich, ale to badania zooindykacyjne pozwoliły wyznaczyć obszary, w których zmiany w żywotności dżdżownic prowadzą do spadku aktywności biologicznej gleb (Van Straalen 1998).

### **Dlaczego monitoring ekosystemów leśnych powinien wykorzystywać informacje pochodzące ze środowiska glebowego?**

Gleba to życiodajne podłoże wszystkich ekosystemów lądowych. Procesy zachodzące w glebie mają podstawowe znaczenie dla zachowania trwałości i produktywności ekosystemów lądowych. Twierdzenie to odnosi się również do ekosystemów leśnych, ponieważ ściółka leśna jest źródłem większości składników pokarmowych pobieranych corocznie przez rośliny. Dodatkowo, znaczną część produkcji pierwotnej ekosystemu stanowi biomasa korzeni, które poprawiają strukturę gleby i wydzielają różne związki a po obumarciu są cennym źródłem składników pokarmowych.



stawne funkcjonowanie gleby jest uzależnione od stałego dopływu materii organicznej, której sprawny rozkład, czyli dekompozycji. Tempo dekompozycji natomiast jest procesem kontrolowanym przez trzy główne czynniki: warunki klimatyczne, jakość ściółki i organizmy występujące w glebie. Warunki klimatyczne to przede wszystkim temperatura i opady. Jakość ściółki wpływa na tempo dekompozycji przez skład chemiczny związków i ich proporcje w martwej materii organicznej. Ponieważ jednak dekompozycja jest procesem zasadniczo biologicznym, jej sprawny przebieg zależy od aktywności wielu organizmów glebowych.

Należy podkreślić, że glebę cechuje niezwykle bogactwo i różnorodność występujących w niej organizmów. Na 1 m<sup>2</sup> gleby można znaleźć do 1000 gatunków zwierząt, w tym 200 gatunków stawonogów. Jedną z grup zwierząt występujących w środowisku ściółko-glebowym są skoczogonki (*Collembola*, *Hexapoda*). Na przykładzie tej właśnie grupy przedstawione zostaną możliwości wykorzystania fauny glebowej w monitoringu ekosystemów leśnych.

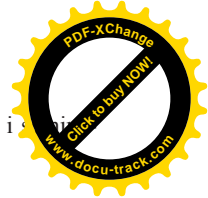
Skoczogonki bardzo licznie występują we wszystkich typach ekosystemów lądowych, ponieważ w toku ewolucji wykształciły szereg morfologicznych przystosowań do życia w bardzo różnych środowiskach. Gatunki występujące na powierzchni ściółki i w wierzchnich jej warstwach mają dobrze wykształcone oczy, odnóża, czułki i aparat skoczny. Są też bardzo wyraźnie pigmentowane. Gatunki żyjące w głębszych poziomach gleby są pozbawione oczu i pigmentu, a krótkie odnóża i wydłużony kształt ciała ułatwiają im przemieszczanie w wypełnionych powietrzem porach glebowych.

Skoczogonki jak większość bezkręgowców glebowych biorą udział w procesie dekompozycji. Odżywiają się przede wszystkim grzybnią, ale też odchodami innych zwierząt glebowych, humusem i drobnymi organizmami występującymi w glebie. Ważnym aspektem żerowania skoczogonków jest ich wpływ na aktywność i biomasę mikroflory glebowej oraz uwalnianie składników pokarmowych zawartych w strzępkach grzybów. Dodatkowo, skoczogonki przyczyniają się do rozprzestrzeniania grzybów w glebie i uczestniczą w budowie struktury gleby. Stanowią również ważne źródło pokarmu dla fauny drapieżnej takiej jak chrząszcze, pająki, mrówki (Hopkin 1997).

Takson używany do bioindykacji musi spełniać szereg kryteriów, z których za podstawowe uważa się pospolicność, czyli liczne występowanie w różnych typach środowisk, dobre rozpoznanie wymagań ekologicznych i rozmieszczenia geograficznego przedstawicieli grupy, a także dostateczne opracowanie systematyki pozwalające na prawidłowe oznaczanie gatunków (Pankhurst i in. 1997). Grupa powinna również pełnić ważną rolę w funkcjonowaniu ekosystemów i jednocześnie wykazywać wrażliwość na zmiany zachodzące w środowisku a reakcje te powinny być mierzalne, proporcjonalne do natężenia czynnika i powtarzalne. Dodatkowo, takson wskaźnikowy musi być łatwy do znalezienia oraz odłowu przy pomocy metod ilościowych, aby uzyskany materiał mógł być analizowany przy zastosowaniu procedur statystycznych.

Skoczogonki są bardzo często używane w badaniach ekologicznych jako grupa wskaźnikowa a ich wysoka przydatność do bioindykacji wynika z następujących właściwości grupy:

- Bogate w gatunki i liczne zgrupowania występują we wszystkich typach ekosystemów lądowych
- Duża wrażliwość na zmiany parametrów środowiskowych
- Mała siła dyspersji i raczej osiadły tryb życia, dzięki czemu lepiej odzwierciedlają warunki lokalne niż formy bardziej ruchliwe



Względna stałość składu i struktury zgrupowań ekosystemów naturalnych i turalnych

- Wysoki stopień specyficzności zgrupowań różnych typów ekosystemów
- Dostatecznie dobre poznanie grupy, zwłaszcza *Collembola* Europy
- Dopracowane metody zbioru pozwalające na uzyskanie porównywalnych wyników.

W przedstawionych na wstępie możliwościach wykorzystania bioindykacji w uzyskaniu informacji o środowisku, skoczogonki nie znajdują zastosowania tylko w pierwszym przypadku, gdyż z powodu słabo schitynizowanego oskórka, zwykle nie zostawiają trwałych szczątków w pokładach mineralnych i organicznych. Są natomiast z powodzeniem używane w dwóch pozostałych przypadkach, czyli jako narzędzie do oceny parametrów trudno mierzalnych i zmiennych w czasie oraz jako informacja dodatkowa ułatwiająca ocenę ekologicznych skutków i kierunków zmian zachodzących w środowisku.

W waloryzacji ekosystemów leśnych skoczogonki znajdują zastosowanie do oceny szerokiego spektrum problemów (Sławska 2005). Liczne przykłady wykorzystania skoczogonków można ująć w trzech głównych grupach tematycznych:

- Ocena wpływu gospodarki leśnej, czyli metod pozyskania, hodowli i ochrony lasu na procesy zachodzące w glebie
- Ocena oddziaływań zewnętrznych wpływających na lasy takich jak zanieczyszczenia przemysłowe
- Szacowanie wartości przyrodniczej obszarów leśnych.

## Zręby zupełne i ich wpływ na ekosystem lasu

Zręby zupełne i ich wpływ na ekosystem lasu to zagadnienie, któremu w zooindykacji poświęcono zdecydowanie najwięcej miejsca. Ekologiczne skutki tego zabiegu były przedmiotem pionierskich prac zooindykacyjnych (Huhta i in. 1967, Huhta 1976, 1979, Huhta, Mikkonen 1982, Szujewski 1966, 1976). Uzyskane wyniki zainicjowały nowe podejście do lasu, który zaczął być postrzegany jako złożony układ przyrodniczy, którego trwałość zależy od całego szeregu czynników o różnej wrażliwości na zaburzenia i presje. W tym samym czasie zwrócono uwagę na skutki intensywnego użytkowania lasu dla obiegu biogeochemicznego i wynikające z tego zagrożenia dla produktywności gleb leśnych (Kimmins 1987). Zmiany liczebności poszczególnych grup bezkręgowców zaczęto więc traktować jako sygnał zaburzeń w środowisku glebowym a różnice w faunie między drzewostanem poddanym różnym zabiegom a nie zaburzonym jako stopień odkształcenia tego układu.

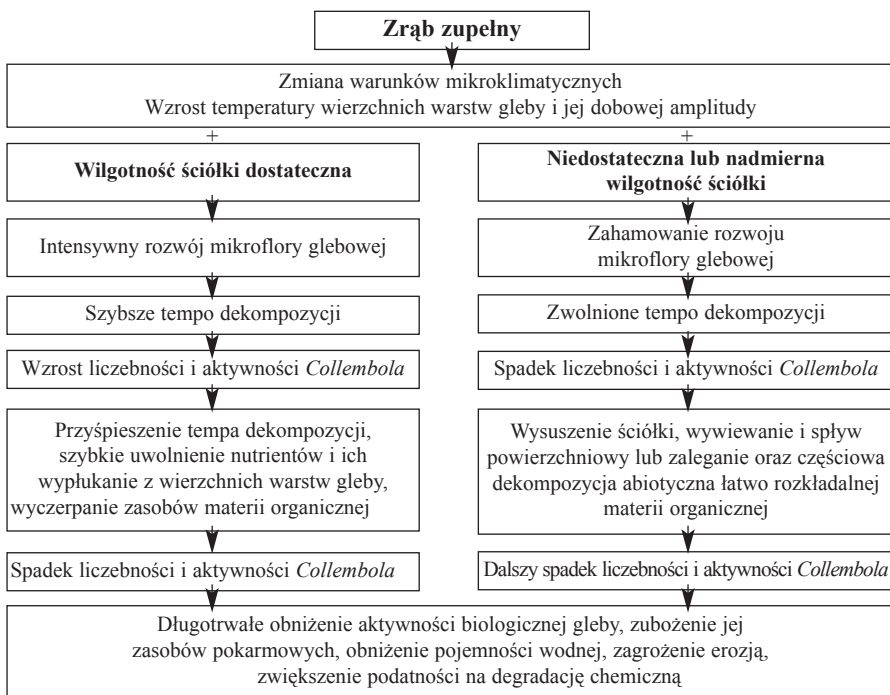
W prowadzonej w polskich lasach gospodarce dominuje zrębowy sposób zagospodarowania. Wg danych GUS w 2004 roku odnowienie na zrębach zupełnych stanowiło 87% ogólnej powierzchni odnowień. Z tego względu w niniejszej pracy omówiony zostanie wpływ gospodarki zrębowej na aktywność biologiczną gleb leśnych na podstawie reakcji fauny ściółkowo-glebowej. Przeanalizowane zostaną również możliwości wykorzystania fauny glebowej do oceny skuteczności nowych rozwiązań wprowadzanych w ramach ekologicznej gospodarki leśnej.

Z punktu widzenia ekologii, zręb zupełny do pewnego stopnia naśladuje występujące naturalnie zaburzenia takie jak pożary, czy wiatrolomy. Zaburzenie, zdefiniowane jako ograniczone w czasie zdarzenie, które zmienia warunki abiotyczne, dostępność składników pokarmowych, niejako z definicji zakłóca funkcjonowanie ekosystemów, zespołów czy populacji.



Drugiej strony zrąb zupełny jest powszechnie stosowany, ponieważ jest skutecznym środkiem w sterowaniu sukcesją leśną. Celem tego zabiegu jest stworzenie optymalnych warunków wzrostu określonym gatunkom drzew. Usunięcie drzewostanu powoduje zmianę warunków mikroklimatycznych na sprzyjające tym gatunkom, natomiast przygotowanie gleby dostosowuje warunki glebowe do wymagań młodych drzewek i zmniejsza konkurencję ze strony innych roślin. W ten sposób osiągnięty zostaje zamierzony skutek - ekosystem zostaje cofnięty do wcześniejszych faz sukcesji leśnej. Założenie uprawy, czyli wprowadzenie pożądanych gatunków drzew znacznie przyspiesza regenerację roślinności. Zakłada się przy tym, że wraz ze wzrostem nowego drzewostanu w sposób spontaniczny odtworzą się wszystkie pozostałe komponenty ekosystemu leśnego, w tym i środowisko glebowe. Tymczasem gleba jest efektem koewolucji jej ożywionych i nieożywionych komponentów a powstanie sprawnie funkcjonującego zespołu organizmów glebowych jest procesem długotrwałym.

Zrąb zupełny nie sprzyja szybkiej odbudowie zespołu organizmów glebowych, ponieważ drastycznie zmienia warunki ich bytowania. Na zręb zupełnym następuje wzrost temperatury gleby i jej dobowej amplitudy oraz przesychnanie wierzchnich warstw gleby. Dodatkowo zniszczenie struktury gleby oznacza likwidację miejsc życia i rozrodu fauny epigeicznej-glebowej a zahamowanie opadu ściółki i odcięcie dopływu materii ze strefy korzeniowej zmniejszenie bazy pokarmowej.



**Rys. 1.** Wpływ zrzębu zupełnego na aktywność biologiczną gleb leśnych - scenariusz zaburzeń zachodzących w środowisku glebowym opracowany na podstawie zmian w grupowaniach *Collembola*.  
*Fig. 1.* Influence of clear cutting on biological activity of forest soil - script of disturbance in soil environment based on changes in *Collembola* communities



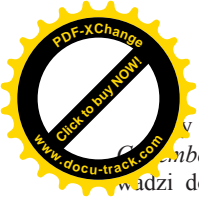
Większość leśnych bezkręgowców wykazuje wysoką wrażliwość na zmiany spowodowane przez zrab zupełny. Po wycięciu drzewostanu następuje drastyczne obniżenie liczby i biomasy większości bezkręgowców ściółkowo-glebowych. Zespoły leśnej fauny ulegają rozpadowi. W faunie wzrasta udział gatunków o szerokim spektrum środowiskowym i geograficznym. Zwiększa się udział form małych i ruchliwych o krótkich cyklach życiowych (Szujceki 1995).

Negatywne oddziaływanie zrębu jest potęgowane przez przygotowanie gleby pod zalesienie. Większość bezkręgowców glebowych wykazuje wysoką wrażliwość na spowodowane orką zaburzenie struktury gleby i innych jej właściwości, przy czym reakcja grupy zależy od rozmiarów ciała jej przedstawicieli (Kladivko 2001). Większe bezkręgowce takie jak dżdżownice, biegaczowate i pająki reagują drastycznym obniżeniem zarówno liczebności jak i biomasy. Przedstawiciele mezofauny, czyli skoczogonki i roztocza wykazują umiarkowaną negatywną odpowiedź. Natomiast wykonanie orki może mieć zarówno hamujący jak i stymulujący wpływ na rozwój mikrofauny w zależności od warunków i terminu zabiegu. Dodatkowo mieszanie gleby sprzyja namnażaniu bakterii, natomiast hamuje rozwój grzybów glebowych, modyfikując w ten sposób jej zasoby pokarmowe (Hendrix i in. 1986). Liczebność zgrupowań *Collembola* po zabiegu przygotowania gleby na powierzchni zrębowej jest odwrotnie proporcjonalna do jego nasilenia (Sławska 2002b).

Mechanicznej uprawie gleby towarzyszy zwykle jej ugniatanie, które powoduje dodatkowy, negatywny, proporcjonalny to stopnia odkształcenia gleby wpływ na skoczogonki i roztocza. Wykazano, że tempo odbudowy liczebności zgrupowań *Collembola* po łącznym oddziaływaniu obu zaburzeń zależy od głębokości orki i tylko w przypadku orki płytkiej następuje w ciągu tego samego sezonu wegetacyjnego (Schrader, Lingnau 1997).

Skutki usunięcia drzewostanu i przygotowania gleby znajdują swoje odzwierciedlenie również w składzie zgrupowań *Collembola* (Sławska 2002a, Sławska, Sławski 1997, Sterzyńska 1995). Na zrębie przeżywa zaledwie kilka gatunków skoczogonków. Następuje wyraźne zmniejszenie udziału gatunków o wąskim zasięgu geograficznym. Początkowe silne wahania liczebności prowadzą ostatecznie do redukcji zagęszczenia do 1/5 stanu typowego dla drzewostanów dojrzałych. Zmiany te mają swoje konsekwencje dla procesów zachodzących w glebie. Wzrost liczebności zgrupowań skoczogonków bezpośrednio po wycięciu drzewostanu wydaje się być spowodowany przede wszystkim wzrostem temperatury wierzchnich warstw gleby wpływającej bezpośrednio na przyspieszenie tempa rozkładu ściółki. W warunkach dostatecznego uwilgotnienia ściółki obfity rozwój mikroflory glebowej, dla której dodatkową pożywką może być dopływ materii organicznej w postaci odpadów zrębowych, wydatnie zwiększa ilość dostępnego pokarmu. W tych warunkach liczebność zgrupowań *Collembola* może się wyraźnie zwiększyć. Po wyczerpaniu zapasów pokarmowych zawartych w ściółce i odpadach zrębowych przy minimalnym opadzie ściółki z młodych drzewek tempo dekompozycji spada i przez następnych kilkanaście lat utrzymuje się na poziomie niższym niż w drzewostanach dojrzałych.

W warunkach niedoboru wilgoci dochodzi do wyraźnego załamania liczebności zgrupowań na powierzchni zrębowej zaraz po usunięciu drzewostanu. Oznacza to zahamowanie aktywności mezofauny glebowej, czasowe zwolnienie tempa rozkładu ściółki i upośledzenie obiegu materii. Długotrwałe obniżenie aktywności biologicznej gleby pociąga za sobą zubożenie jej zasobów pokarmowych, obniżenie pojemności wodnej, zagrożenie erozją, zwiększenie podatności na degradację chemiczną (rys. 1). Każdy z tych czynników powoduje pogorszenie warunków wzrostu nowego pokolenia lasu.



W trakcie wtórnej sukcesji leśnej następuje pełna odbudowa leśnych zgrupowań *Collembola*? Pytanie to jest jak najbardziej zasadne, ponieważ sukcesja regeneracyjna prowadzi do powstania drzewostanów różniących się od lasów naturalnych. Drzewostany gospodarcze dojrzałe do wyrębu cechuje mniejszy zapas martwej materii organicznej, uboższy zestaw grzybów leśnych i uproszczony skład gatunkowy ściółki. To sprawia, że baza pokarmowa dla zwierząt ściółkowo-glebowych jest uboższa pod względem ilościowym i jakościowym.

Przykładem obszernej analizy zgrupowań *Collembola* w procesie wtórnej sukcesji leśnej są badania przeprowadzone w lasach wschodniego wybrzeża Kanady (Addison i in 2003). Przy zastosowaniu kilku metod odłowu fauny wykazano, że tempo regeneracji fauny glebowej po zrębie zupełnym jest bardzo powolne i nawet stuletni okres wzrostu drzewostanu nie prowadzi do pełnej odbudowy składu i struktury leśnych zgrupowań *Collembola*. Fauna starodrzewi liczących ponad 250 lat różni się istotnie nie tylko od fauny kilkuletnich młodników, ale też od fauny drzewostanów młodszych klas wieku (35-46 lat) a nawet blisko stuletnich (80-102 lata). Co prawda we wszystkich badanych drzewostanach skład gatunkowy zgrupowań był zbliżony, nie znaleziono również gatunków typowych tylko dla starszych klas wieku. Natomiast istotne różnice w strukturze zgrupowań młodników i starodrzewi ujawnione zostały przy pomocy analizy wieloczynnikowej, która potwierdziła również przejściowy charakter fauny drzewostanów średniowiekowych i około stuletnich (Addison i in 2003).

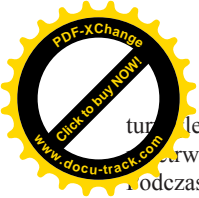
Z badań porównawczych wynika zatem, że zgrupowania *Collembola* drzewostanów dojrzałych do wyrębu różnią się od fauny starodrzewi 150-200 letnich pochodzenia naturalnego. Fauna starodrzewi składa się z większej liczby gatunków. W starodrzewach na 1 m<sup>2</sup> występuje znacznie więcej skoczogonków niż w dojrzałych do wyrębu drzewostanach gospodarczych. Starodrzewy cechuje wyraźne regionalne zróżnicowanie fauny. Natomiast zgrupowania drzewostanów gospodarczych tracą swój regionalny charakter, co prowadzi do unifikacji fauny dużych obszarów leśnych.

Podsumowując, zrąb zupełny, będący skutecznym narzędziem w sterowaniu sukcesją leśną, stosowany na szeroką skalę, zwłaszcza na glebach ubogich może okazać się destrukcyjny dla podsystemu glebowego, a długi okres regeneracji fauny glebowej może stanowić zagrożenie dla utrzymania produktywności siedlisk leśnych.

Fauna glebowa oprócz oceny skutków ekologicznych gospodarki leśnej może też być skutecznym narzędziem do weryfikacji nowych rozwiązań w tej dziedzinie. Przykładem działań mających na celu minimalizację negatywnych skutków działalności człowieka w lesie są nowe metody przyjęte w ramach proekologicznej gospodarki leśnej. Na pytanie, czy działania te sprzyjają zachowaniu aktywności biologicznej gleb leśnych, można odpowiedzieć na podstawie badań epigieiczno-glebowych zgrupowań bezkręgowców.

Jednym z proponowanych rozwiązań jest pozostawienie na zrębach zupełnych kęp drzew starodrzewia, których zadaniem będzie ochrona leśnej fauny i przyspieszenie tempa jej regeneracji w fazie uprawy i młodnika. Z reakcji zgrupowań *Collembola* wynika, że obserwowana zwykle po wycięciu drzewostanu redukcja bogactwa gatunkowego zgrupowań jest wolniejsza w obrębie pozostawionych kęp starych drzew niż na otwartej powierzchni zrębowej. Co więcej, skuteczność ochrony leśnych bezkręgowców jest proporcjonalna do wielkości kęp drzew pozostawionych na zrębie (Sławska 2002a).

Innym rozwiązaniem zalecanym w ramach proekologicznej gospodarki leśnej, ale mającym długą tradycję w leśnictwie, jest przygotowanie gleby w talerze bez naruszenia struk-



tura gleby na pozostałej powierzchni zrębowej. Ten sposób przygotowania gleby prowadzi do zwiększenia liczby gatunków niż przygotowanie gleby przez wyoranie pasy. Podczas gdy orka w pasy redukuje liczebność do kilkunastu procent stanu wyjściowego, przygotowanie talerzy zachowuje ponad połowę osobników skoczogonków. Tak więc, zarówno bogactwo gatunkowe jak i liczebność zgrupowań po zabiegu przygotowania gleby jest odwrotnie proporcjonalne do jego nasilenia (Sławska 2002b).

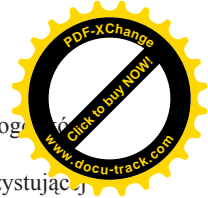
## Podsumowanie

- Fauna ściółkowo-glebova wyraźnie reaguje na zmiany zachodzące w ekosystemach leśnych pod wpływem prowadzonej gospodarki i dzięki temu jest dobrym wskaźnikiem skutków ekologicznych działalności człowieka w lasach
- Gleba to środowisko podatne na zaburzenia o bardzo długim okresie regeneracji zasobów żywych.
- Leśnictwo musi stale doskonalić metody gospodarowania, tak aby minimalizować ich negatywny wpływ na aktywność biologiczną gleb leśnych a nowe rozwiązania w użytkowaniu, hodowli i ochronie lasu powinny w większym stopniu być ukierunkowane na ochronę gleby

## Literatura

- Addison J.A., Trofymow J.A., Marshall V.G. 2003. Abundance, species diversity, and community structure of *Collembola* in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Applied Soil Ecology* 24: 233-246.
- Hendrix P.F., Parmelee R.W., Crossley D.A.Jr., Coleman D.C., Odum E.P., Groffman P. 1986. Detritus food web in conventional and no-tillage agroecosystems. *Bioscience* 36: 374-380.
- Hopkin S.P. 1997. Biology of the Springtails (Insecta: *Collembola*). Oxford University Press. Oxford, New York, Tokyo.
- Huhta V. 1976. Effects of clear-cutting on numbers, biomass and community respiration of soil invertebrates. *Annales Zoologici Fennici* 13: 63-80.
- Huhta V., Karppinen E., Nurminen M., Valpas A. 1967. Effect of silvicultural practices upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. *Ann. Zool. Fenn.* 4: 87-135.
- Huhta V., Mikkonen M. 1982. Population structure of Entomobryidae (*Collembola*) in a mature spruce stand and in clear-cut reforested areas. *Pedobiologia*. 24: 231-240.
- Kimmins J.P. 1987. *Forest Ecology*. Macmillan Publishing Company. New York.
- Kladivko E.J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research* 61: 61-76.
- Matuszkiewicz W. 1981. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN Warszawa.
- Pankhurst C., Doube B.M., Gupta V.V.S.R. 1997. *Ecological Indicators of Soil Health*. Cab International P. Wallingford.
- Schrader S., Lingnau M. 1997. Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land. *Pedobiologia* 41: 202-209.
- Sławska M. 2002a. *Collembola* responses to silviculture practices - communities of stand patches retained on logging area. *Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology*, No. 52: 3-15.





- Sławska M. 2002b. Wpływ sposobu przygotowania gleby na zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Apterygota*) boru sosnowego. Sylwan 11: 63-72.
- Sławska M. 2005. Propozycja metody waloryzacji ekosystemów leśnych wykorzystując epigeiczne-glebowe zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Hexapoda*), Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Sławska M., Sławski M. 1997. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby, fauny glebowej i roślinności jako wskaźnik regeneracji i sukcesji boru sosnowego. W: VI Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych. Waloryzacja ekosystemów leśnych metodami zoindykacyjnymi. pp. 242: 205-22
- Sterzyńska M. 1995. *Collembola* in the process of secondary succession of the pine forests of Puszcza Białowieska. Fragmenta Faunistica 38 (17): 353-364.
- Szujecki A. 1966. Kształtowanie się stosunków ilościowych i jakościowych wśród ściółkowych kusakowatych (*Coleoptera*, *Staphylinidae*) borów sosnowych świeżych pod wpływem zrębów zupełnych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Szujecki A. 1976. Wpływ rębni zupełnej na entomofaunę glebową. Folia Forestalia Polonica, A, 22: 49-58.
- Szujecki A. 1995. Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych. Fundacja Rozwój SGGW. 175-251.
- Van Straalen N.M. 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. Applied Soil Ecology. 9 (1-3): 429-437.

**Małgorzata Sławska**

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa