

MAŁGORZATA SŁAWSKA

Granica lasu jako strefa ochronna ekosystemu leśnego. Analiza składu i struktury zgrupowań skoczogonków (*Collembola*)*

Forest edge as a protection zone of forest ecosystem.
Analysis of composition and structure of *Collembola* communities

Wstęp

Gospodarcza działalność człowieka w czasach nowożytnych spowodowała daleko idące przekształcenia krajobrazu naturalnego. Przejawem tego jest m.in. fragmentacja kompleksów leśnych prowadząca do powstawania często małych i izolowanych płatów lasu rozrzuconych na terenach użytkowanych rolniczo. Tego typu fragmentacja jest zagrożeniem dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów leśnych ponieważ prowadzi do otoczenia kompleksów leśnych biocenozami o odmiennych, niekorzystnych dla lasu warunkach abiotycznych. Dodatkowo, będąca wynikiem gospodarki leśnej znaczna redukcji zróżnicowania ekosystemów leśnych powoduje zmniejszenie heterogenności środowiska życia roślin i zwierząt. Z tego powodu powstanie ostrych granic lasu z terenami otwartymi, jest znacznym zagrożeniem dla wnętrza lasu i w dużym stopniu zwiększa prawdopodobieństwa wymierania leśnych roślin i zwierząt (1).

W warunkach coraz silniejszej presji na lasy innych niekorzystnych czynników takich jak zanieczyszczenia przemysłowe, oddziaływanie urbanizacyjne i komunikacyjne, presja turystyczna, ochrona izolowanych kompleksów leśnych przez kształtowanie obrzeży leśnych staje się koniecznością.

Badania nad fauną ekotonów powstałych spontanicznie na obrzeżach lasów mają ważne znaczenie dla praktyki leśnej. Z jednej strony pozwalają poznać strukturę i funkcjonowanie

*Praca wykonana w Katedrze Ochrony Lasu i Ekologii SGGW w ramach tematu "Optymalizacja szerokości i składu gatunkowego pasów ochronnych w strefach ekotonowych" finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

zamieszkujących je zoocenoz i w ten sposób ocenić znaczenie obrzeży drzewostanu dla zachowania różnorodności i stabilności ekosystemu leśnego (2, 4, 5). Z drugiej strony badania takie mogą dostarczać informacji istotnych przy projektowaniu sztucznych pasów ochronnych, mających spełniać rolę stref buforowych dla fauny terenów otwartych.

Celem niniejszej pracy jest odpowiedź na pytanie czy spontanicznie powstałe, zwarte obrzeża drzewostanów chronią wewnątrz ekosystemu leśnego przed napływem bezkręgowców epigeicznych i glebowych z agrocenoz sąsiadujących z lasem.

Metodyka i materiał

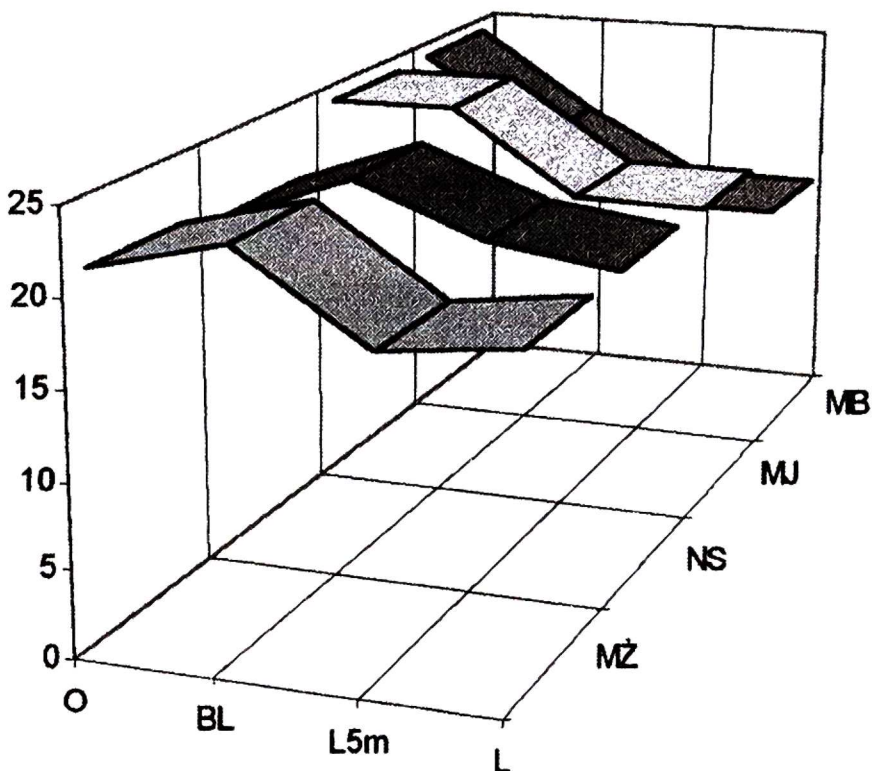
Materiały do analizy zgrupowań *Collembola* zebrane zostały na obrzeżach czterech drzewostanów. Trzy z nich to ekotony łąka-las na siedliskach lasowych w Nadleśnictwie Miastko (powierzchnia Żarnowiec MŻ, Jarzębina MJ i Buk MB) i jeden w Nadleśnictwie Niedźwiady na siedlisku borowym graniczący z murawą napiaskową (powierzchnia Sosna NS). Dokładny opis powierzchni i porastających je zbiorowisk roślinnych zawiera praca Sławskiego (8).

Materiały zebrano metodą transektową powszechnie przyjętą do badań ekotonów. Na każdej powierzchni wyznaczono cztery następujące strefy: O – teren otwarty (łąka mineralna lub murawa napiaskowa), BL – brzeg lasu (przy pniach pierwszych drzew), L5m – 5 metrów w głąb lasu od jego brzegu i L – wewnątrz lasu (25 metrów w głąb lasu). W każdej ze stref 31 maja 1996 i 19 października 1996 roku pobrano po 10 prób glebowych o powierzchni 20 cm² i głębokości 10 cm (razem 320 prób). Próby glebowe poddano wypłaszaniu w aparacie Tullgrena w Starej Brdzie. Materiał faunistyczny na podstawie sporządzonych preparatów został oznaczony do gatunku. Do opisanego zgrupowań użyto następujących charakterystyk: dominacja, liczba gatunków, zagęszczenie na 1 m² i wskaźnik ogólnej różnorodności gatunkowej (Shannon-Weaver H). Zgrupowania *Collembola* w obrębie poszczególnych ekotonów porównano przy użyciu numerycznej metody klasyfikacyjnej - analizy skupień (program statystyczny Statgraphics plus 2.1.)

Wyniki

Na wszystkich powierzchniach odłowiono łącznie 8017 osobników skoczogonków należących do 67 gatunków. Zgrupowania *Collembola* na powierzchniach Żarnowiec, Sosna i Jarzębina charakteryzowały się podobnym bogactwem gatunkowym – wykazano dla nich ponad 40 gatunków skoczogonków. Uboższy gatunkowo jest ekoton Buk, na którym stwierdzono 31 gatunków. Liczbę gatunków odłowionych w poszczególnych strefach na wszystkich powierzchniach przedstawiona została na rycinie 1. W każdym z ekotonów zgrupowania *Collembola* łąk (O) i brzegów lasu (BL) wykazują największe bogactwo gatunkowe w porównaniu do zgrupowań leśnych (L5m i L). Liczba odłowionych gatunków zdecydowanie maleje już w odległości 5 metrów w głąb lasu od jego brzegu i w tej strefie przyjmuje wartości typowe dla zgrupowań leśnych.

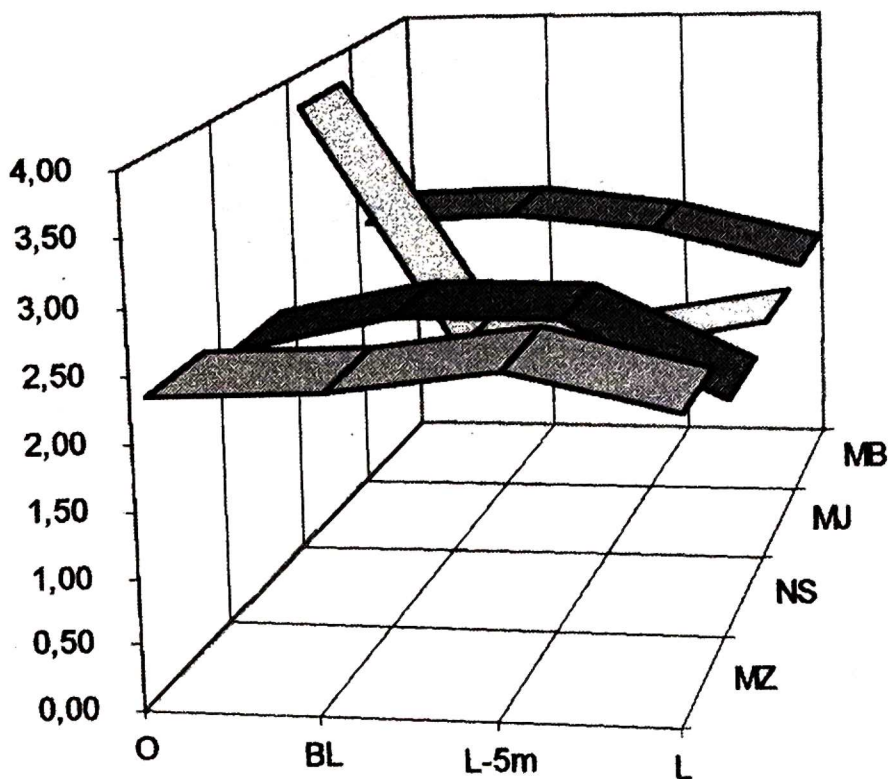
Stosunki ilościowe zgrupowań w poszczególnych ekotonach opisuje struktura dominacyjna. Na wszystkich powierzchniach pod względem liczebności dominują gatunki eurytopowe. *Isotoma notabilis* Schäffer jest dominantem na łąkach, w lesie i strefie przejściowej we



RYC. 1. Liczba gatunków *Collembola* odłowionych w poszczególnych strefach ekotonów; MŻ – ekoton żarnowiec, MJ – ekoton jarzębina i MB – ekoton buk, NS – ekoton sosna, O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

wszystkich ekotonach a jego udział w liczebności zgrupowań wynosi zazwyczaj około 20%. Jeżeli zgrupowanie ma uproszczoną strukturę dominacyjną, jak ma to miejsce w całym ekotonie Jarzębina, udział tego gatunku rośnie do ponad 40%, a w skrajnym przypadku 52% (brzeg lasu ekotonu Jarzębina). Inne eurytopowe gatunki licznie odłowione w ekotonach to *Folsomia quadrioculata* (Tullberg) i *Lepidocyrtus lignorum* (Fabricius) na powierzchni Żarnowiec i Buk oraz *Isotomiella minor* (Schäffer) w ekotonie Sosna.

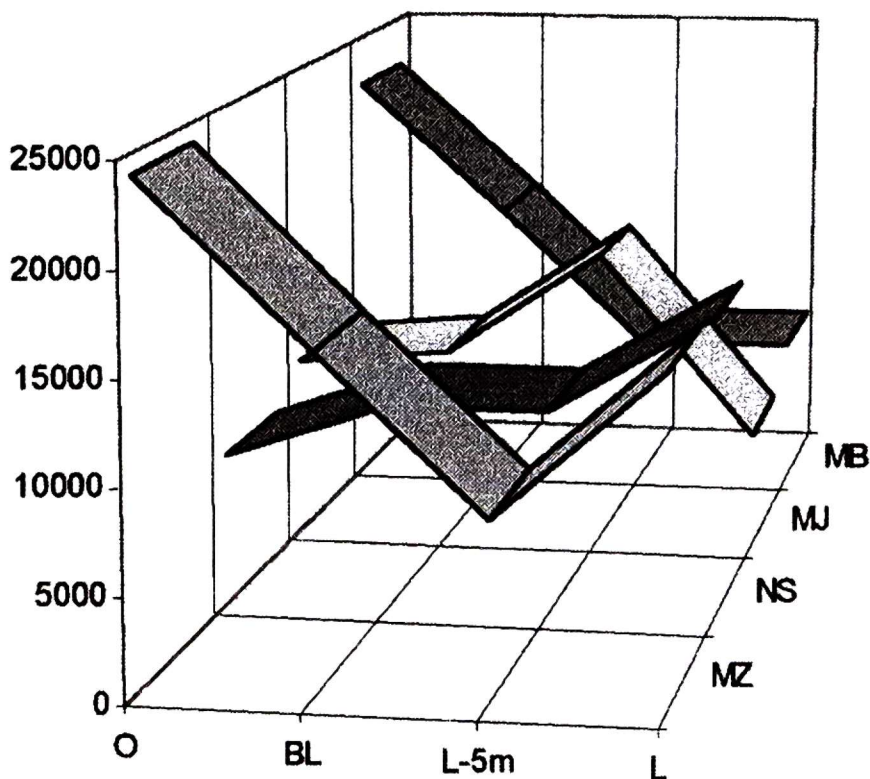
Analiza występowania gatunków na poszczególnych powierzchniach nie wykazała istnienia gatunków ekotonowych, charakterystycznych tylko dla środkowych stref ekotonów (BL i L5 m). Fauna ekosystemu łąkowego składa się z gatunków eurytopowych i gatunków terenów otwartych, których udział jest różny w poszczególnych ekotonach. Należą do nich gatunki kserotermiczne *Cryptopygus bipunctatus* (Axelson), *Isotomodes productus* (Axelson), myrmekofilny *Cyphoderus albinus* Nicolet oraz inne gatunki typowe dla łąk i pól, jak: *Psudosinella alba* (Packard), *Lepidocyrtus violaceus* Lubbock, *Isotoma viridis* Bourlet, *Protaphorura tricampata* (Gisin), *Sminthurides schoetti* (Axelson), *Heteromurus nitidus* (Templeton) i *Ceratophysella succinea* (Gisin). W leśnych zgrupowaniach *Collembola* oprócz wymienionych gatunków eurytopowych występują gatunki typowe dla lasu. Są to *Micraptorura absoloni* (Börner), *Isotoma violacea* (Tullberg), *Neanura muscorum* (Templeton), *Micranurida pygmaea* (Börner) i gatunki z rodzaju *Friesea* Dalla Torre. Struktura zgrupowań stref przejściowych łąka-las jest zbudowana z gatunków terenów otwartych, leśnych i eurytopowych, a największy udział w zgrupowaniu mają te ostatnie. Gatunki łąkowe występują nielicznie tylko na brzegu lasu i nie wnikają w głąb tego ekosystemu.



RYC. 2. Wskaźnik różnorodności gatunkowej zgrupowań *Collembola* w poszczególnych strefach ekotonów; MŻ – ekoton żarnowiec, MJ – ekoton jarzębina, MB – ekoton buk, NS – ekoton sosna, O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

Biocenotyczne zróżnicowanie zgrupowań zostało ocenione przy użyciu wskaźnika ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera H (ryc. 2). We wszystkich ekotonach z wyjątkiem powierzchni Jarzębina strefa styku ekosystemów łąka-las cechuje się wzrostem różnorodności gatunkowej zgrupowań *Collembola*. Zarówno na brzegu lasu jak i strefie 5 metrów w głąb lasu biocenotyczne zróżnicowanie jest większe niż na łące i w lesie. Jedyne w przypadku ekotonu Jarzębina zgrupowania *Collembola* stref przejściowych pomiędzy łąką i lasem mają najniższe wskaźniki zróżnicowania gatunkowego. Tak więc prawie na wszystkich powierzchniach stwierdzono wzrost zróżnicowania biocenotycznego zgrupowań *Collembola* stref ekotonowych zwany efektem styku. Zjawisko to jest opisywane w literaturze w odniesieniu zarówno do roślin jak i różnych grup zwierząt (5). Pozytywny wpływ strefy przejściowej na bogactwo gatunkowe i różnorodność zgrupowań *Collembola* stwierdzony został również przez Ruska w ekotonie łąka-las i podobnie jak na badanych powierzchniach zaznaczył się on najsilnie na brzegu lasu (6).

Zagęszczenie osobników na 1 m^2 przyjęło wartości od 23,9 tys. osobników na 1 m^2 na łące powierzchni Żarnowiec do zaledwie 5,98 tys. w lesie ekotonu Buk. W poszczególnych strefach badanych ekotonów zagęszczenie przyjmuje różne wartości i zmiany tego wskaźnika mają podobny charakter tylko na powierzchni Żarnowiec i Buk (ryc. 3). Zgrupowania łąkowe tych ekotonów cechują się bardzo wysokim zagęszczeniem (powyżej 22 tys. osobn./ m^2), które przy brzegu lasu spada do 15,18-16,03 tys. osobników i najniższe wartości osiąga w strefie pięciu metrów od brzegu lasu (7,65-8,63 tys.). Na murawie napiaskowej ekotonu Sosna i łące powierzchni Jarzębina zagęszczenie zgrupowań jest

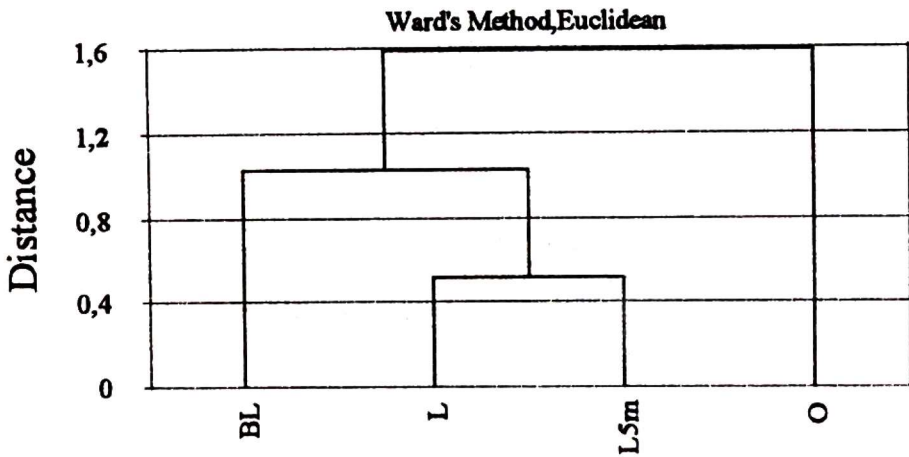


RYC. 3. Zagęszczenie zgrupowań *Collembola* w poszczególnych strefach ekotonów; MŻ – ekoton żarnowiec, MJ – ekoton jarzębina i MB – ekoton buk, NS – ekoton sosna, O-teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

niskie i wynosi odpowiednio 7,5 i 9,13 tys. osobn./m². Nieco większe wartości zagęszczenia odnotowano w strefie przejściowej łąka-las (ryc. 3). Zazwyczaj ugorowane pola przechodzące z czasem w zbiorowiska łąkowe są zasiedlane bardzo licznie przez skoczogonki zaś zgrupowania leśne na tym samym terenie mają zwykle znacznie mniejszą liczebność (9). Takiemu modelowi odpowiadają zmiany zagęszczenia w ekotonie Żarnowiec i Buk. Na pozostałych powierzchniach liczebność skoczogonków na 1 m² w poszczególnych strefach przyjmuje różne wartości. Z literatury wiadomo, że zagęszczenie fauny glebowej zależy od bardzo wielu parametrów środowiska min. typu gleby, jej wilgotności, temperatury, pH, obecności ściółki, składu mikrofauny i mikroflory (3). Czasem jeden z tych czynników może mieć znaczenie kluczowe np. północna wystawa ekotonu Jarzębina i związane z tym niekorzystne warunki cieplne mogą wpływać ograniczająco na liczebność fauny glebowej. Podsumowując można stwierdzić, że zagęszczenie zgrupowań *Collembola* odzwierciedla warunki mikrosiedliskowe panujące w poszczególnych strefach ekotonu. Podobny model liczebności zgrupowań w ekotonie opisywał Rusek w odniesieniu do *Collembola* stref przejściowych łąka-las (6, 7).

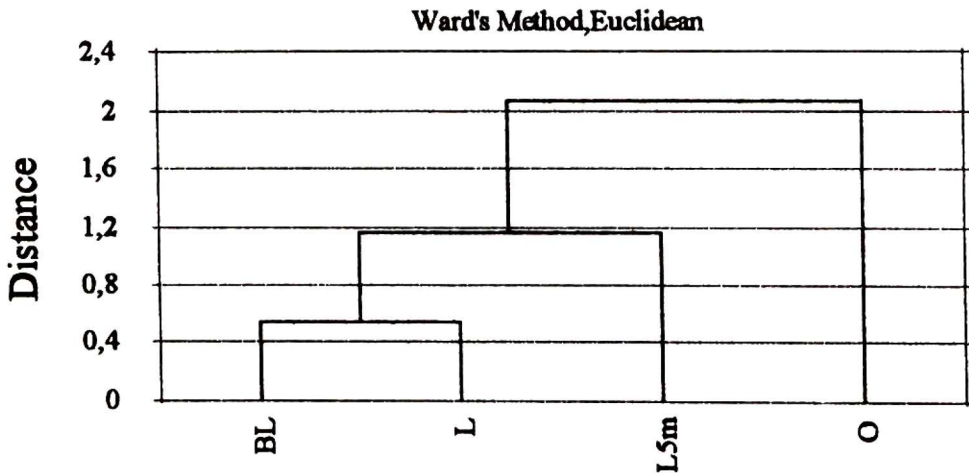
Stopień podobieństwa pomiędzy zgrupowaniami *Collembola* na poszczególnych powierzchniach określono za pomocą analizy skupień (metoda Wardta). W ekotonach Żarnowiec, Sosna i Jarzębina zgrupowania ekosystemu leśnego (L) i jego brzegu (BL, L-5m) tworzą grupę wyraźnie oddzieloną od zgrupowań łąkowych (O) (ryc. 4, 5, 6). Świadczy to swoistym charakterze fauny lasu i jego obrzeży oraz potwierdza minimalny udział fauny terenów otwartych w zgrupowaniach stref przejściowych między łąkami a lasem. Zgrupo-

EKOTON ZARNOWIEC



RYC. 4. Dendrogram zgrupowań *Collembola* ekotonu żarnowiec; O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

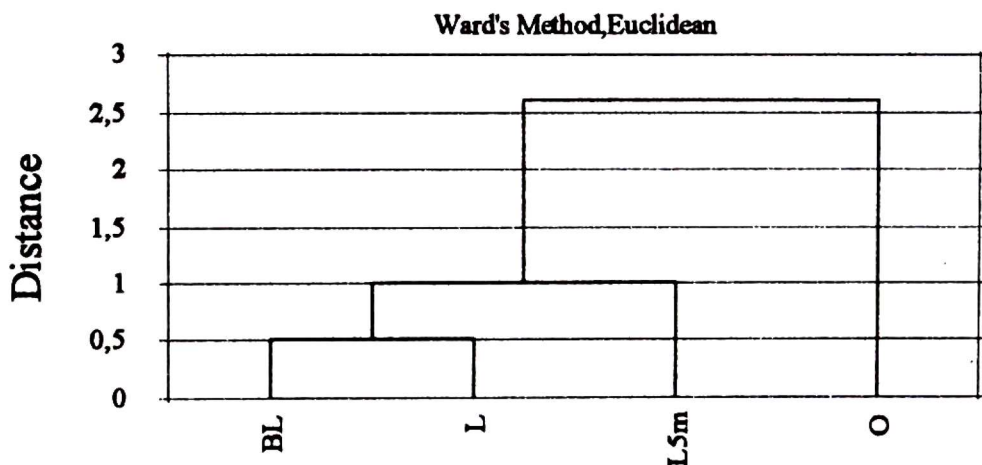
EKOTON SOSNA



RYC. 5. Dendrogram zgrupowań *Collembola* ekotonu sosna; O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

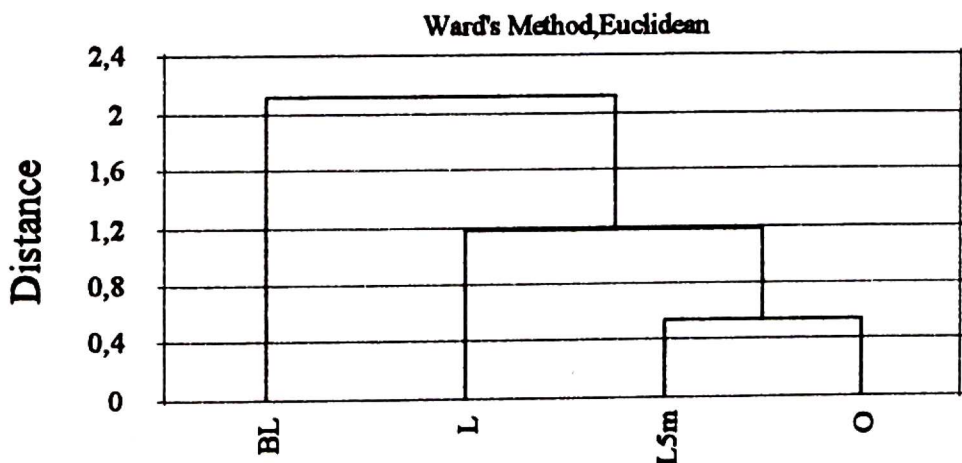
wania brzegów drzewostanu mimo obecności gatunków polnych mają wyraźnie charakter zgrupowań leśnych. Klasyfikacja zgrupowań *Collembola* na powierzchni Buk nie porządkuje stref ekotonu w sposób jasny i jednoznaczny (ryc. 7). Odzwierciedla ona niski stopień swoistości tej fauny zarówno na łące jak i lesie. Cały ekoton zdominowany jest przez gatunki eurytopowe przy minimalnym udziale skoczogonków typowych dla terenów otwartych i lasu. Przedstawione na rycinie 7 bliskie podobieństwo zgrupowania leśnego i polnego może być wynikiem podobnego udziału w ich składzie eurytopowych dominantów. Pozostałe charakterystyki zgrupowań ekotonu Buk pozwalają uznać strefę przejściową tej powierzchni za dobrze wykształconą strefę ekotonową pomiędzy ekosystemem łąkowym i leśnym.

EKOTON JARZEBINA



RYC. 6. Dendrogram zgrupowań *Collembola* ekotonu jarzębina; O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

EKOTON BUK



RYC. 7. Dendrogram zgrupowań *Collembola* ekotonu buk; O – teren otwarty, BL – brzeg lasu, L5 m – 5 metrów w głąb lasu, L – las

Podsumowanie

Na podstawie analizy zgrupowań *Collembola* wszystkie badane granice drzewostanów można uznać za właściwie wykształcone ekotony między agrocenozą a lasem. Na każdej powierzchni spełniają one rolę bufora dla drobnej fauny epigeicznej i glebowej terenów otwartych, która zostaje zatrzymana w strefie brzegowej drzewostanu i nie wchodzi w głąb ekosystemu leśnego.

Dowodów na buforowy charakter strefy przejściowej dostarczają przedstawione w poprzednim rozdziale charakterystyki zgrupowań *Collembola*. Z analizy składu gatunkowego zgrupowań wynika, że typowe dla mineralnych łąk znaczne bogactwo gatunkowe utrzy-

muje się jeszcze w strefie brzegowej drzewostanu, ale zwarta warstwa drzew i podszytu w strefie pięciu metrów w głąb lasu powoduje, że liczba odłowionych gatunków zdecydowanie maleje przyjmując już w tej strefie wartości typowe dla zgrupowań leśnych.

Na prawie wszystkich powierzchniach stwierdzono wzrost zróżnicowania biocenotycznego zgrupowań *Collembola* obrzeży ekosystemu leśnego zwany efektem styku, który potwierdza wykształcenie się swoistej strefy kontaktu sąsiadujących ekosystemów, strefy zasiedlonej przez bogatą w gatunki i różnorodną faunę.

Analiza skupień zgrupowań *Collembola* jest obiektywnym potwierdzeniem buforowego charakteru strefy przejściowej. W większości ekotonów zgrupowania leśne i zgrupowania brzegu lasu tworzą grupę wyraźnie oddzieloną od zgrupowań łąkowych. Świadczy to swoistym charakterze fauny lasu i jego obrzeży oraz potwierdza minimalny udział fauny terenów otwartych w zgrupowaniach stref przejściowych między łąkami a lasem. Zgrupowania brzegów drzewostanu mimo obecności gatunków polnych mają wyraźnie charakter zgrupowań leśnych.

Wnioski

- Na podstawie analizy zgrupowań *Collembola* wszystkie badane spontaniczne granice lasu można uznać za właściwie wykształcone ekotony między agrocenozą a lasem. Na każdej powierzchni spełniają one rolę bufora dla drobnej fauny epigeicznej i glebowej terenów otwartych, która zostaje zatrzymana w strefie brzegowej drzewostanu i nie wchodzi w głąb ekosystemu leśnego.
- Zwarta warstwa drzew i podszytu w pasie w odległości pięciu metrów od brzegu lasu powoduje, że liczba odłowionych gatunków skoczogonków w tej strefie jest zdecydowanie mniejsza niż na łące i już w strefie brzegowej granicy lasu przyjmuje wartości typowe dla zgrupowań leśnych.
- Obiektywnym potwierdzeniem buforowego charakteru granicy lasu jest analiza skupień zgrupowań *Collembola*, która wyraźnie wskazuje na odmienny charakter zgrupowań leśnych i zgrupowań brzegu lasu od fauny łąkowej oraz potwierdza minimalny udział fauny terenów otwartych w zgrupowaniach stref przejściowych między łąką a lasem.
- Na większości badanych powierzchni stwierdzono wzrost zróżnicowania biocenotycznego zgrupowań *Collembola* stref ekotonowych zwany efektem styku.

*Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa*

Literatura

1. **Barnes B. V., Zak D. R., Denton S. R., Spurr S. H.:** Forest Ecology. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, pp. 774, 1998.
2. **Dąbrowska-Prot E.:** Ecological importance of ecotones between forests and crop fields – a synthesis. *Ekologia Polska*. 43, p. 135-144, 1995.
3. **Hopkin S.:** Biology of the springtails (Insecta: *Collembola*). Oxford University Press, 1997.
4. **Łęgowski D., Mazur S., Smoleński M.:** A contribution to the knowledge of the predatorous epigeic arthropoda in an ecotonic field-forest zone. *Annals of Warsaw Agricultural University-SGGW. Forestry and Wood Technology*. 46, p. 13-30, 1995.
5. **Łuczak J., Dąbrowska-Prot E., Wójcik Z.:** Ecological specificity of ecotones as exemplified by the transition zone between forest and crop field. W: Dąbrowska-Prot E., Łuczak J. (eds) Ecological problems of the lakeland landscape in north-eastern Poland. Instytut Ekologii PAN. Warszawa, p. 15-142, 1995.
6. **Rusek J.:** Collembola and Protura in a meadow-forest ecotone. In: Dallai, R. (ed) 3rd International Seminar on Apterygota. University of Siena. Italy. 413-418, 1989.
7. **Rusek J.:** Distribution and dynamics of soil organism across ecotones. W: Hansen A. J., Castri F. (eds) Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flow. Springer-Verlag. p. 196-214, 1992.
8. **Sławski M.:** Granica lasu jako strefa ochronna ekosystemu leśnego. *Analiza roślinności*. *Sylwan* 2, p. 77-78, 2001.
9. **Sterzyńska M.:** Communities of *Collembola* in natural and transformed soils of the linden-oak-hornbaen sites of Mazovian Lowland. *Fragmenta Faunistica*. 34 (11), 1990.

Summary

Forest edge as a protection zone of forest ecosystem

Analysis of composition and structure of *Collembola* communities

Four well-developed, spontaneous ecotones between forest plantations and open land were chosen for the study. A belt of shrubs and juvenile trees formed these zones. Eurytopic species predominated within the collembolan communities, but their percentage was lower in the meadows. Species typical of open land, which dominated in the meadows, did not occur in the forest interiors; however, they were still present in the shrub zones. There were no species which occurred only in the transitional zones but the forest edge had positive effect on diversity of *Collembola* communities in these zones. The highest diversity index was reached in the transitional zones of ecotones that demonstrated the edge effect. The cluster analysis showed high faunistic divergence between meadow *Collembola* communities and communities in zones covered with shrub and trees. All investigated spontaneous ecotones at the forest edge are barriers that separate forest and open land ecosystems, because fauna typical of open land is halted at the border of shrubs.