

Ihor Kaprus'

*Lwowski Uniwersytet Narodowy im. Iwana Franki, Katedra Ekologii, Ukraina,
Państwowe Muzeum Przyrodnicze NAN Ukrainy we Lwowie, Ukraina,
adres e-mail: kaprus63@gmail.com, ihor.kaprus@lnu.edu.ua*

Wiesław Faltynowicz

*Badacz niezależny, Polska,
adres e-mail: oenothera8@wp.pl*

Oleh Sawchak

*Lwowski Uniwersytet Narodowy im. Iwana Franki, Katedra Ekologii, Ukraina,
adres e-mail: savchac22@gmail.com*

Marek Halama

*Uniwersytet Wrocławski, Muzeum Przyrodnicze,
adres e-mail: marek.halama@uwr.edu.pl*

Piotr Górski

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Botaniki,
adres e-mail: piotr.gorski@up.poznan.pl*

Agnieszka Kowalewska

*Trójmiejski Park Krajobrazowy, Pomorski Zespół Parków Krajobrazowych,
Oddział Zespołu w Gdańsku,
adres e-mail: a.kowalewska@pomorskieparki.pl*

Tomasz Leski

*Instytut Dendrologii PAN w Kórniku,
adres e-mail: tleski@man.poznan.pl*

Katarzyna Patejuk

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Ochrony Roślin,
adres e-mail: katarzyna.patejuk@upwr.edu.pl*

Monika Staniaszek-Kik

*Uniwersytet Łódzki, Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin,
adres e-mail: kik@biol.uni.lodz.pl*

Hanna Faltynowicz

*Politechnika Wroclawska, Katedra Zaawansowanych Technologii
Materiałowych,
adres e-mail: hanna.faltynowicz@pwr.edu.pl*

**ZNACZENIE LESZCZYNY W FORMOWANIU STRUKTURY
GLEBOWYCH ZGRUPOWAŃ SKOCZOGONKÓW
W LASACH GRĄDOWYCH WIGIERSKIEGO PARKU
NARODOWEGO**

*THE IMPORTANCE OF HAZEL IN THE FORMATION
OF THE STRUCTURE OF SOIL COLLEMBOLA COMMUNITIES
IN THE OAK–HORNBEAM FOREST OF THE WIGIERSKI
NATIONAL PARK*

Słowa kluczowe: Collembola, skład taksonomiczny, struktura ekologiczna, gatunki saproksyliczne, lasy grądowe

Key words: Collembola, taxonomic composition, ecological structure, saproxylic species, Tilio-Carpinetum forests

Abstract. A comparative analysis of the taxonomic and ecological structure of collembolan assemblages in the subcontinental oak-hornbeam forests of the Wigierski National Park with different projective coverages of hazel was carried out. The obtained results indicated that the fauna of the Collembola in the studied forests of the Wigierski NP is represented by 51 species belonging to 31 genera and 11 families. The fewest species were recorded in the areas without hazel, and the most were recorded with its participation. The obtained data indicate that the absence of hazel or its small presence leads to a decrease in the species richness of Collembola assemblages. On the other hand, the presence of hazel in the experimental plots of the oak-hornbeam forest allows more species of Collembola to survive both at the level of point and coenotic alpha-diversity richness according to P. Whittaker. This may indicate that in the studied forest communities with a significant presence of hazel, the capacity of the environment for Collembola increases, compared to those where hazel is absent or represented by a small number of woody shrubs. However, the detected changes in the studied taxocenes are insignificant and relate mainly to indicators of inventory species richness according to P. Whittaker, as well as the numerical ratio of species.

WSTĘP

Leszczyna pospolita *Corylus avellana* jest dużym krzewem naturalnie rosnącym bardzo często przede wszystkim na siedliskach żyznych lasów liściastych w Polsce i Europie, ale także w ciepłolubnych zbiorowiskach okrajkowych. Według klasyfikacji fitosocjologicznej jest gatunkiem charakterystycznym dla zbiorowisk z klasy *Quercus-Fagetea* [Matuszkiewicz 2005]. Jest to również gatunek ważny gospodarczo i powszechnie uprawiany.

Rola leszczyny w lasach nie jest właściwie poznana. Krzew ten zwykle występuje w ilościach stosunkowo niewielkich, ale często, zwłaszcza w układach zaburzonych, występuje masowo, wywołując efekt zakrzaczenia (fruticetyzacji), co może powodować zwiększenie różnorodności biologicznej, poprzez inicjowanie małoskalowych zaburzeń, które pozytywnie wpływają na bioróżnorodność i przyczyniają się do tego [Jakubowska-Gabara 1989]. Wpływ leszczyny na inne gatunki w zbiorowisku jest niewątpliwie bardzo duży, zarówno poprzez jej oddziaływanie na zmianę warunków fitoklimatycznych, a być może również parametrów chemicznych gleby, na co wskazują badania Karamać [2009]. Wpływa to na aktywność mikro- i mezofauny, mikroorganizmów glebowych oraz na grzyby. Zakres tego wpływu, jego natężenie oraz ewentualna zmienność sezonowa to czynniki prawie zupełnie nieznanne, ponieważ na ten temat są tylko szczątkowe, pojedyncze doniesienia [Rajaganapathy i in. 2013].

Skoczogonki (Collembola) to grupa mikrostawonogów odgrywająca istotną rolę w dekompozycji materii organicznej, a przez to w prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów leśnych [Hopkin 1997, Skubała i Maślak 2009]. Znakomita większość gatunków w faunie Polski ekologicznie związanych jest w różny sposób z lasami [Sterzyńska i in. 2007, Skarżyński i Piwnik 2016]. Specyficzne preferencje ekologiczne w połączeniu ze słabymi zdolnościami dyspersyjnymi czynią je wrażliwymi na negatywne oddziaływanie gospodarki leśnej oraz na przebieg procesów odbudowy lasów [Sławski i Sławska 2019, Sławski i in. 2020]. W konsekwencji grupa ta może być wykorzystywana w biomonitoringu i bioindykacji [Sławska 2005, Sławski i Sławska 2019].

Badania faunistyczno-ekologiczne Collembola w Wigierskim Parku Narodowym (WPN) prowadzone są od 2013 r. Jednak zebrane dotąd dane wciąż pozostają fragmentaryczne. Do prac autorów opublikowano tylko dwie faunistyczne prace [Skarżyński i Piwnik 2016, Skarżyński i in. 2020], w których wymieniono ponad 60 gatunków tych bezkręgowców glebowych. W ramach projektu badawczego zatytułowanego „Znaczenie leszczyny (*Corylus avellana*) w lasach grądowych (na przykładzie Wigierskiego Parku Narodowego)” dotychczas opublikowano tylko jedną ekologiczno-faunistyczną pracę Savchaka i Kaprusia [2022] dotyczącą pierwszych wyników badań nad zgrupowaniami skoczogonków.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu leszczyny na różnorodność taksonomiczną i ekologiczną zespołów skoczogonków występujących na siedlisku grądowym oraz ocena potencjału ich wykorzystania jako modelu zoindykacyjnego w lasach na siedliskach grądowych. W niniejszym badaniu postawiono hipotezę zakładającą, że leszczyna stanowi w żyznych lasach liściastych jeden z pierwszoplanowych gatunków wpływających na funkcjonowanie tych ekosystemów oraz zabezpieczających ich wyjątkową różnorodność biologiczną, zwłaszcza na poziomie organizmów glebowych, szczególnie skoczogonków (Collembola).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania terenowe skoczogonków zostały przeprowadzone w lipcu i październiku 2021 roku na podstawie klasycznej metodyki glebowo-zoologicznej [Dunger i Fiedler 1997]. W sumie wybrano 15 powierzchni badanych (Tab. 1), każda o wielkości 4 arów, tj. 20 x 20 metrów, w tym 5 (01-05B, Fot. 4) bez leszczyny lub z minimalnym udziałem tego krzewu (< 25% pokrywania przez ten gatunek) oraz 10 (01-10A, Fot. 3) z dużym udziałem leszczyny (> 75% pokrywania przez ten gatunek). Charakterystykę powierzchni badawczych zestawionych w tabeli 1 uzyskano za pomocą urządzenia Spectra Mobile Mapper 60 i programu topiXpress.

W obrębie każdej z powierzchni badanych zostało zebranych po 10 prób ściółki i gleby w lipcu i po 5 prób w październiku. Próbkę pobierano przy pomocy metalowej armatki glebowej o średnicy 7 cm i długości 10 cm (objętość 385 cm³) (Fot. 1). Pobrano łącznie 225 prób. Następnie w warunkach laboratoryjnych skoczogonki były wypłaszane z wykorzystaniem aparatów Tullgrena (Fot. 2) i konserwowane w 90% etanolu. Następnie skoczogonki zostały zliczone przy wykorzystaniu mikroskopu stereoskopowego lub (po spreparowaniu) mikroskopu z kontrastem fazowym. Na następnym etapie okazy zostały przeniesione do płynu Fora [Dunger i Fiedler 1997] celem wykonania mikropreparatów oraz posegregowane na wybrane grupy systematyczne. Analizę taksonomiczną zebranych materiałów prowadzono klasycznymi metodami taksonomii zoologicznej, według nowoczesnych kluczy dla różnych grup skoczogonków, zamieszczonych na specjalnej stronie internetowej (<http://www.collembola.org>) i przyjętego systemu taksonomicznego klasy Collembola [Bellinger et al. 1996-2024]. Skoczogonki identyfikowano przy pomocy mikroskopu świetlnego (Olympus BX51). W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano ponad 3,8 tys. osobników Collembola. Zebrany materiał skoczogonków jest zdeponowany w Muzeum przyrodniczym Narodowej Akademii Nauk Ukrainy we Lwowie.

Tab. 1. Charakterystyka powierzchni badanych

Numer powierzchni badanych	Obszar	Koordynaty WGS_N	Koordynaty WGS_E	Koordynaty XCOORD	Koordynaty YCOORD	Wysokość n.p.m.
02B	Bindasowa	54,06875	23,01368	762515,3	696823	146,18
06A	Bindasowa	54,06729	23,01378	762531,6	696660,8	145,73
01B	Bindasowa	54,06696	23,01457	762585,2	696627,1	145,65
05A	Bindasowa	54,06521	23,01721	762768,7	696443,4	145,4
07A	Bindasowa	54,0665	23,01808	762817,1	696589,5	144,44
04A	Bindasowa	54,06586	23,01985	762937,1	696525,1	147,21
03B	Wadolek	54,11032	23,04001	763972,3	701541,2	168,5
02A	Wadolek	54,10882	23,04376	764226,7	701389,4	151,11
01A	Wadolek	54,10952	23,04164	764084,2	701458,4	168,57
08A	Monkinie	53,98398	23,11023	769375	687765	143,96
05B	Monkinie	53,98456	23,11013	769364,7	687828,7	144,29
09A	Monkinie	53,98349	23,10917	769308,5	687706,4	143,38
04B	Sobolewo	54,04016	22,99354	761378,7	693571,1	156,11
03A	Sobolewo	54,04056	22,99401	761406,8	693617,5	156,09
10A	Rogala	54,06172	23,05709	765398,2	696204,4	150,43

Źródło: M. Romański.

Do opisu i porównania zespołów skoczogonków wykorzystano wskaźniki przetestowane wielokrotnie w badaniach zooindykacyjnych [Sławska 2005]. Przydatność tych wskaźników została pozytywnie zweryfikowana między innymi do oceny antropogenicznych odkształceń Puszczy Białowieskiej i monitoringu pohuraganowych zniszczeń Puszczy Piskiej [Sławska, Sławski 2007].



Fot. 1. Metalowa armatka glebowa dla pobierania prób i woreczki plastikowe dla transportu zebranych prób do laboratorium

Źródło: I. Kaprus'.

Na podstawie przeprowadzonych badań określone zostały następujące parametry zespołów skoczogonków: bogactwo taksonomiczne, bezwzględna i względna liczebność poszczególnych gatunków, różnorodność gatunkowa, kategorie różnorodności inwentaryzacyjnej, frekwencja, częstotliwość występowania gatunków w próbach glebowych i na powierzchniach badanych, skład jakościowy i względna liczebność gatunków dominujących, reprezentacja saproksylicznej grupy ekologicznej gatunków.



Fot. 2. Aparat Tullgrena służący do wypłaszania skoczogonków z prób glebowych
Źródło: I. Kaprus'.

Strukturę dominacji zespołów skoczogonków określono według podejścia Stöckera i Bergmanna [1977]: eudominanty (31,7-100% ogólnej liczby osobników), dominanty (10,1-31,6%), subdominanty (3,2-10,0%), recedenty albo rzadkie (1,1-3,1%) i subrecedenty albo bardzo rzadkie (0-1,0%). Odpowiednie eudominandy, dominanty i subdominanty tworzą grupę dominujących (masowych) gatunków, a recedenty i subrecedenty – rzadkich. Kategorie różnorodności inwentaryzacyjnej przyjęto według Whittakera [Whittaker, 1977] w interpretacji Kaprusia [2013]. W szczególności oszacowano punktową alfa-różnorodność (α_p) jako średnie bogactwo gatunkowe na jedną próbę gleby; cenotyczną alfa-różnorodność (α_c) – jako średnie bogactwo gatunkowe w serii z 10 prób gleby o określonej wielkości, wyselekcjonowanych w określonym typie fitocenoz leśnych (fauna cenotyczna).

Frekwencja została obliczona według wzoru:

$$F_i = \frac{s}{S} 100\%$$

gdzie F_i – frekwencja i -tego gatunku,

s – liczba prób (stanowisk) z i -tym gatunkiem,

S – liczba wszystkich prób (stanowisk).



Fot. 3. Widok na wybrane powierzchnie z dużym udziałem leszczyny (grupa A; w dolnym, lewym rogu podano numer powierzchni)

Źródło: Opracowanie własne.

Klasy frekwencji ujawnionych gatunków skoczogonków w próbach glebowych i na stanowiskach badanych oceniono na podstawie podejścia Tischlera [1949]: absolutnie stały gatunek (75,1 – 100 % wszystkich prób albo stanowisk), stały gatunek (50,1 – 75,0%), drugorzędny gatunek (25,1 – 50,0%), przypadkowy gatunek (<25,0%).

Przy pomocy programu Excel utworzono bazę danych, która zawierała takie wskaźniki badanych zespołów Collembola, jak: skład taksonomiczny, bezwzględna i względna liczebność, frekwencja poszczególnych gatunków i struktura dominacji zespołów skoczogonek w każdym z 15 badanych siedlisk.



Fot. 4. Widok na wybrane powierzchnie z niewielkim udziałem leszczyny (grupa B; w dolnym, lewym rogu podano numer powierzchni)

Źródło: Opracowanie własne.

WYNIKI BADAŃ

W rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono 51 gatunków skoczogonków należących do 31 rodzajów i 11 rodzin (Tab. 2). Najwięcej gatunków stwierdzono w obrębie rodzajów Entomobryidae (13) i Isotomidae (12), a najmniej – Neelide, Arrhopalitidae i Sminthuridae (po jednym w każdej). Największe bogactwo gatunkowe mają rodzaje *Entomobrya* (5 gatunków), *Pseudosinella*, *Pseudachorutes*, *Protaphorura* i *Xenylla* (po trzy w każdym).

Osiemnaście rodzajów reprezentowanych było tylko przez jeden gatunek (*Ceratophysella*, *Mesaphorura*, *Paratulbergia*, *Oligaphorura*, *Anurida*, *Vertagopus*, *Heteromurus*, *Tomocerina*, *Sphaeridia* i in.) (Tab. 1).

Tab. 2. Skład taksonomiczny, bezwzględna i względna liczebność poszczególnych gatunków Collembola na stanowiskach badanych

Rodzina, rodzaj, gatunek	Lasy 01-10A		Lasy 01-05B	
	<i>M</i>	<i>RA</i>	<i>M</i>	<i>RA</i>
HYPOGASTRURIDAE Börner, 1906				
<i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	0,38	2,8	0,18	1,4
<i>Xenylla boernerii</i> Axelson, 1905	0,02	0,1	-	-
<i>Xenylla brevicauda</i> Tullberg, 1869	10,06	0,5	0,84	5,5
<i>Xenylla brevisimilis brevisimilis</i> Stach, 1949	0,01	0,02	-	
TULLBERGIIDAE Bagnall, 1935				
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	0,11	0,4	0,04	0,2
<i>Paratulbergia callipygos</i> (Börner, 1902)	0,01	0,01	-	-
ONYCHIURIDAE Börner, 1909				
<i>Oligaphorura absoloni</i> Börner, 1901	0,1	0,3	0,01	0,06
<i>Protaphorura armata</i> Tullberg, 1869	0,16	1,1	0,1	0,4
<i>Protaphorura subarmata</i> Gisin, 1957	0,64	2,5	-	-
<i>Protaphorura pannonica</i> (Haybach, 1960)	0,01	0,1	-	-
NEANURIDAE Börner, 1901				
<i>Anurida granulata</i> Agrell, 1943	-	-	0,01	0,04
<i>Neanura minuta</i> Gisin, 1963	0,01	0,03	-	-
<i>Neanura muscorum</i> Templeton, 1835	0,29	3,2	0,1	0,4
<i>Pseudachorutes dubius</i> Krausbauer, 1898	0,05	0,3	-	-
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	0,04	0,2	-	-
<i>Pseudachorutes subcrassus</i> Tullberg, 1871	0,04	0,3	-	-
<i>Pratanurida boernerii</i> Schött, 1902	-	-	0,01	0,04
ISOTOMIDAE Schäffer, 1896				
<i>Desoria divergens</i> Axelson, 1900	0,24	0,7	0,07	0,2
<i>Desoria hiemalis</i> Schött, 1893	0,01	0,03	0,1	0,6
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnal, 1939	0,14	0,4	-	-
<i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg, 1871	0,58	4,8	0,78	5,9
<i>Isotoma anglicana</i> Lubbock, (1873)	0,01	0,03	-	-
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1895	0,01	0,03	-	-
<i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1895	0,78	3,5	1,39	7,2
<i>Proisotoma minima</i> Absolon, 1901	0,01	0,02	-	-

<i>Proisotoma minuta</i> Tullberg, 1871	0,01	0,02	-	-
<i>Parisotoma notabilis</i> Schäffer, 1896	6,79	25,8	7,61	29,7
<i>Pseudisotoma sensibilis</i> Tullberg, 1876	0,07	0,2	-	-
<i>Vertagopus cinereus</i> Nicolet, 1841	-	-	0,02	0,15
TOMOCERIDAE Schäffer, 1896				
<i>Pogonognathellus flavescens</i> Tullberg, 1871	1,7	12,1	0,94	5,3
<i>Pogonognathellus longicornis</i> Müller, 1776	0,03	0,2	-	-
<i>Tomocerus vulgaris</i> Tullberg, 1871	0,04	0,4	-	-
ENTOMOBRYIDAE Schött, 1891				
<i>Entomobrya corticalis</i> Nicolet, 1841	0,07	0,4	-	-
<i>Entomobrya marginata</i> Tullberg, 1871	0,02	0,13	0,06	0,6
<i>Entomobrya muscorum</i> Nicolet, 1841	-	-	0,02	0,2
<i>Entomobrya nivalis</i> Linnaeus, 1758	-	-	0,02	0,2
<i>Entomobrya multifasciata</i> (Tullberg, 1871)	-	-	0,04	0,12
<i>Heteromurus nitidus</i> Templeton, 1835	-	-	0,02	0,15
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> Gmelin, 1788	0,07	0,4	0,13	0,6
<i>Lepidocyrtus lignorum</i> Fabricius, 1775	2,7	16,1	2,63	14,1
<i>Orchesella bifasciata</i> Nicolet, 1842	0,67	4,1	0,8	6,5
<i>Orchesella flavescens</i> Bourlet, 1839	0,2	1,3	0,41	2,2
<i>Pseudosinella alba</i> Packard, 1873	0,03	0,3	0,04	0,4
<i>Pseudosinella horaki</i> Rusek, 1985	2,8	15,4	3,2	15,6
<i>Pseudosinella</i> sp. ? (0+0 ocelli)	0,01	0,04	-	-
NEELIDAE Folsom, 1896				
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	0,01	0,04	0,01	0,04
ARRHOPALITIDAE Stach, 1956				
<i>Arrhopalites spinosus</i> Rusek, 1967	0,03	0,1	0,01	0,1
SMINTHURIDIDAE Börner, 1906				
<i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbauer, 1899	0,16	0,5	0,3	0,9
SMINTHURIDAE Lubbock, 1862				
<i>Allacma fusca</i> Linnaeus, 1758	-	-	0,02	0,1
<i>Caprainea marginata</i> Schött, 1893	0,03	0,1	0,16	0,5
<i>Lipothrix lubboki</i> Tullberg, 1872	0,37	1,2	0,19	0,7
Łącznie 51 gatunek, 31 rodzaj, 11 rodzin				

Wyjaśnienie. *M* – bezwzględna liczebność (osobników/próbę glebową), *RA* – względna liczebność (w %); 01-10A, 01-05B – numery obszarów badanych. Podświetlono na szaro i pogrubiono względną liczebność dominujących gatunków.

Źródło: Opracowanie własne.

Średnia liczba gatunków Collembola na jedną próbę glebową, czyli alfa różnorodność punktowa (α_a), w siedliskach kreowanych przez leszczykę pospolitą (01-10A) wahała się w granicach 5-6,8 (średnio 5,7), a w siedliskach bez leszczyzny (01-05B) – 4,5-6,6 (średnio 5,0). Ogólne bogactwo gatunkowe skoczogonków na poszczególnych obszarach badanych z leszczyką, czyli alfa różnorodność cenotyczna (α_b) wahało się w granicach 12-20, bez leszczyzny – 11-15 (Tab. 2). Najmniej gatunków (średnio 14) odnotowano na stanowiskach bez udziału leszczyzny, a najwięcej – z jej udziałem (średnio 16,1). Z danych tych wynika, że skutkiem braku leszczyzny na stanowiskach 01-05B jest spadek bogactwa gatunkowego zespołów skoczogonków. Natomiast udział leszczyzny w lasach badanych pozwala na przetrwanie większej liczby gatunków skoczogonków tak na poziomie alfa-różnorodności punktowej, jak i cenotycznej. Oznacza to, że w zbiorowiskach leśnych z udziałem leszczyzny jest większa pojemność środowiska dla skoczogonków, niż w tych, gdzie leszczyzny brak.

W trakcie badań ustalono że zagęszczenie zespołów skoczogonków w lasach badanych z udziałem leszczyzny i bez jej udziału jest bardzo podobne. Jednak zakres zmienności tego wskaźnika w poszczególnych wariantach lasów jest dość duży. Tak duże wahanie zagęszczenia skoczogonków może zależeć od lokalnych warunków ekologicznych i przede wszystkim wilgotności, która jest podstawowym czynnikiem rozwoju tych stawonogów glebowych. W zespołach skoczogonków na poszczególnych stanowiskach badanych z udziałem leszczyzny wystąpiło od 2,87 (stanowisko 01A) do 13,1 (09A) tys. osobników na 1 m² (średnio 6,42 tys.). W zespołach skoczogonków na stanowiskach bez leszczyzny odnotowano od 3,57 (03B) do 11,1 tys. (05B) osobników na 1 m² (średnio 6,7 tys.).

Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono że gatunkami o największej frekwencji, tak w próbach glebowych jak i na wszystkich stanowiskach leśnych (z udziałem leszczyzny i bez niej) są takie eurytopowe skoczogonki jak *Parisotoma notabilis*, *Pogonognathellus flavescens*, *lepidocyrtus lignorum*, *Pseudosinella horaki* (75,1-100% udziału albo absolutnie stałe gatunki). Te gatunki zamieszkują w różnych typach siedlisk regionu badawczego. Druga grupa są to gatunki stałe z nieco mniejszą frekwencją w próbach glebowych albo w siedliskach badanych (od 50,1 do 75%): *Isotomiella minor*, *Orchesella bifasciata*, *Orchesella flavescens*, *Neanura muscorum*, *Lepidocyrtus lanugonosus*, *Protaphorura armata* i in. Jak przedstawiono w tabeli 1, część gatunków Collembola może mieć dużą frekwencję w siedliskach badanych, ale małą – w próbach glebowych poszczególnych siedlisk (*Neanura muscorum*, *Lipothrix lubboki*, *Oligaphorura absoloni*, *Folsomia quadrioculata*, *Sphaeridia pumilis*, *Protaphorura subarmata*). Ustalono też, że większość gatunków skoczogonków należy do grup drugorzędnych albo przypadkowych według klasyfikacji Tischlera [1949].

W badanej faunie skoczogonków, oprócz gatunków eurytopowych, ujawniono dużo politopowych gatunków leśnych, które są ekologicznie powiązane z różnymi typami lasów. Gatunki te są przystosowane do życia nie tylko w glebie i ściółce leśnej, ale także pod korą drzew, na grzybach, w mchach i porostach. Z danych

literaturowych [Skarżyński i Piwnik 2016, Skarżyński i in. 2020] wiadomo, że najbogatsze i najbardziej zróżnicowane zespoły saproksylicznych skoczogonków na terenie WPN zostały stwierdzone w *Tilio-Carpinetum*. Na podstawie przeprowadzonej analizy zebranego materiału można uznać, że osiem gatunków skoczogonków można zaliczyć do saproksylicznych. Trzy z nich, tj. *Proisotoma minima*, *Vertagopus cinereus* i *Pratanurida boernerii* to saproksylobionty. Kolejnych pięć – *Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni* i *Entomobrya corticalis* to saproksylofile, czyli gatunki preferujące martwe drewno, ale bytujące również w innych siedliskach leśnych. Wśród nich można wyróżnić mieszkańców przestrzeni podkorowych (*Pratanurida boernerii*, *Vertagopus cinereus*, *Entomobrya corticalis*), butwiejącego drewna (*Pseudisotoma sensibilis*) oraz występujących w obu mikrosiedliskach (*Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni*, *Proisotoma minima*).

Z martwym albo żywym drewnem związane są również kserofilne briofile: *Xenylla boernerii*, *Xenulla brevicauda*, *Pseudachorutes dubius*, *Orchesella bifasciata*, *Entomobrya marginata*, *Entomobrya muscorum* i *E. nivalis*, które żyją w zagłębieniach kory i epifitach. Jak zaznaczają Skarżyński i Piwnik [2016], trudno je jednak uznać za gatunki stricte saproksyliczne, jako że zasiedlają drzewa żywe i martwe. Pozostałe 35 gatunków to typowi mieszkańcy ściółki lub gleby. Część z nich znajdują w mchach, porostach i martwym drewnie dobre warunki egzystencji.

W zespołach skoczogonków lasów badanych przeważnie dominują (udział w liczebności jest wyższy niż 3,1%) gatunki eurytopowe: *Parisotoma notabilis* (01-10A: 25,8%; 01-05B: 29,7%), *Lepidocyrtus lignorum* (16,1% i 14,1%), *Folsomia quadrioculata* (4,8% i 5,9%), *Isotomiella minor* (3,5% i 7,2%) i politopowe leśne: *Pogonognatellus flavescens* (12,1% i 5,3%), *Pseudosinella horaki* (15,4% i 15,6%) (Tab. 2). W niektórych siedliskach leśnych do grupy dominujących gatunków wchodzi takie ekologicznie wyspecjalizowane skoczogonki jak kserofilne briofile *Orchesella bifasciata* (4,1% i 6,5%) i *Xenylla brevicauda* (tylko na stanowiskach 01-05B: 5,5%) albo saproksylofilny *Neanura muscorum* (tylko na stanowiskach 01-10A: 3,2%). Natomiast zespoły skoczogonków we wszystkich wariantach stanowisk badanych cechuje duża ilość gatunków rzadkich, czyli takich których udział w liczebności jest mniejszy niż 3% i bardzo rzadkich (mniej niż 1%) (Tab. 2).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ustalono, że fauna Collembola badanych lasów WPN jest dość bogata i zróżnicowana. W rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono 51 gatunków skoczogonków należących do 31 rodzajów i 11 rodzin. Najmniej gatunków (średnio 14) odnotowano na stanowiskach bez udziału leszczyny, a najwięcej – z jej udziałem (średnio 16,1). Z danych tych wynika, że powodem braku leszczyny

na stanowiskach może być spadek bogactwa gatunkowego zespołów skoczogonków. Natomiast udział leszczyzny w lasach badanych pozwala na przetrwanie większej liczby gatunków skoczogonków tak na poziomie alfa-różnorodności punktowej, jak i cenotycznej. Oznacza to, że w zbiorowiskach leśnych z udziałem leszczyzny jest większa pojemność środowiska dla skoczogonków niż w tych, gdzie leszczyzny brak.

W zespołach skoczogonków lasów badanych dominują liczebnie gatunki eurytopowe: *Parisotoma notabilis*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor*, *Lepidocyrtus lignorum* i politopowe leśne: *Pogonognathellus flavescens* i *Pseudosinella horaki*. Gatunkami o największej frekwencji tak w próbach glebowych jak i na wszystkich stanowiskach leśnych są takie eurytopowe skoczogonki jak *Parisotoma notabilis*, *Pogonognathellus flavescens*, *Lepidocyrtus lignorum*, *Pseudosinella horaki*. W badanej faunie skoczogonków, oprócz gatunków eurytopowych, ujawniono dużo politopowych gatunków leśnych, które są ekologicznie powiązane z różnymi typami lasów. Osiem gatunków skoczogonków można zaliczyć do saproksylicznych. Trzy z nich, tj. *Proisotoma minima*, *Vertagopus cinereus* i *Pratanurida boeneri* to saproksylobionty. Kolejnych pięć – *Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni* i *Entomobrya corticalis* to saproksylofile, czyli gatunki preferujące martwe drewno, ale bytujące również w innych siedliskach leśnych. Wśród nich można wyróżnić mieszkańców przestrzeni podkorowych (*Pratanurida boeneri*, *Vertagopus cinereus*, *Entomobrya corticalis*), butwiejącego drewna (*Pseudisotoma sensibilis*) oraz występujących w obu mikrosiedliskach (*Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni*, *Proisotoma minima*), kserofilne briofile: *Xenylla boeneri*, *Xenulla brevicauda*, *Pseudachorutes dubius*, *Orchesella bifasciata*, *Entomobrya marginata*, *Entomobrya muscorum* i *Entomobrya nivalis*, które żyją w zagłębieniach kory i epifitach. Pozostałe 35 gatunków to typowi mieszkańcy ściółki lub gleby. Badania wykazały, że leszczyzna ma słaby wpływ na strukturę zgrupowania skoczogonków. Największe zmiany dotyczą tylko wskaźników bogactwa gatunkowego i różnorodności punktowej.

Podziękowania. Praca została zrealizowana przy wsparciu finansowym funduszu leśnego przez Lasy Państwowe (umowa nr EZ.0290.1.21.2021 z dnia 30.07.2021 roku).

LITERATURA

- Bellinger, P.F., Christiansen, K.A., Janssens, F. (1996-2024). *Checklist of the Collembola of the World*. Available et: <http://www.collembola.org>
- Dunger, W., Fiedler, H.J. (1997). *Methoden der Bodenbiologie*. Gustav Fischer Verlag Jena, Villengang, 539 pp.
- Jakubowska Gabara, J. (1989). *Leśne zbiorowiska zastępcze*. Wiadomości Botaniczne., 33, 1, 9-18.

- Hopkin, S.P. (1997). *Biology of the springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University press, 330 pp.
- Karamać, M. (2009). *Chelation of Cu (II), Zn (II), and Fe (II) by tannin constituents of selected edible nuts*. International Journal of Molecular Sciences, 10, 5485-5497.
- Kapruś, I.J. (2013). *Horology of the diversity of Collembola (phylogenetic, typological and faunal aspects)*. Dissertation of Doctor of Sciences. Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, 497 p. [in Ukrainian]
- Kapruś, I.J., Makhlynets, T.M. (2015). *Features of Collembolan fauna and populations of the right-bank sector of forest-steppe zone of Ukraine*. Proceedings of the State Natural History Museum (Lviv, Ukraine), 31, 59-72. [in Ukrainian]
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing Ltd, UK, 256 pp.
- Matuszkiewicz, J.M. (2005). *Zespoły leśne Polski*. PWN. Warszawa, 360 ss.
- Rajaganapathy, B.R., Thirugnanam, K., Shanmuganathan, M.V., Singaravelu, A., Subadhra, L.B. (2013). *Molecular basis of the anti-inflammatory potential of a diarylheptanoid in murine macrophage RAW 264.7 cells*. Advances in biological chemistry, 3, 541-548.
- Savchak, O.R., Kaprus, I.J. (2022). *The edificator role of hazel in the formation of the Collembola taxocene of subcontinental oak-hornbeam forests of the Wigierski National Park (Poland)*. Proceedings of the State Natural History Museum, 36, 11-18. [in Ukrainian]
- Skubała, P., Maślak, M. (2009). *Niewidoczny świat mikrostawonogów (Acari, Collembola) w martwym drewnie świerkowym w Babiogórskim Parku Narodowym*. Sylwan, 153 (5), 346-353.
- Skarżyński, D., Piwnik, A. (2016). *Saproksyliczne skoczogonki (Collembola) Wigierskiego Parku Narodowego*. Leśne Prace Badawcze, 77 (3), 186-203.
- Skarżyński, D., Piwnik, A., Krzysztofiak, A. (2020). *Eksperymentalna reintrodukcja saproksylicznych skoczogonków (Collembola) w Wigierskim Parku Narodowym*. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody, 39 (1), 31-42.
- Sławska, M. (2005). *Propozycja metody waloryzacji ekosystemów leśnych wykorzystującej epigeiczno-glebowe zgrupowania skoczogonków (Collembola, Hexapoda)*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 208 pp.
- Sławska, M., Sławski, M. (2007). *Zmiany w składzie i strukturze epigeiczno-glebowych zgrupowań Collembola w drzewostanach Puszczy Piskiej zniszczonych przez huragan*. W: Skłodowski J. (red.) *Monitoring zooindykacyjny pohuraganowych zniszczeń ekosystemów leśnych Puszczy Piskiej*. Wydawnictwo SGGW, 53-95.
- Sławski, M., Sławska, M. (2019). *Seven decades of spontaneous forest regeneration after large-scale clear-cutting in Białowieża Forest do not ensure the complete recovery of Collembolan assemblages*. Forests, 10 (11), 948.
- Sławski, M., Tarabuła, T., Sławska, M. (2020). *Does the enrichment of post-arable soil with organic matter stimulate forest ecosystem restoration - A view from the perspective of three decades after the afforestation of farmland*. Forest Ecology and Management, 478, 1-15.
- Sterzyńska, M., Pomorski, R.J., Skarżyński, D., Sławska, M., Smolis, A., Weiner, W.M. (2007). *Skoczogonki Collembola*. W: *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków*. Tom II. (red. Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E.). Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 401-408.

- Stöcker, G., Bergmann, A. (1977). *Ein Modell der Dominanzstruktur und seine Anwendung. 1. Modellbildung, Modellrealisierung, Dominanzklassen*. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung, 17 (1), 1-26.
- Tischler, W. (1949). *Grundzüge der terristischen Tierökologie*. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn., 1-219.
- Whittaker, R.H. (1977). *Evolution of species diversity in land communities*. Evolutionary Biology, 10, 1-67.

STRESZCZENIE

Przedstawiono wyniki badań wpływu leszczyny na taksonomiczną i ekologiczną strukturę zespołów skoczogonków w lasach grądowych Wigierskiego Parku Narodowego. Ustalono, że fauna Collembola badanych lasów jest dość bogata i zróżnicowana. Najmniej gatunków (średnio 14) odnotowano na stanowiskach bez udziału leszczyny, a najwięcej – z jej udziałem (średnio 16,1). Z danych tych wynika, że skutkiem braku leszczyny na stanowiskach jest spadek bogactwa gatunkowego zespołów skoczogonków. Natomiast udział leszczyny w lasach badanych pozwala na przetrwanie większej liczby gatunków skoczogonek tak na poziomie alfa-różnorodności punktowej, jak i cenotycznej.

W zespołach skoczogonków lasów badanych dominują liczebnie gatunki eurytopowe: *Parisotoma notabilis*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor*, *Lepidocyrtus lignorum* i politopowe leśne: *Pogonognathellus flavescens* i *Pseudosinella horaki*. Gatunkami o największej frekwencji jak w próbach glebowych tak i na wszystkich stanowiskach leśnych są takie eurytopowe skoczogonki jak *Parisotoma notabilis*, *Pogonognathellus flavescens*, *Lepidocyrtus lignorum*, *Pseudosinella horaki*. W badanej faunie skoczogonek, oprócz gatunków eurytopowych, ujawniono dużo politopowych gatunków leśnych, które są ekologicznie powiązane z różnymi typami lasów. Osiem gatunków skoczogonek można zaliczyć do saproksylicznych. Trzy z nich, tj. *Proisotoma minima*, *Vertagopus cinereus*, *Pratanurida boernerii* to saproksylobionty. Kolejnych pięć – *Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni* i *Entomobrya corticalis* to saproksylofile, czyli gatunki preferujące martwe drewno, ale bytujące również w innych siedliskach leśnych. Wśród nich można wyróżnić mieszkańców przestrzeni podkorowych (*Pratanurida boernerii*, *Vertagopus cinereus*, *Entomobrya corticalis*), butwiejącego drewna (*Pseudisotoma sensibilis*) oraz występujących w obu mikrosiedliskach (*Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni*, *Proisotoma minima*), kserofilne briofile: *Xenylla boernerii*, *Xenylla brevicauda*, *Pseudachorutes dubius*, *Orchesella bifasciata*, *Entomobrya marginata*, *Entomobrya muscorum* i *Entomobrya nivalis*, które żyją w zagłębieniach kory i epifitach. Pozostałe 35 gatunków to typowi mieszkańcy ściółki lub gleby. Wyniki badań wyraźnie podkreślają ważne znaczenie leszczyny dla różnorodności taksonomicznej skoczogonków w lasach grądowych.

SUMMARY

The results of research on the impact of hazel on the taxonomic and ecological structure of springtail communities in the oak-hornbeam forests of the Wigierski National Park are presented. It was established that the Collembola fauna of the studied forests is quite rich and

diverse. The fewest species (an average of 14) were recorded in sites without hazel, and the largest - with it (an average of 16.1). These data show that the lack of hazel in the localities results in a decrease in the species richness of springtail communities. However, the share of hazel in research forests allows for the survival of a larger number of springtail species, both at the alpha level of point diversity and cenotic diversity.

The springtail communities of research forests are dominated numerically by eurytopic species: *Parisotoma notabilis*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor* and *Lepidocyrtus lignorum* and polytopic forest species: *Pogonognatellus flavescens* and *Pseudosinella horaki*. The species with the highest frequency, both in soil samples and in all forest sites, are eurytopic springtails such as *Parisotoma notabilis*, *Pogonognathellus flavescens*, *Lepidocyrtus lignorum* and *Pseudosinella horaki*. In the studied springtail fauna, in addition to eurytopic species, many polytopic forest species were found, which are ecologically related to various types of forests. Eight species of springtails can be classified as saproxylic. Three of them, i.e. *Proisotoma minima*, *Vertagopus cinereus* and *Pratanurida boernerii*, are saproxylobionts. Next steps - *Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni* and *Entomobrya corticalis* are saproxylophiles, i.e. species that prefer dead wood, but also inhabit other forest habitats. These include inhabitants of subcortical spaces (*Pratanurida boernerii*, *Vertagopus cinereus*, *Entomobrya corticalis*), decaying wood (*Pseudisotoma sensibilis*) and those found in both microhabitats (*Pseudachorutes parvulus*, *Neanura muscorum*, *Neanura minuta*, *Oligaphorura absoloni*, *Proisotoma minima*), xerophilic bryophiles: *Xenylla boernerii*, *Xenulla brevicauda*, *Pseudachorutes dubius*, *Orchesella bifasciata*, *Entomobrya marginata*, *Entomobrya muscorum* and *Entomobrya nivalis*, which live in bark cavities and epiphytes. The remaining 35 species are typical litter or soil inhabitants. The research results clearly emphasize the important importance of hazel for the taxonomic diversity of springtails in oak-hornbeam forests.