

MAŁGORZATA SŁAWSKA, MAREK SŁAWSKI

Reakcja zgrupowań skoczogonków (*Hexapoda: Collembola*) na próby doskonalenia gospodarki zrębowej w Leśnym Kompleksie Promocyjnym „Lasy Mazurskie”*

Response of springtail communities (*Hexapoda: Collembola*) to attempts of clearcut silviculture improvement in Forest Promotional Complex "Lasy Mazurskie"

ABSTRACT

Sławska M., Sławski M. 2009. Reakcja zgrupowań skoczogonków (*Hexapoda: Collembola*) na próby doskonalenia gospodarki zrębowej w Leśnym Kompleksie Promocyjnym „Lasy Mazurskie”. Sylwan 153 (8): 534-547.

Based on experiment established in pine forest of Spychowo Forest District, it was proved that clearcut caused negative changes in forest springtail communities. The logging of a whole stand reduced the number of species and their abundance. The decrease in springtail abundance depended on the method of site preparation prior to afforestation. The highest reduction was recorded in logged areas where stripes had been plowed using forest reversible plough. Regressive changes in communities were also observed on harvested sites prepared by an active plough and rotary cultivator. The attempts of clearcut improvement by addition of wood chips or leaving debris piles on logged areas were evaluated on the base of the response of springtail communities. In both cases, the number of species and abundance were higher comparing to clearcut areas without logging residuals. Also residual patches of old growth left on harvested sites had positive effect on *Collembola* communities. Species richness and abundance observed in those patches were higher than in control mature stands.

KEY WORDS

Collembola, pine forest, clearcut improvement, site preparation, logging residuals

ADDRESSES

Małgorzata Sławska – e-mail: slawska@poczta.onet.pl

Marek Sławski – e-mail: mslawski@poczta.onet.pl

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

Wstęp

Zrębowy sposób zagospodarowania jest powszechnie stosowany w lasach gospodarczych Polski, zwłaszcza na siedliskach borowych. Według corocznych raportów o stanie lasów użytkowanie rębniami zupełnymi w naszym kraju stale się zmniejsza, nadal jednak corocznie zakładanych jest tysiące hektarów zrębów. Na przykład w roku 2006 powierzchnia zrębów zupełnych wyniosła prawie 23,8 tys. ha i była o około 1,2 tys. ha mniejsza w porównaniu z rokiem poprzednim [Lasy... 2007]. Opracowanie nowych metod hodowli sosny, naszego głównego gatunku lasotwórczego, stwarza przesłanki do dalszego ograniczania powierzchni zrębów [Andrzejczyk 2003]. Niemniej jednak całkowite zaniechanie zrębów zupełnych wydaje się niemożliwe, przede wszystkim ze względów ekonomicznych.

* Badania sfinansowane przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych

Zrębowy sposób zagospodarowania, pozostający w pełnej zgodności z wymaganiami ekologicznym sosny, ma szereg negatywnych skutków dla ekosystemów leśnych. Wyraźnie uszczupla różnorodność biologiczną lasów i zwiększa jednocześnie zagrożenie ze strony szkodliwych owadów oraz podatność drzewostanów na patogeny grzybowe. W poszukiwaniu kompromisu podejmowane są różne próby doskonalenia gospodarki zrębowej, dla których ramy prawne stworzyło Zarządzenie nr 11 [1995] oraz nowa Instrukcja Ochrony Lasu. W ten nurt działań wpisuje się doświadczenie założone w borach sosnowych Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Mazurskie”. Eksperyment ten polegał na zastosowaniu różnych metod przygotowania gleby oraz wykorzystaniu na zrębach zupełnych odpadów w postaci zrębków i przyzmy gałęzi. Badaniami objęto również kępy starodrzewia pozostawione kilka lat temu na zrębach zupełnych oraz otaczające je młodniki.

Ocena skuteczności testowanych rozwiązań została wykonana przy pomocy metod zooinkacyjnych wykorzystujących zespoły leśnych bezkręgowców. Celem niniejszej pracy jest odpowiedź na pytanie, czy podjęte próby złagodzenia skutków zrębów zupełnych mają pozytywny wpływ na ściółkowo-glebowe zgrupowania skoczogonków.

Metodyka

Powierzchnie badawcze założono w drzewostanach sosnowych Nadleśnictwa Spychowo, wchodzącego w skład LKP „Lasy Mazurskie”. Szczegółowy wykaz powierzchni zawiera tabela 1.

Do odłowu skoczogonków przyjęto metodę zbioru powszechnie stosowaną w badaniach ekologicznych tej grupy, polegającą na pobraniu prób ściółkowo-glebowych o nienaruszonej strukturze. Do tego celu użyto metalowej armatki glebowej o średnicy 5 cm i długości 15 cm.

Na wszystkich powierzchniach próby glebowe zbierane były przez dwa sezony wegetacyjne w czterech terminach. W roku 2006 próby pobrano 19-20 VI i 12-13 IX, a w roku 2005 – w terminach 6-7 VI i 28-29 VIII. Na każdej powierzchni każdorazowo pobrano po 5 próbek, przy czym wierzchnia warstwa ściółki i roślinność runa nie były usuwane. Zebrane próby glebowe poddano wyplaszaniu w uproszczonym aparacie Tullgrena. Na podstawie sporządzonych preparatów, po posortowaniu, materiał został oznaczony do gatunku i policzony.

Do opisu i porównania zgrupowań skoczogonków wykorzystano wskaźniki przetestowane wielokrotnie w badaniach zooinkacyjnych [Sławska 2005]. Przydatność tych wskaźników została pozytywnie zweryfikowana między innymi do oceny antropogenicznych odkształceń Puszczy Białowieskiej i monitoringu pohuraganowych zniszczeń Puszczy Piskiej [Sławska 2006; Sławska, Sławski 2007].

Analizę wariancji przeprowadzono przy użyciu testu F oraz testu post-hoc Fishera (LSD) przy użyciu programu Statgraphics Plus 4.1. Ze względu na jednomodalny charakter rozkładu danych i długość gradientu przekraczającego 1,5 odchylenia standardowego jako metodę porządkowania powierzchni zastosowano metodę DCA (analiza korespondencji z eliminacją trendu, ang. Detrended Correspondence Analysis). Analizy wykonano przy pomocy pakietu CANOCO 4.5. Dane, czyli liczebność poszczególnych gatunków, zostały przekształcone przez pierwiastkowanie (pierwiastek kwadratowy).

Wyniki

Materiał będący podstawą niniejszego opracowania stanowi 18 686 osobników zaliczonych do 91 gatunków. Średnie wartości wskaźników obliczonych dla zgrupowań poszczególnych wariantów doświadczenia zamieszczono w tabeli 2. W przypadku większości wskaźników różnice między wariantami okazały się nieistotne statystyczne. Tylko w przypadku zagęszczenia i polisy

Tabela 1.

Wykaz powierzchni badawczych założonych w drzewostanach sosnowych Nadleśnictwa Spychowo
Location of study plots in pine forests of Spychowo Forest District

Warianty doświadczenia	Symbol, numer i lokalizacja powierzchni (nr oddziału)
Dojrzały drzewostan sosnowy – kontrolna	K1-111, K2-237, K3-223*
Zrąb zupełny zimowy	O1-150, O2-117, O3-95
Zrąb zupełny letni	OL1-130, OL2-134, OL3-256
Pryzma gałęzi na zrębie zupełnym zimowym	G1-150, G2-117, G3-95
Pryzma gałęzi na zrębie zupełnym letnim	GL1-130, GL2-134, GL3-256
Zrąb zupełny z wykonanymi talerzami	T1-185, T2-111, T3-111a
Zrąb zupełny – przygotowanie gleby frezem leśnym	F1-185, F2-111, F3-111a
Zrąb zupełny – przygotowanie gleby pługiem aktywnym; tzw. słoneczkiem	S1-188, S2-111, S3-111a
Zrąb zupełny – wyoranie pasów pługiem leśnym dwuodkładnicowym	P1-188, P2-111, P3-111a
Zrąb zupełny z wykonanymi talerzami + zrębki	TZ1-185, TZ2-111, TZ3-111a
Zrąb zupełny – przygotowanie gleby frezem leśnym + zrębki	FZ1-185, FZ2-111, FZ3-111a
Zrąb zupełny – przygotowanie gleby pługiem aktywnym; tzw. słoneczkiem + zrębki	SZ1-188, SZ2-111, SZ3-111a
Zrąb zupełny – wyoranie pasów pługiem leśnym dwuodkładnicowym + zrębki	PZ1-188, PZ2-111, PZ3-111a
Pięcioletni samosiew sosnowy	ON-187
Pryzma gałęzi na terenie naturalnie odnowionej powierzchni	GN-187
Wyspa starodrzewia	W1-179, W2-237, W3-167
Młodnik w otoczeniu wyspy starodrzewia	M1-179, M2-237, M3-167

*powierzchnia zlokalizowana w Nadleśnictwie Maskulińskie; study plot localized in Maskulińskie Forest District

zgrupowań stwierdzono istotność różnic między różnymi wariantami. Z tego względu reakcja leśnych zgrupowań skoczogonków na próby doskonalenia gospodarki zrębowej została oceniona na podstawie trzech wskaźników: bogactwa gatunkowego, parametru wykorzystywanego we wszystkich analizach porównawczych, oraz zagęszczenia i polisy zgrupowań.

BOGACTWO GATUNKOWE ZGRUPOWAŃ. Średnia liczba gatunków skoczogonków odłowionych na powierzchniach badawczych wahała się w granicach 17-31. Największe bogactwo gatunkowe zgrupowań stwierdzono w przyzmach gałęzi na zrębach letnich (31), kępach starodrzewia (30) i otaczających je młodnikach (29) oraz dojrzałych drzewostanach kontrolnych (29). Najmniej gatunków (średnio 17) odnotowano na powierzchniach zrębowych, na których wyorano pasy pługiem dwuodkładnicowym. W pozostałych wariantach doświadczenia odłowiono od 22 do 28 gatunków (tab. 2). Z danych tych wynika, że skutkiem usunięcia drzewostanu i przygotowania gleby jest spadek bogactwa gatunkowego zgrupowań skoczogonków. Natomiast pozostawienie na powierzchni odpadów zrębowych w postaci zrębków lub przyzma gałęzi pozwala na przetrwanie większej liczby gatunków. Świadczą o tym następujące wyniki uzyskane dla różnych wariantów przygotowania gleby:

- 17 gatunków na zrębie z pasami wyoranymi pługiem dwuodkładnicowym (P) i 25 na tym samym zrębie w miejscach, gdzie rozsypano zrębki (PZ);
- 22 gatunki na zrębie, na którym glebę przygotowano frezem (F), i 26 w miejscach ze zrębkami (FZ);

Tabela 2.

Średnie wartości wskaźników zgrupowań skoczogonków w poszczególnych wariantach doświadczenia
Mean values of indices for *Collembola* communities of the various experimental variants

Wariant	Liczba gatunków		Zagęszczenie [tys. osobn./m ²]		Wskaźnik form lokalnych		Udział gatunków leśnych		Polisa zgrupowań	
	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD	Średnia	SD
K	29	2,62	14,63	4,50	0,18	0,04	0,36	0,03	1,16	0,27
O	28	6,13	6,23	2,42	0,20	0,06	0,36	0,09	0,58	0,25
OL	22	5,19	8,50	3,54	0,21	0,06	0,35	0,05	1,00	0,24
ON	31*		19,38*		0,15*		0,29*		0,94*	
G	31	1,63	9,49	4,52	0,24	0,06	0,35	0,06	0,83	0,16
GL	28	4,03	12,73	3,84	0,16	0,03	0,39	0,04	0,48	0,10
GN	33*		8,55*		0,22*		0,39*		0,74*	
T	24	2,16	12,48	5,48	0,26	0,13	0,36	0,09	1,22	0,32
F	22	6,60	3,41	0,92	0,18	0,02	0,29	0,10	0,24	0,17
S	24	0,82	5,39	1,60	0,17	0,12	0,32	0,10	0,66	0,28
P	17	5,66	1,98	0,69	0,14	0,08	0,25	0,13	0,10	0,14
TZ	28	3,74	10,58	3,60	0,22	0,09	0,40	0,06	1,28	0,31
FZ	26	4,92	11,88	1,45	0,20	0,02	0,35	0,04	0,67	0,01
SZ	25	2,16	10,43	3,58	0,17	0,05	0,28	0,01	0,79	0,22
PZ	25	2,05	10,50	6,55	0,18	0,05	0,35	0,07	1,25	0,83
W	30	2,16	19,46	9,50	0,17	0,03	0,39	0,04	1,30	0,42
M	29	0,47	8,80	2,23	0,13	0,02	0,29	0,06	1,06	0,34

* dane uzyskane na podstawie tylko jednej powierzchni badawczej; objaśnienia symboli wariantów zawiera tabela 1

* data obtained from only one study plot; for the key to variant codes see table 1

- 24 gatunki na zrębie, na którym glebę przygotowano tzw. słoneczkiem (S), i 25 w miejscach ze zrębkami (SZ);
- 24 gatunki na zrębie, na którym przygotowano talerze (T), i 28 w miejscach ze zrębkami (TZ).

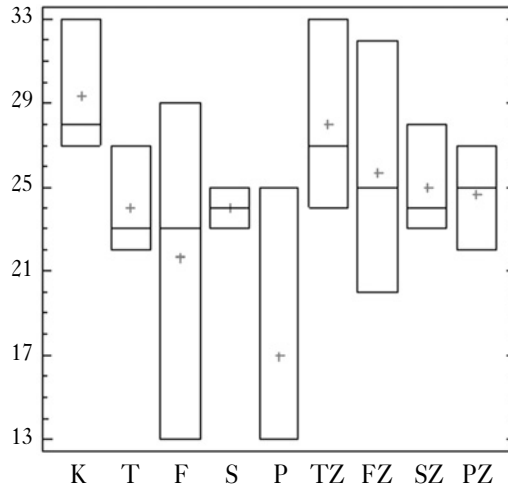
W przypadki przyzmy gałęzi pozostawionych na powierzchniach zrębowych uzyskano następujące wyniki:

- otwarta powierzchnia zrębów zimowych (O) – 28 gatunków, a w przyzmych gałęzi na tych zrębach (G) – 31;
- otwarta powierzchnia zrębów letnich (OL) – 22 gatunki, a w przyzmych gałęzi na tych zrębach (GL) – 28.

Ze względu na bardzo duży rozrzut wyników, zwłaszcza na powierzchniach O, OL, F, P i FZ, różnice między średnią liczbą gatunków w poszczególnych wariantach doświadczenia są nieistotne statystycznie (ryc. 1, 2).

ZAGĘSZCZENIE ZGRUPOWAŃ. W zgrupowaniach skoczogonków dojrzałych drzewostanów sosnowych, będących kontrolą w niniejszym doświadczeniu, wystąpiło przeciętnie ponad 14,6 tys. osobników na jednostkę powierzchni. W założonym doświadczeniu tylko w jednym wariantcie, a dokładnie w glebie wysp starodrzewia, stwierdzono wyższą liczebność zgrupowań wynoszącą 19,4 tys. Pozostałe warianty pod względem wartości tego parametru można podzielić na dwie grupy (tab. 2):

- zręby letnie i zimowe zaraz po usunięciu drzewostanu oraz zręby, na których wykonano przygotowanie gleby. Stwierdzono tutaj drastyczny spadek liczebności skoczogonków do



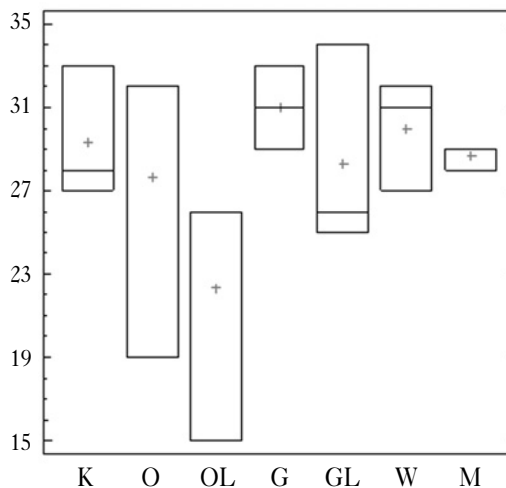
Ryc. 1.

Bogactwo gatunkowe zgrupowań skoczogonków zrębów zupełnych różniących się sposobem przygotowania gleby oraz zastosowaniem zrębków

Species richness of *Collembola* communities on clearcuts differing in site preparation and use of wood chips

K – dojrzały drzewostan; T – talerze; F – frez leśny; S – pług aktywny; P – pług dwuokładnicowy; TZ – talerze+zrebki; FZ – frez leśny+zrebki; SZ – pług aktywny+zrebki; PZ – pług dwuokładnicowy+zrebki

K – mature stand; T – spot tillage; F – rotary cultivator; S – active plough; P – reversible plough; TZ – spot tillage +chips; FZ – rotary cultivator+chips; SZ – active plough+chips; PZ – reversible plough+chips



Ryc. 2.

Bogactwo gatunkowe zgrupowań skoczogonków otwartej powierzchni zrębowej, przyzmy gałęzi ułożonych na zrębach zupełnych oraz kęp starodrzewia i otaczających je młodników

Species richness of *Collembola* communities on clearcuts, piles of branches, old growth residual patches and young plantations

K – dojrzały drzewostan; O – zrąb zimowy; G – przyzma gałęzi na zrębie zimowym; OL – zrąb letni; GL – przyzma gałęzi na zrębie letnim, W – kępa starodrzewia; M – młodnik

K – mature stand; O – winter clear cut; G – piles of branches on winter clearcut; OL – summer clear cut; GL – piles of branches on summer clearcut; W – old growth residual patch; M – young plantation

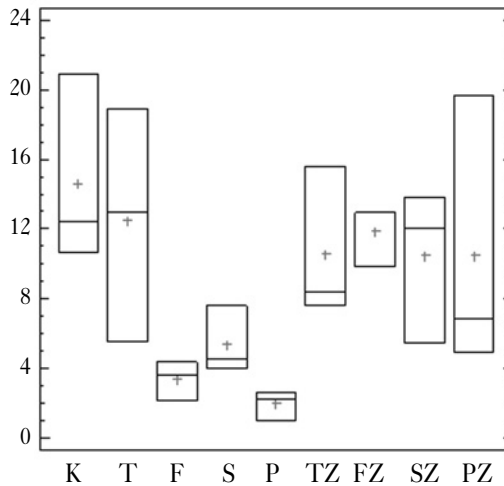
zaledwie kilku tysięcy osobników (wyjątek w tej grupie stanowi zręb z talerzami, na którym liczebność została zredukowana w niewielkim stopniu).

- powierzchnie zrębowe wzbogacone w odpady zrębowe w postaci zrębków lub pryzm gałęzi, na których liczebność zgrupowań spadła do około 10 tys. osobników.

W całym doświadczeniu najniższą liczebność zgrupowań odnotowano na zrębach z przygotowaniem gleby w pasy pługiem dwuodkładnicowym (P), na których stwierdzono tylko 1,98 tys. osobników. Silną redukcję skoczogonków odnotowano również w wariancie z frezem (F – 3,41 tys.) i pługiem aktywnym (S – 5,39 tys.) (ryc. 3). Różnice w wartości średniego zagęszczenia zgrupowań tych wariantów w porównaniu z kontrolą są istotne statystycznie (test Fishera: najmniejsza istotna różnica (LSD) - 8,72; P - 12,65; S - 9,23; F - 11,22). Warto zwrócić uwagę na fakt, że wzbogacenie tych powierzchni w zrębki w każdym przypadku miało wyraźny pozytywny wpływ na liczebność zgrupowań (FZ, SZ, PZ na ryc. 3). Również liczebność skoczogonków w pozostawionych na zrębach pryzm gałęzi była wyższa niż na otwartej powierzchni zrębu (zręby zimowe odpowiednio 9,49 i 6,23, a zręby letnie 12,73 i 8,50 tys. osobników).

Zdecydowanie najlepsze warunki zapewniają skoczogonom pozostawione na zrębach wyspy starodrzewia. Różnica między średnim zagęszczeniem zgrupowań wysp starodrzewia a otaczającymi je młodnikami wyniosła ponad 10 tys. i okazała się być istotna statystycznie (test Fishera: najmniejsza istotna różnica (LSD) - 8,72; różnica między M i W - 10,66) (ryc. 4). Również zagęszczenie zgrupowań otwartych powierzchni zrębowych (O i OL) różniło się istotnie od wartości tego parametru dla wysp starodrzewia (test Fishera: najmniejsza istotna różnica (LSD) - 8,72; różnica między O i W - 13,23; OL i W - 10,96) (ryc. 4).

POLISA ZGRUPOWAŃ. Zgrupowania skoczogonków dojrzałych drzewostanów cechuje duża ilość gatunków sporadycznych, czyli takich, których udział w liczebności jest mniejszy niż 1%. Cechę



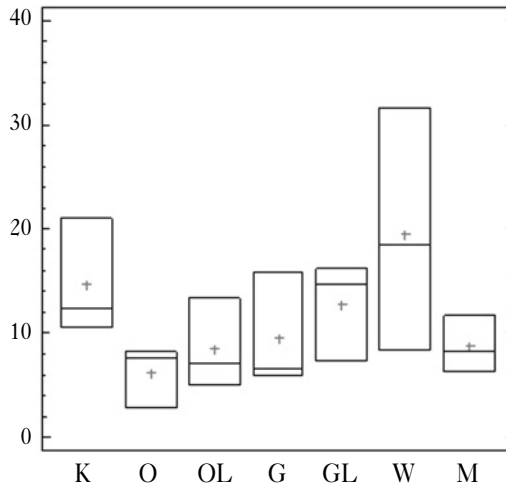
Ryc. 3.

Liczebność [tys. osobn./m²] zgrupowań skoczogonków zrębów zupełnych różniących się sposobem przygotowania gleby oraz zastosowaniem zrębków

Abundance [thous. ind./m²] of *Collembola* communities on clearcuts differing in site preparation and use of wood chips

Objaśnienia jak na ryc. 1.

Description as on fig. 1.



Ryc. 4.

Liczebność [tys. osobn./m²] zgrupowań skoczogonków otwartej powierzchni zrębowej, pryzm gałęzi ułożonych na zrębach zupełnych oraz kęp starodrzewia i otaczających je młodników

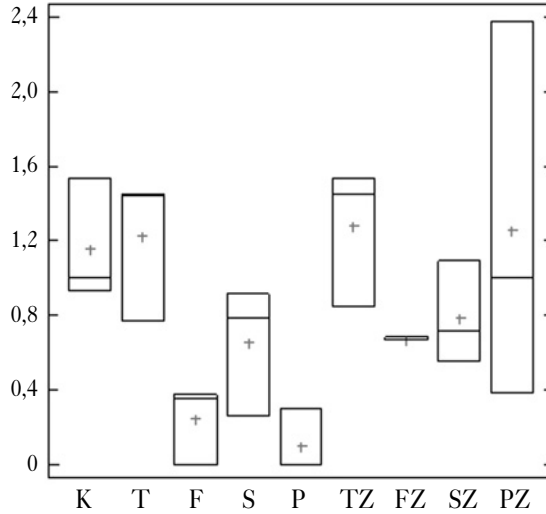
Abundance [thousd. ind./m²] of *Collembola* communities on clearcuts, piles of branches, old growth residual patches and young plantations

Objaśnienia jak na ryc. 2.

Description as on fig. 2.

tę opisuje wskaźnik zwany polisą zgrupowań (PZ) przyjmujący zwykle wartość powyżej 1. W założonym doświadczeniu najwyższe wartości tego wskaźnika odnotowano dla następujących wariantów: wyspa starodrzewia (1,30), zrąb z talerzami wzbogacony zrębkami (1,28), zrąb z wyoranyimi pasami pługiem dwuodkładnicowym wzbogacony zrębkami (1,25), zrąb z talerzami (1,22), kontrola (1,16) oraz młodnik (1,06) i zrąb letni (1,0). Na pozostałych 10 powierzchniach wartość wskaźnika PZ była niższa niż 1. Oznacza to, że w większości analizowanych wariantów odnotowano spadek udziału gatunków sporadycznych, co świadczy o silnym zaburzeniu struktury zgrupowań (ryc. 5, 6). W skrajnym przypadku powierzchni z wyoranyimi pasami pługiem dwuodkładnicowym polisa wyniosła zaledwie 0,10, a na zrębie z przygotowaniem gleby frezem – 0,24. Różnice między średnią wartością polisy zgrupowań tych dwóch wariantów a dojrzałym drzewostanem kontrolnym są istotnie statystycznie (test Fishera: najmniejsza istotna różnica (LSD) – 0,66; różnica między P i K – 1,06; F i K – 0,91). Bardzo niska wartość tego parametru na zrębie z wyoranyimi pasami (P) istotnie różni tę powierzchnię również od kilku innych wariantów doświadczenia – wysp starodrzewia (W – 1,20), młodników (M – 0,96), zrębów z talerzami (T – 1,12), a także dwóch zrębów wzbogaconych zrębkami (TZ – 1,18 i PZ – 1,15). Zresztą pozostawienie na zrębie odpadów zrębowych w tej właśnie postaci w przypadku wszystkich czterech wariantów przygotowania gleby dało pozytywny efekt w postaci wzrostu wartości polisy zgrupowań (tab. 2).

ZGRUPOWANIE POWIERZCHNI Z ODNOWIENIEM NATURALNYM. W ramach doświadczenia założono jedną powierzchnię badawczą na terenie kilkunastoarowego naturalnego odnowienia. Powierzchnię otwartą stanowił w tym przypadku pięcioletni samosiew sosnowy (ON), na terenie którego znajdowała się pryzma gałęzi, która była kolejnym wariantem doświadczenia (GN). Obie powierzchnie zostały pominięte w przedstawionych wyżej analizach ze względu na brak powtórzeń.



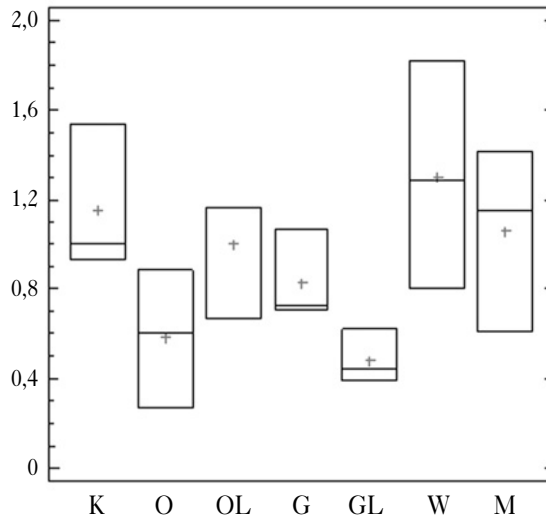
Ryc. 5.

Wartość wskaźnika polisy zgrupowań skoczogonków zrębów zupełnie różniących się sposobem przygotowania gleby oraz zastosowaniem zrębków

Insurance index value of *Collembola* communities on clearcuts differing in site preparation and use of wood chips

Objaśnienia jak na ryc. 1.

Description as on fig. 1.



Ryc. 6.

Wartość wskaźnika polisy zgrupowań skoczogonków otwartej powierzchni zrębowej, pryzm gałęzi ułożonych na zrębach zupełnie oraz kęp starodrzewia i otaczających je młodników

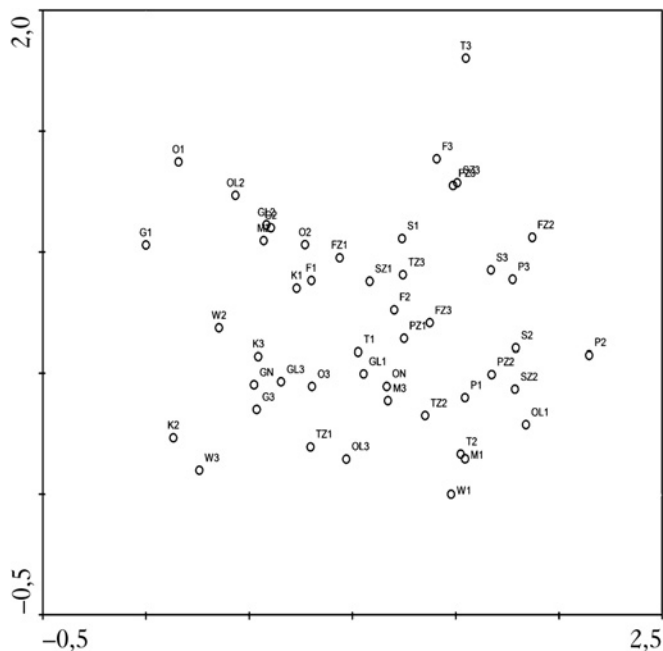
Insurance index value of *Collembola* communities on clearcuts, piles of branches, old growth residual patches and young plantations

Objaśnienia jak na ryc. 2.

Description as on fig. 2.

Jednakże zamieszczone w tabeli 2 wartości wskaźników zgrupowań tych powierzchni na tle pozostałych wariantów wydają się warte omówienia. Przede wszystkim na powierzchni z odnowieniem naturalnym stwierdzono największe w całym doświadczeniu bogactwo gatunkowe. 33 gatunki odłowione w przyzbie gałęzi na tej powierzchni to wartość przewyższająca średnią dla dojrzałych drzewostanów sosnowych wynoszącą 29. Również bogactwo gatunkowe powierzchni otwartej (ON) jest najwyższe w grupie powierzchni zrębowych (tab. 2). Kolejnym faktem wartym odnotowania jest jedno z najwyższych w całym doświadczeniu zagęszczenie, które stwierdzono dla zgrupowania na powierzchni porośniętym samosiewem sosnowym. Ponad 19 tys. osobników to wartość zdecydowanie wyższa od średniej odliczonej dla drzewostanów kontrolnych (14,63 tys.).

ZMIANY W ZGRUPOWANIACH SKOCZOGONKÓW. Analiza zmian zachodzących w zgrupowaniach skoczogonków pod wpływem zrębów zupełnych oraz zabiegów mających na celu udoskonalenie tego sposobu zagospodarowania została wykonana za pomocą metody DCA (Detrended Correspondance Analysis). Wyniki tej analizy przedstawiono w formie diagramu ordynacji powierzchni (ryc. 7). W lewej dolnej części tego diagramu znajdują się zgrupowania dojrzałych drzewostanów kontrolnych i pozostawionych na zrębach kęp starodrzewia oraz zgrupowania stert gałęzi. Do tej grupy silnie nawiązują wszystkie młodniki otaczające kępy starodrzewia i większość zrębów z przygotowaniem gleby w talerze. Wszystkie te zgrupowania można uznać za leśne, ze względu to, że ich skład i struktura jest typowa dla borów. Po drugiej stronie diagramu znajdują się zręby, na których do przygotowania gleby użyto pługów lub frezu leśnego oraz powierzchnie wzbogacone w zrębki. Można przyjąć, że są to zgrupowania zrębowe, które



Ryc. 7.

Diagram ordynacji DCA zgrupowań skoczogonków różnych wariantów doświadczenia

DCA diagram of *Collembola* communities of various experimental plots

Dane poddano transformacji przez pierwiastkowanie. Objaśniana symboli powierzchni zawiera tabela 1

Square-root transformation of data was applied. See table 1 for key to plot codes

odbiegają wyraźnie od fauny drzewostanów kontrolnych. Zgrupowania otwartych powierzchni zrębowych bez przygotowania gleby znajdują się pomiędzy dwoma omówionymi wyżej grupami.

Warto zwrócić uwagę na uporządkowanie poszczególnych powierzchni z odpadami zrębowymi, wskazujące na wyraźne różnice między zgrupowaniami stert gałęzi, które zachowują leśny charakter a zgrupowaniami powierzchni z dodanymi zrębkami, w których zmiany w pierwszych latach po założeniu zrębu nie podążają w kierunku odtworzenia leśnej fauny.

Dyskusja

Doświadczenie założone w LKP „Lasy Mazurskie” składa się z bardzo wielu wariantów odnoszących się do różnych aspektów gospodarki zrębowej. Z tego względu uzyskane wyniki dotyczą szerokiego spektrum problemów.

Pierwszy z nich to wpływ zrębów zupełnych, a zwłaszcza różnych metod przygotowania gleby, na zgrupowania leśnych bezkręgowców. Problem ten był przedmiotem licznych badań, w tym pionierskich prac zooindykacyjnych prowadzonych przez skandynawskich uczonych już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku [Huhta i in. 1967]. Również w krajowej literaturze ilość publikacji poświęconych temu zagadnieniu jest znacząca. Podsumowanie tego problemu zawiera opracowanie Szujckiego [1995], a w odniesieniu do skoczogonków – rozprawa Sławskiej [2005]. Negatywne skutki zrębów zupełnych w odniesieniu do fauny epigeiczno-glebowej zostały zatem dobrze poznane i udokumentowane. Na tym tle wartość wyników uzyskanych w niniejszym doświadczeniu polega przede wszystkim na uwzględnieniu czterech różnych metod przygotowania gleby. Dzięki temu wiadomo, że oba rodzaje pługów oraz frez glebowy powodują silne zaburzenie środowiska glebowego i w konsekwencji drastyczną redukcję liczebności zgrupowań. Natomiast przygotowanie powierzchni zrębowej w talerze pozwala na przetrwanie znacznie większej liczby osobników na terenie zrębu. Wynik ten pozostaje w zgodności z wcześniejszymi badaniami, które udowodniły, że skoczogonki są grupą bardzo wrażliwą na zaburzenia środowiska glebowego spowodowane orką i zwykle pozytywnie reagują na zmniejszenie intensywności zbiegów agrotechnicznych [Filsler i in. 2002; Sławska 2002a; Sławska, Sławski 2006].

Kolejnym, zdecydowanie ważniejszym, aspektem założonego doświadczenia jest odpowiedź na pytanie czy podejmowane próby doskonalenia gospodarki zrębowej mają wpływ na skład i strukturę leśnych zgrupowań bezkręgowców. W przypadku skoczogonków dotychczas nie prowadzono tego typu badań. Co prawda, znając plastyczność ekologiczną gatunków występujących w lasach oraz ich wrażliwość na zmiany środowiskowe, można się było spodziewać, że pozostawienie na zrębach zupełnych odpadów w postaci zrębków czy gałęzi będzie sprzyjać liczniejszemu występowaniu skoczogonków. Przesłanki ku temu daje też praca dokumentująca bardzo wysokie zagęszczenia skoczogonków w miejscach naturalnego gromadzenia się ściółki leśnej w wyniku nawiewania lub zsuwania po stoku [Kopeszki 1995]. Wyniki doświadczenia założonego w LKP „Lasy Mazurskie” to pierwsze doniesienie o pozytywnej reakcji skoczogonków na celowe działania nastawione na poprawę warunków bytowania leśnej fauny ściółkowo-glebowej. Zestawienie wyników uzyskanych dla wariantów ze zrębkami i pozbawionych tych odpadów ujawnia, że liczebność zgrupowań skoczogonków na zrębach zupełnych wzbogaconych w zrębki była dwukrotnie większa w przypadku zrębu z przygotowaniem gleby pługiem aktywnym i trzykrotnie większa w przypadku zrębu, na którym użyto frezu leśnego. Natomiast na powierzchni z wyoranymi pasami pługiem dwuodkładnicowym dodanie zrębków spowodowało aż pięciokrotny wzrost liczebności skoczogonków. Średnia wartość tego parametru uzyskana dla wariantów ze zrębkami w każdym z tych przypadków przekroczyła 10 tys. osobników/m². Na tej podstawie można postawić tezę, że pozostawienie zrębków na powierzchni

zębowej wydaje się rekompensować straty w faunie spowodowane mechanicznym przygotowaniem gleby.

W założonym doświadczeniu na kilku zrębach pozostawiono przymy gałęzi. Zgrupowania skoczogonków zasiedlające te przymy składają się, co prawda, z większej liczby gatunków niż otwarta powierzchnia zrębu, ale nie stwierdzono tak spekularnego pozytywnego wpływu gałęzi na liczebność zgrupowań, jak ma to miejsce w przypadku zrębków.

Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że analiza reakcji zgrupowań na wykonane na zrębach zabiegi jest utrudniona ze względu na duży rozrzut wyników uzyskanych dla poszczególnych powierzchni. W badaniach wielogatunkowych zespołów zwierząt uzyskanie statystycznie istotnych wyników jest trudne, mimo że różnice w średnich wartościach parametrów są ewidentne. Spowodowane jest to tym, że w przypadku eksperymentu zakładanego w terenie, powierzchnie badawcze będące powtórzeniami tego samego wariantu lokalizowane są w różnych miejscach i przez to mogą różnić się pod względem warunków glebowych lub mikroklimatycznych. Ważnym czynnikiem zakłócającym wyniki badań prowadzonych w lasach Nadleśnictwa Sychowo może być urozmaicona konfiguracja terenu. W przypadku doświadczenia bazującego na 47 powierzchniach badawczych analiza składu i struktury zgrupowań wymaga obliczenia wielu wskaźników, a uzyskane wyniki nie zawsze są jednoznaczne.

Stosunkowo nowym pomysłem na udoskonalenie zrębowego sposobu zagospodarowania lasu jest pozostawianie na zrębach zupełnych kilkuarowych kęp dojrzałego drzewostanu [Zarządzenie... 1995]. W badaniach prowadzonych na terenie RDLP Szczecinek, w pierwszych latach po złożeniu zrębu, w pozostawionych kępach starodrzewia obserwowano większe bogactwo gatunkowe i liczebność skoczogonków niż na otwartej powierzchni zrębowej [Sławska 2002b]. Aby ocenić czy pozytywny wpływ kęp utrzymuje się w kolejnych latach, do badań włączono istniejące już od kilku lat na terenie Nadleśnictwa Sychowo kępy starodrzewia i otaczające je młodniki. Dane uzyskane dla zgrupowań wysp upoważniają do stwierdzenia, że pozostawienie na zrębach zupełnych fragmentów drzewostanu z nienaruszoną powierzchnią gleby tworzy swojego rodzaju ostoje, w których wiele gatunków występuje bardzo licznie. Również wyniki z włączonej do badań powierzchni z odnowieniem naturalnym sygnalizują potencjalną wartość dla fauny glebowej fragmentów lasu o niezniszczonej pokrywie gleby. Mimo usunięcia drzewostanu nie obserwuje się w zgrupowaniach skoczogonków kilkuletniego samosiewu sosnowego negatywnych skutków zrębów zupełnych.

Podsumowanie

Aktualny stan wiedzy na temat zgrupowań leśnych skoczogonków, wzbogacony o wyniki badań eksperymentu założonego w LPK „Lasy Mazurskie”, upoważnia do stwierdzenia, że negatywny wpływ zrębów zupełnych na faunę leśną można złagodzić na wiele sposobów. Przede wszystkim należy pozostawiać na powierzchniach zrębowych kilkuarowe kępy dojrzałego drzewostanu. Jest to najlepsza metoda wzbogacania zrębowych zespołów bezkręgowców ściółkowo-glebowych. Ze względów ekonomicznych wyspy nie mogą być duże, ale wydaje się, że każdy fragment niezniszczonej gleby procentuje liczniejszym występowaniem skoczogonków licznym w tysiącach osobników na jednym metrze kwadratowym. Z tego samego względu wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, należy wykorzystywać odnowienie naturalne pod okapem drzewostanu. Jak dowodzi Andrzejczyk [2003] ten sposób hodowli sosny może być znacznie szerzej wykorzystywany w praktyce leśnej.

Na zrębach zupełnych należy zdecydowanie ograniczać używanie pługów i frezów leśnych. Wszędzie tam, gdzie zachwaszczenie nie stanowi zagrożenia dla przyszłych upraw, z punktu

widzenia fauny glebowej wykonanie talerzy jest zdecydowanie najlepszym sposobem przygotowania gleby.

Na zrębach, na których przygotowanie gleby jest niezbędne, bardzo korzystne dla fauny leśnej jest wzbogacenie gleby w odpady zrębowe w postaci zrębków. Odpady zrębowe mogą być co prawda traktowane jako cenne źródło energii odnawialnej, posiadające określoną wartość rynkową, a ich wytwarzanie i rozsypywanie na zrębach może zwiększać koszty odnowienia [Sadowski 2004]. Warto jednak pamiętać, że z punktu widzenia ekosystemu leśnego jest to również cenne źródło składników dla przyszłego pokolenia lasu, miejsce rozwoju licznych organizmów, w tym grzybów saprotroficznych oraz schronienie dla wielu bezkręgowców ściółkowo-glebowych.

Wnioski

- ✦ Zręby zupełne mają wyraźny negatywny wpływ na leśne zgrupowania skoczogonków.
- ✦ Skutkiem usunięcia drzewostanu i przygotowania gleby jest redukcja bogactwa gatunkowego oraz drastyczny spadek liczebności zgrupowań.
- ✦ Na większości zrębków, w porównaniu z drzewostanami kontrolnymi, odnotowano zmniejszenie udziału gatunków sporadycznych, co świadczy o silnym zaburzeniu struktury zgrupowań.
- ✦ Termin założenia zrębu nie ma wpływu na zmiany obserwowane w zgrupowaniach.
- ✦ Redukcja liczebności zgrupowań na zrębach zupełnych zależy od sposobu wykonania przygotowania gleby.
- ✦ Drastyczny spadek liczebności skoczogonków do zaledwie kilku tysięcy osobników odnotowano na zrębach z pasami wyoranymi pługiem dwuodkładnicowym. Silną redukcję stwierdzono również na powierzchniach z przygotowaniem gleby frezem leśnym i pługiem aktywnym.
- ✦ Na zrębach z talerzami liczebność skoczogonków została zredukowana w niewielkim stopniu w porównaniu do dojrzałych drzewostanów kontrolnych.
- ✦ Pozostawienie na zrębach zupełnych odpadów zrębowych postaci zrębków lub przyzmy gałęzi ma pozytywny wpływ na zgrupowania skoczogonków.
- ✦ We wszystkich wariantach przygotowania gleby dodanie zrębków wyraźnie złagodziło redukcję bogactwa gatunkowego zgrupowań.
- ✦ Wzbogacenie w zrębki powierzchni, na których przygotowano glebę pługiem dwuodkładnicowym, pługiem aktywnym lub frezem, spowodowało znaczny wzrost liczebności zgrupowań w porównaniu do powierzchni pozbawionych zrębków.
- ✦ Pozostawienie na zrębach odpadów zrębowych w postaci zrębków w przypadku wszystkich czterech wariantów przygotowania gleby dało pozytywny efekt w postaci wzrostu wartości polisy zgrupowań.
- ✦ Liczebność skoczogonków w pozostawionych na zrębach przyzmych gałęzi była wyższa niż na otwartej powierzchni zrębu zarówno w przypadku zrębków zimowych, jak i letnich.
- ✦ Pozytywnie ocenione zostały pozostawione na zrębach wyspy starodrzewia. Bogactwo gatunkowe kęp starodrzewia było wyższe niż dojrzałych drzewostanów kontrolnych, a w składzie zgrupowań bardzo licznie wystąpiły gatunki sporadyczne.
- ✦ Średnie zagęszczenie zgrupowań skoczogonków wysp starodrzewia było bardzo wysokie i znacznie przewyższało wartości tego parametru w dojrzałych drzewostanach kontrolnych.
- ✦ Biorąc pod uwagę wszystkie warianty doświadczenia można stwierdzić, że zdecydowanie najlepsze warunki zapewniają skoczogonkom pozostawione na zrębach wyspy starodrzewia.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstawanie, struktura, hodowla. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Filser J., Mebes K. H., Winter K., Lang A., Kampichler C. 2002. Long-term dynamics and interrelationship of soil *Collembola* and microorganisms in an arable landscape following land use change. *Geoderma* 105: 201-222.
- Huhta V., Karpinen 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.
- Kopeszki H. 1995. Collembolan Fauna in Vienna Beech Wood in Relation to Litter Accumulation and Depletion. *Polskie Pismo Entomologiczne* 64: 357-362.
- Lasy w Polsce. 2007. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa.
- Sadowski J. 2004. The problem of forest residuals utilisation management in Poland. Internationales Symposium «Mechanisierung der Waldarbeit» in Gmunden, Oberösterreich. <http://www.boku.ac.at/formec/inhalt/pdf/PA%20Sadowski.pdf>
- Sławska M. 2000. Możliwości zastosowania fauny glebowej do oceny efektywności zabiegów gospodarczych. *Sylwan* 144 (3): 93-100.
- Sławska M. 2002a. Wpływ sposobu przygotowania gleby na zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Apterygota*) boru sosnowego. *Sylwan* 146 (11): 63-72.
- Sławska M. 2002b. *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. 2005. Propozycja metody waloryzacji ekosystemów leśnych wykorzystującej epigeiczno-glebowe zgrupowania skoczogonków (*Collembola*, *Hexapoda*). Wydawnictwo SGGW.
- Sławska M. 2006. Monitoring of antropogenic changes in Białowieża Primeval Forest: epigeic and soil-dwelling communities of springtails (*Collembola*, *Hexapoda*). W: Zooindycation-based monitoring of antropogenic transformations in Białowieża Primeval Forest. Warsaw Agricultural University Press. Warszawa. 65-108.
- Sławska M., Sławski M. 2006. Wpływ sposobu przygotowania gleby i składu gatunkowego uprawy na tempo regeneracji zgrupowań *Collembola* na gruntach porolnych. *Sylwan* 150 (3): 57-65.
- 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.
- Szujecki A. 1995. Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych. Fundacja „Rozwój SGGW”.
- Zarządzenie nr 11 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14 lutego 1995 roku w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych.

SUMMARY

Response of springtail communities (*Hexapoda: Collembola*) to attempts of clearcut silviculture improvement in Forest Promotional Complex "Lasy Mazurskie"

Clearcut silviculture has a damaging effect on invertebrates dwelling in forest litter and soil. The experiment was established in pine forest of Spychowo Forest District to test the attempts of clearcut silviculture improvement such as various types of soil preparation and addition of wood chips or leaving debris piles on logged areas. The residual patches of old growth left on sites harvested a few years ago and surrounding young plantations were also examined.

It was proved that clearcut caused negative changes in forest springtail communities. The logging of a whole stand decreased the number of species and their abundance. Additionally, the share of sporadic species was reduced that confirmed the disturbance of community structure. The decrease in springtail abundance depended on the method of site preparation prior to afforestation. The highest reduction was recorded in logged areas where stripes were plowed using forest reversible plough. Regressive changes in the communities

were also observed on sites prepared by an active plough and rotary cultivator. Only on logged area with spot tillage, springtails abundance was a little lower than in mature forest.

The addition of wood chips or leaving piles of branches on logged areas had positive effect on springtails communities. The lower reduction of species richness was observed in all plots with wood chips. Also abundance of springtails on sites with chips was much higher compare to plots without chips prepared by forest reversible plough, active plough and rotary cultivator. The value of insurance index of communities in all plots with chips was significantly higher. The positive effect of logging residuals on springtails abundance was observed on plots with piles of branches in both winter and summer clearcut.

The residual patches of old growth left on logged areas had distinctly positive effect on *Collembola* communities. The species richness in these patches was higher than in control mature stand and the share of sporadic species in communities was particularly large. The mean abundance of springtails in residual patches also exceeds the value of this parameter in mature forest.

The best of all tested methods of clearcut improvement occurred the residual patches of old growth left on logging areas in which *Collembola* communities were preserved in very good condition.