

MAKROFAUNA GLEBOWA W UPRAWIE WSPÓLRZĘDNEJ SOSNY ZWYCZAJNEJ (*Pinus sylvestris* L.) I ŁUBINU TRWAŁEGO (*Lupinus polyphyllus* L.)

Wojciech Sądej¹, Mariusz Nietupski¹, Agnieszka Kosewska¹,
Tadeusz Bieniaszewski²

¹ Katedra Fitopatologii i Entomologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

² Zakład Edukacji Technicznej i Informatycznej,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Fauna glebowa, czyli zoedafon, to według GÓRNEGO i GRÜMA [1981] zespół zwierząt wykorzystujący w danym momencie glebę jako środowisko życia i będący jej nieodzownym składnikiem. Spełnia ona ważną rolę glebotwórczą, bierze udział w procesach humifikacji i mineralizacji martwej materii organicznej [LAVELLE i in. 1997]. Istotne jest również stymulowanie występowania i aktywności bakterii i grzybów przez niektóre bezkręgowce glebowe: *Lumbricidae*, *Diplopoda*, a także niektóre larwy *Diptera* [PAPLIŃSKA 1982]. Do makrofauny glebowej zalicza się także szereg fitofagów, będących szkodnikami zagrażającymi szkółkom leśnym, młodnikom, drzewostanom i roślinom uprawnym [SADEJ i in. 2008]. Największe znaczenie mają chrząszcze reprezentujące żukowate *Scarabaeidae* [MALINOWSKI 1999]. Groźne są również fitofagiczne sprząyki *Elateridae* [SZUJECKI 1998]. Ważną grupą makrofauny jest również zespół zoofagów stanowiący istotny element oporu środowiska, a szczególne znaczenie mają biegaczowate *Carabidae* i mrówkowate *Formicidae* [SZUJECKI 1998; SZYSZKO 2002]. Udział sosny zwyczajnej w naszych lasach wynoszący ok. 72% wskazuje, że jest to gatunek dominujący i charakterystyczny dla ubogich siedlisk borowych [Białobok, cyt. za BIENIASZEWSKI i in. 2006].

Podjęmując niniejsze badania postawiono hipotezę – wprowadzenie w ubogie siedlisko, jakim jest młodnik sosnowy, łubinu trwałego *Lupinus polyphyllus* L., powinno znacznie je wzbogacić. Dlatego też celem badań było ustalenie wpływu łubinu trwałego, wysianego w międzyrzędzia młodnika sosnowego, na skład i liczebność ważnej grupy zoedafonu, jaką jest makrofauna glebowa, ze szczególnym uwzględnieniem *Elateridae* i *Carabidae*.

Materiał i metody

Obiektem badawczym było doświadczenie założone w nadleśnictwie Zaporo, leśnictwie Podlipie k. Braniewa (UTM DF22). W 6-letnim młodniku sosnowym o powierzchni całkowitej 9,09 ha, który założono na glebie porolnej

(rząd: gleby bielicoziemne; typ: gleba rdzawa właściwa, wytworzona z piasku luźnego), wydzielono areal 1,02 ha. Wyznaczono na nim poletka o powierzchni 0,125 ha, a następnie w międzyrzędziach sosny, trzech losowo wybranych, wysiano nasiona łubinu wieloletniego. Przed siewem glebę spulchniono glebogryzarką. Siew wykonano 4–6 IV 2004 roku, ogrodniczym siewnikiem na głębokość 1,5 cm. Nasiona zaprawiono zaprawą Sarfun 500 SC. Materiał siewny pozyskano z łubiniowych enklaw leśnych znajdujących się w okolicach Braniewa (MTN 23,4 g i zdolność kiełkowania 85%). Badaniami entomologicznymi objęto obiekty: S I – sosna z wsiewką łubinu trwałego, S II – sosna, oraz 11-letni ugór porolny (S III), przeznaczony do zalesienia o powierzchni 0,2 ha. Przylegał on do młodnika sosnowego i był porośnięty głównie roślinnością zielną oraz trawiastą, a także pojedynczymi brzożami i olszami.

Makrofaunę pozyskiwano z prób glebowych pobieranych w latach 2005–2006, pięciokrotnie każdego roku. Pobrań dokonywano w pierwszych dekadach: maja, czerwca, lipca, sierpnia i września, przy pomocy ramy Morrisa (0,25 m × 0,25 m × 0,17 m). Jednorazowo z danego obiektu pobierano 16 prób o łącznej powierzchni 1 m². Makrofaunę pozyskiwano przy pomocy aparatu Tullgrena, a osobniki konserwowano 70% alkoholem i oznaczano. Ze względu na duże znaczenie sprężykowatych w szkółkach i młodych drzewostanach, a także biegaczowatych w biocenozie lasu, oznaczono je do gatunku. Pozostałe bezkręgowce oznaczono do podstawowych taksonów. Strukturę dominacji przedstawiono według GÓRNEGO i GRÜMA [1981]. Przy opracowaniu wyników posłużono się wskaźnikami: ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera (H' , $\log n$) i Simpsona (D) oraz równomierności Pielou (J'). Podobieństwo zgrupowań *Carabidae* badanych stanowisk w kolejnych latach badań określono za pomocą klasyfikacji hierarchicznej kumulującej. Istotność różnic pomiędzy liczebnością osobników odławianych na badanych kombinacjach oceniono na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji ANNOVA. Zależność między liczebnością badanych grup makrofauny glebowej a typem siedliska oceniono za pomocą analizy redundancji (RDA) na danych transformowanych: $\log(n+1)$. Metodę RDA wybrano na podstawie analizy rozkładu danych (DCA), który miał charakter liniowy. Istotność statystyczną osi kanonicznych stwierdzono na podstawie testu Monte Carlo (tab. 1). Obliczenia statystyczne i ich graficzną interpretację wykonano przy użyciu programów: Statistica 8.0 i Canoco 4.5.

Wyniki i dyskusja

Analiza pozyskanego materiału wykazała zróżnicowanie zespołu makrofauny pod względem jej struktury, a także liczebności zarówno na obiektach badawczych, jak i w latach badań (tab. 2). Przeprowadzona analiza wariancji ($p=0,71$) nie wykazała istotnych różnic w liczebności odławianych z obiektów grup makrofauny. Wynikało to prawdopodobnie z faktu dużej liczebności *Formicidae*, zwłaszcza w drugim roku badań. Szczególnie zróżnicowana i licznie reprezentowana była gromada owadów (*Insecta*) – 13 rodzin. Pozostałe gromady: wije (*Myriapoda*), pajęczaki (*Arachnida*), skąposzczety (*Oligochaeta*) oraz ślimaki (*Gastropoda*) były, pod względem wymienionych kryteriów, uboższe. W dwuletnim cyklu największe zróżnicowanie – 18 grup systematycznych odnotowano na obiekcie ugorowanym. Największe zagęszczenie makrofauny glebowej stwierdzono w próbach pobranych z obiektu S I (średnio 170 osobników·m⁻²). Na pozostałych obiektach

doświadczalnych S II (sosna) i S III (ugór) stwierdzono odpowiednio: 46 i 93 osob. \cdot m⁻². Zagęszczenie ważnych gospodarczo *Elateridae* było małe i wynosiło średnio dla S I – 2,0 osob. \cdot m⁻², dla S II tylko 1,4 osob. \cdot m⁻². Na uwagę zasługuje natomiast wyższe zagęszczenie sprzążkowatych (6,4 osob. \cdot m⁻²) w glebie obiektu ugorowanego. Dendrogram podobieństw siedlisk wyróżnił dwie zasadnicze grupy zespołów makrofauny glebowej, dla których elementem różnicującym była obecność *Chrysomelidae* (rys. 1). Pierwsza wyróżniona grupa to makrofauna zasiedlająca sosnę z wsiewką łubinu (S I), dla której charakterystycznymi były gatunki należące do *Agrotinae*, *Asilidae* oraz *Tachinidae*. Drugą, stanowiła makrofauna pozostałych obiektów z charakterystycznymi grupami: *Araneae* i *Arionidae*. Ocenę wpływu liczebności badanych grup makrofauny, w zależności od typu siedliska, dokonano za pomocą analizy redundancji (DCA). Na rysunku 2 przedstawiono wpływ zmiennych środowiskowych (obecność sosny pospolitej i roślinności zielnej, trawiastej) na liczebność odławianych grup makrofauny badanych obiektów. Osie opisujące zmienne środowiskowe były silnie skorelowane z pierwszą osią ordynacyjną, która opisywała 45,9% wariancji dla liczebności makrofauny (tab. 1). Brak w siedlisku sosny, charakterystyczny dla obiektu ugorowanego, sprzyjał występowaniu *Agrotinae*, *Scarabaeidae*, *Curculionidae* i *Elateridae*. Z obiektami zalesionymi skorelowane było w niewielkim stopniu występowanie *Araneae*. Pojawienie się w siedlisku leśnym łubinu w warstwie podszytu stymulowało natomiast występowanie *Opilionidae*, *Dolichopodidae*, *Lumbricidae*, *Arionidae*, *Histeridae* oraz *Carabidae*.

Superdominującą grupą na wszystkich obiektach były mrówki *Formicidae*, a wskaźnik ich dominacji wahał się od 75,9% do 91,6% (tab. 2). Najwyższą wartość wskaźnika uzyskano na obiekcie S I. Jak wskazuje FERNANDES i in. [2010], środowiska o wysokiej złożoności strukturalnej charakteryzują się również wysokim bogactwem, różnorodnością, a także liczebnością fauny mrówek.

Tabela 1; Table 1

Wyniki analizy redundancji (RDA) dla badanych zgrupowań makrofauny i zmiennych środowiskowych

Results of redundancy analysis (RDA) for macrofauna assemblages and environmental variables

Wyszczególnienie; Specification	Oś 1 Axis 1	Oś 2 Axis 2	Oś 3 Axis 3	Oś 4 Axis 4
Wartości własne; Eigenvalues	0,459	0,314	0,146	0,051
Korelacje gatunek – środowisko Species – environment correlations	0,932	0,000	0,000	0,000
Skumulowany procent wariancji danych gatunkowych Cumulative variance percentage of species data	45,9	77,3	91,9	96,9
Skumulowany procent wariancji relacji gatunek – środowisko Cumulative variance percentage of species – environment relation	100,0	0,0	0,0	0,0
Znaczenie wszystkich osi kanonicznych Significance of all canonical axes	F=3,394*			

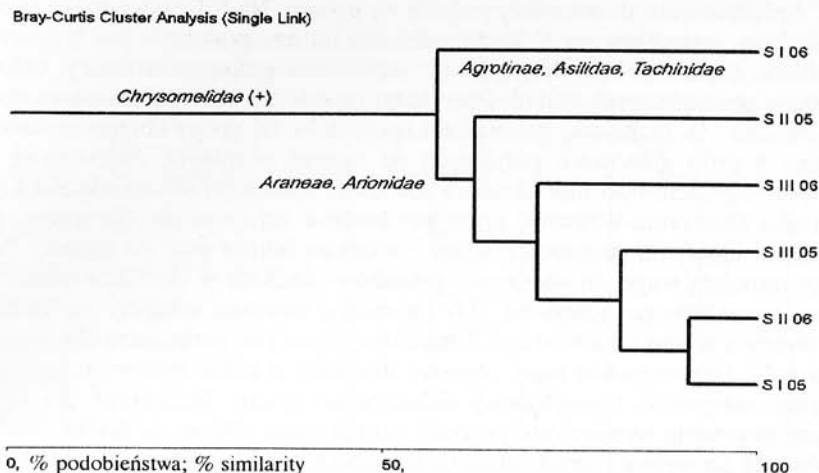
* istotność różnic między osiami oceniono na podstawie testu Monte Carlo, p=0,036; significance of the differences between axes was evaluated according to Monte Carlo's test, p=0.036

Tabela 2; Table 2

Zróżnicowanie, liczebność i zagęszczenie makrofauny pozyskanej na obiektach badawczych oraz wskaźniki dominacji

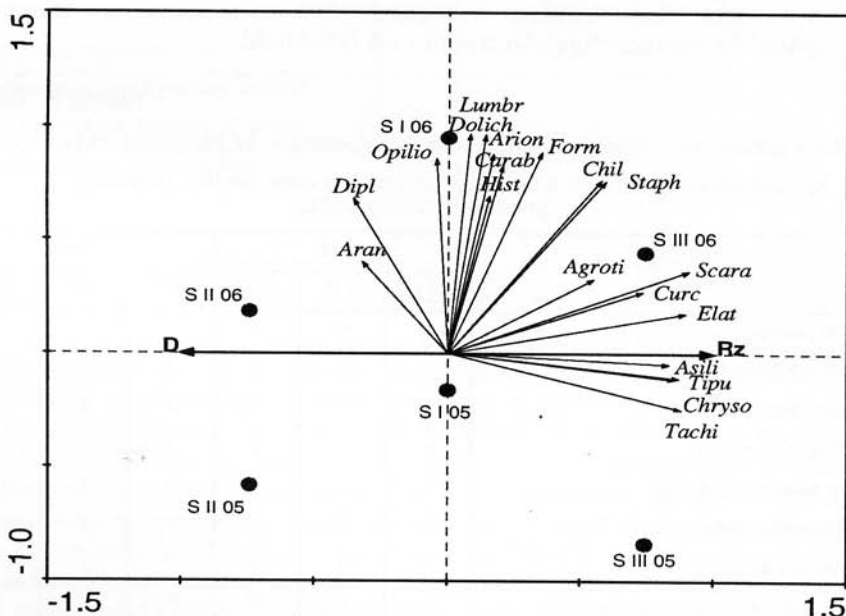
Diversity, abundance and density of soil macrofauna obtained from the research sites and dominance indices

Grupa systematyczna Systematic group			Liczba osobników Specimen number					
			S I 05	S I 06	S II 05	S II 06	S III 05	S III 06
<i>Insecta, Coleoptera</i>	skrót abbrev.							
	<i>Elateridae</i>	<i>Elat</i>	8	12	6	8	22	42
	<i>Scarabaeidae</i>	<i>Scara</i>	2	3	0	1	4	10
	<i>Curculionidae</i>	<i>Curc</i>	2	6	3	4	8	14
	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Chryso</i>	0	0	0	0	6	13
	<i>Carabidae</i>	<i>Carab</i>	9	21	4	7	6	8
	<i>Staphylinidae</i>	<i>Staph</i>	2	6	1	2	2	10
	<i>Histeridae</i>	<i>Hist</i>	2	6	4	4	2	11
<i>Lepidoptera,</i>	<i>Agrotinae</i>	<i>Agroti</i>						2
<i>Diptera,</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>Tipu</i>	2	3	2	0	6	6
	<i>Asilidae</i>	<i>Asili</i>	0	0	0	0	2	5
	<i>Dolichopodidae</i>	<i>Dolich</i>	4	12	2	8	4	7
	<i>Tachinidae</i>	<i>Tachi</i>	2	0	0	0	3	4
<i>Hymenoptera,</i>	<i>Formicidae</i>	<i>Form</i>	312	1246	107	270	214	498
<i>Myriopoda, Chilopoda</i>	<i>Chil</i>		3	4	1	2	2	4
	<i>Diplopoda</i>	<i>Dipl</i>	2	3	3	3	0	5
<i>Arachnida, Araneae</i>	<i>Aran</i>		0	2	1	0	0	0
	<i>Opilionidae</i>	<i>Opilio</i>	2	6	3	3	2	4
<i>Oligocheta, Lumbricidae</i>	<i>Lumbr</i>		4	7	2	5	2	6
<i>Gastropoda, Arionidae</i>	<i>Arion</i>		2	6	0	2	0	4
Łącznie; Total [†]			358	1343	139	321	285	653
Wskaźniki; Factors			S I		S II		S III	
Zagęszczenie ogólne (liczba osob.·m ⁻²) Total density (specimen number s·m ⁻²)			170,1		45,9		93,7	
	<i>Elateridae</i>		2,0		1,4		6,4	
	<i>Carabidae</i>		3,0		1,1		1,4	
Liczba grup systematycznych – rodzin Number of taxonomic groups – families			15		13		18	
Wskaźnik dominacji (%) Dominance index (%)			<i>Formicidae</i> – 91,6 <i>Carabidae</i> – 1,7 <i>Elateridae</i> – 1,2		<i>Formicidae</i> – 82,0 <i>Elateridae</i> – 3,0 <i>Carabidae</i> – 2,4		<i>Formicidae</i> – 75,9 <i>Elateridae</i> – 6,8 <i>Carabidae</i> – 2,3	



Rys. 1. Dendrogram podobieństwa zgrupowań makrofauny glebowej badanych stanowisk w latach 2005 i 2006

Fig. 1. Dendrogram of the similarity between assemblages of soil macrofauna at examined sites in 2005 and 2006



Zmienne środowiskowe: The arrows represent environmental variables: D – obecność sosny pospolitej; presence of the pine, Rz – roślinność zielna; herbal plants

Objaśnienie skrótów podano w tab. 2; Abbreviations in Tab. 2

Rys. 2. Diagram ordynacyjny RDA badanych zgrupowań makrofauny i zmiennych środowiskowych.

Fig. 2. A diagram of RDA analysis for the examined assemblages of macrofauna and environmental variables

Sprężykowate dominowały jedynie na ugorze. Na S I zakwalifikowano je do recedentów, natomiast na S II do subdominantów, podobnie jak biegaczowate *Carabidae*. *Elateridae* były drugą, co do liczebności, grupą makrofauny, odłowioną w trakcie prowadzonych badań. Pozyskano łącznie 92 osobniki należące do 7 gatunków (tab. 3). Najwięcej gatunków i osobników tej grupy koleopterofauny pozyskano z prób glebowych pobranych na ugorze porolnym. Najbardziej uboga pod tym względem była monokultura sosnowa. Wskaźniki różnorodności i równomierności Shannona-Weavera, opisujące badane zgrupowanie *Elateridae*, wyższe wartości osiągały na stanowisku sosny z wsiewką łąbinu oraz na ugorze. Przykładający mniejszą wagę do obecności gatunków rzadkich w siedlisku wskaźnik bogactwa gatunkowego Simpsona (D) najwyższe wartości osiągnął na stanowisku ugorowanym w obu latach badań. Charakterystycznymi gatunkami dla tego stanowiska były: *Hemicrepidius niger*, *Agriotes obscurus*, a także typowo leśny gatunek: *Dolopius marginatus* i eurytopowy *Selatosomus aeneus*. Natomiast dla obiektów z sosną zwyczajną wymienione powyżej gatunki oraz *Athous subfuscus*. Stwierdzono również na wymienionych obiektach nielicznie występujący gatunek saproksyliczny – *Ampedus balteatus*. Pierwsze z wyżej wymienionych gatunków zostały odnotowane na stanowisku po zlikwidowanym wieloletnim sadzie jabłoniowym [SĄDEJ 2008], natomiast pozostałe cztery na terenie borów sosnowych w trakcie szeroko zakrojonych badań prowadzonych przez GUTOWSKIEGO i in. [2006]. Porównując zespoły sprężykowatych występujące na obiektach S I i S II można stwierdzić, że wsiewka łąbinu trwałego w międzyrzędzia sosny nieznacznie zwiększyła liczbę gatunków reprezentujących zespół i ich liczebność.

Tabela 3; Table 3

Skład gatunkowy i liczebność sprężykowatych *Elateridae* na obiektach badawczych

Species composition and abundance among the click beetles *Elateridae* present at research sites

Gatunek Species	2005			2006		
	S I	S II	S III	S I	S II	S III
<i>Agriotes lineatus</i> L.	1	–	–	–	1	2
<i>Agriotes obscurus</i> L.	–	–	6	1	–	9
<i>Ampedus balteatus</i> L.	1	1	–	1	1	–
<i>Hemicrepidius niger</i> L.	–	–	6	1	–	10
<i>Athous subfuscus</i> (MULL.)	2	2	1	3	1	3
<i>Dolopius marginatus</i> L.	2	2	3	2	3	7
<i>Selatosomus aeneus</i> L.	2	1	6	4	2	5
Liczba osobników; Specimen number	8	6	22	12	8	36
Liczba gatunków; Number of species	5	4	5	6	5	6
Shannon-Wiener (H') Log Base 2,718	1,56	1,33	1,48	1,63	1,49	1,66
Shannon (J')	0,97	0,96	0,92	0,91	0,93	0,93
Simpsons Diversity (D)	0,11	0,13	0,21	0,15	0,14	0,18
Błąd standardowy Standard error	0,34	0,34	1,08	0,52	0,40	1,41

Tabela 4; Table 4

Skład gatunkowy i liczebność biegaczowatych
Species composition and abundance of carabid beetles

Gatunek Species	2005			2006		
	S I	S II	S III	S I	S II	S III
<i>Amara bifrons</i> (GYLL.)	-	-	1	-	-	2
<i>Amara familiaris</i> (DUFT.)	-	-	-	-	-	1
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> L.	-	-	1	-	-	1
<i>Bembidion properans</i> STEPH.	-	-	-	-	-	1
<i>Carabus cancellatus</i> (ILL.)	-	-	1	-	-	-
<i>Carabus granulatus</i> L.	1	-	-	3	1	1
<i>Carabus hortensis</i> L.						1
<i>Calathus erratus</i> (SAHL.)	4	2	-	7	3	-
<i>Calathus fuscipes</i> (G.)				2	1	-
<i>Clivina fossor</i> L.	-	-	2	-	-	-
<i>Harpalus rufipes</i> D. G.	2	1	-	5	2	1
<i>Microlestes minutulus</i> (G.)	1	1	-	2	-	-
<i>Pterostichus strenuus</i> (PANZ.)	1	-	1	1	-	-
<i>Pterostichus melanarius</i> (ILL.)	-	-	-	1	-	-
Liczba osobników; Specimen number	9	4	6	21	7	8
Liczba gatunków; Number of species	5	3	5	7	4	7
Shannon-Wiener (H') Log Base 2,718	1,43	1,04	1,56	1,72	1,28	1,91
Shannon (J')	0,89	0,95	0,97	0,89	0,92	0,98
Simpsons Diversity (D)	0,19	0,17	0,07	0,17	0,19	0,04
Błąd standardowy; Standard error	0,31	0,16	0,17	0,58	0,25	0,17

Biegaczowate były trzecią, co do liczebności, grupą makrofauny odłowioną w trakcie badań. Zaznaczyć należy, że zastosowana metoda ich pozyskiwania nie jest metodą standardową stosowaną dla oceny zgrupowań *Carabidae*. Liczebność i bogactwo gatunkowe biegaczowatych odłowionych w doświadczeniu wskazuje jednak, że może ona być wykorzystywana do oceny ich zgrupowań. Jej zaletą jest wyeliminowanie czynnika, jakim jest naturalna ruchliwość niektórych gatunków. W pozyskanym materiale stwierdzono obecność 55 osobników *Carabidae* należących do 14 gatunków. Najwięcej gatunków i osobników omawianej grupy chrząszczy odłowiono na stanowisku sosny z łubinem, najbardziej ubogim siedliskiem pod tym względem było stanowisko leśne (tab. 4). HUREJ i TWARDOWSKI [2006] również wskazują na pozytywny wpływ łubinu, na obecność i aktywność *Carabidae*. Uprawy jego stwarzają mikroklimat sprzyjający występowaniu biegaczowatych. Współczynniki różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera (H'), równomierności (J') oraz bogactwa gatunkowego Simpsona (D) dla badanych zgrupowań *Carabidae* były podobne do ustalonych dla zgrupowań biegaczowatych obszarów leśnych, opisanych w pracy NIETUPSKIEGO i in. [2008]. Jednakże na podstawie wyliczonych wartości wskaźnika H' zaobserwować można wyraźny wzrost różno-

rodności gatunkowej *Carabidae* w siedliskach sosny wzbogaconej wsiewkami łubinu (S I). Na stanowisku sosny z wsiewką łubinu dominowały biegaczowate zoofagiczne, a wśród nich znaczące miejsce zajmował średniej wielkości zoofag leśny *Calathus erratus*.

Wnioski

1. Wsiewka łubinu trwałego *Lupinus polyphyllus* L. w międzyrzędzia młodnika sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. była czynnikiem stymulującym bioróżnorodność i zagęszczenie makrofauny glebowej, wyraźnie wpłynęła na zwiększenie liczebności *Formicidae*, spowodowała również liczniejszy pojaw drapieżnej karabidofauny, nieznacznie wpłynęła na wzrost liczebności *Elateriidae*.
2. Na obiektach doświadczalnych z sosną zwyczajną zagęszczenie sprzączkowatych było niewielkie (1,4–2,0 osob. \cdot m⁻²), najliczniej wystąpił *Selatosomus aeneus* L., na ugorze natomiast było znaczne (6,4 osob. \cdot m⁻²), a najliczniej wystąpił *Hemicrepidius niger* L.
3. Karabidofauna licznie wystąpiła w obiekcie z sosną zwyczajną i łubinem, najliczniej reprezentowany był zoofagiczny gatunek *Calathus erratus* SAHL.
4. Uzyskane wyniki badań uzasadniają wprowadzanie łubinu w ubogie monokultury sosnowe, celem wzbogacenia siedliska.

Literatura

- BIENIASZEWSKI T., ORZECZOWSKI M., ZIEMBLICKI R., SĄDEJ W. 2006. Wpływ łubinu trwałego i sosny pospolitej na zmiany składników odżywczych gleby leśnej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 513: 33–40.
- FERNANDES W.D., LANGE D., SOARES S.D.A. 2010. Communities of ants (Hymenoptera: Formicidae) in fragmented environments. Sociobiol. 55(1B): 255–271.
- GÓRNY M., GRÜM L. 1981. *Metody stosowane w zoologii gleby*. PWN, Wa-wa: 482 ss.
- GUTOWSKI J.M., BUCHHOLZ L., KUPISZ D., OSSOWSKA M. 2006. Chrzęszcze saproksyliczne jako wskaźnik odkształceń ekosystemów leśnych borów sosnowych. Leś. Prace Bad. 4: 101–144.
- HUREJ M., TWARDOWSKI J. 2006. The influence of yellow lupin intercropped with spring triticale on predatory carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). Eur. J. Entomol. 103: 259–261.
- LAVELLE P., BIGNELL D., LEPAGE M., WOLTERS V., ROGER P., INESON P., HEAL O.W., DHILLION S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineer. Eur. J. of Soil Biol. 33(4): 159–193.
- MALINOWSKI H. 1999. Wrażliwość pędraków chrabąszczy (*Melolontha* spp.) na insektycydy. Syl. 3: 69–76.

NIETUPSKI M., KOSEWSKA A., CIEPIELEWSKA D., SĄDEJ W. 2008. Zgrupowania *Carabidae* leśnego rezerwatu torfowiskowego zlokalizowanego w obrębie aglomeracji miejskiej. Syl. 11: 26–39.

PAPLIŃSKA E. 1982. Udział larw muchówek w procesach glebowych. Wiad. Entomol. 7(3–4): 127–142.

SĄDEJ W. 2008. Ocena populacji sprząkawatych *Elateridae* na stanowisku po zlikwidowanym sadzie. Prog. in Plant Prot. 48(3): 952–955.

SĄDEJ W., ROZMYŚLÓWICZ R., SĄDEJ W. 2008. Soil concentration of C and N shaped by long-term unidirectional fertilization versus noxious soil macrofauna. J. of Element. 13(3): 381–389.

SZUJECKI A. 1998. *Entomologia leśna*. Wyd. SGGW, T II: 223–228.

SZYSZKO J. 2002. Możliwości wykorzystania biegaczowatych (*Carabidae*, *Coleoptera*) do oceny zaawansowania procesów sukcesyjnych w środowisku leśnym – aspekty gospodarcze. Syl. 12: 45–59.

Słowa kluczowe: makrofauna glebowa, uprawa współrzędna, sosna, łubin, *Elateridae*, *Carabidae*

Streszczenie

Ustalono wpływ łubinu trwałego *Lupinus polyphyllus* L., wysianego w międzyrzędzia 6-letniego młodnika sosnowego, na makrofaunę glebową, ze szczególnym uwzględnieniem *Elateridae* i *Carabidae*. Obiektem badawczym było doświadczenie statyczne, założone w leśnictwie Podlipie k. Braniewa. Badaniami entomologicznymi objęto 2 stanowiska z założonego doświadczenia (S I – sosna z wsiewką łubinu, S II – sosna) oraz dla porównania 11-letni ugór porolny (S III), przeznaczony do zalesienia. Wsiewka łubinu trwałego w międzyrzędzia sosny zwyczajnej była czynnikiem stymulującym bioróżnorodność i zagęszczenie makrofauny glebowej. Zabieg ten wyraźnie wpłynął na zwiększenie liczebności tak ważnych dla biocenozy lasu *Formicidae*. Spowodował również liczniejszy pojaw karabidofauny drapieżnej oraz hemizoofagicznej. Nieznacznie wpłynął na wzrost liczebności *Elateridae*.

SOIL MACROFAUNA IN INTER-ROW CROPPING OF PINE (*Pinus sylvestris* L.) AND LARGE-LEAVED LUPIN (*Lupinus polyphyllus* L.)

Wojciech Sądej¹, Mariusz Nietupski¹, Agnieszka Kosewska¹,
Tadeusz Bieniaszewski²

¹Department of Phytopathology and Entomology,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

²Division of Technical and Computer Science Education
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: soil macrofauna, inter-row cropping, pine, lupin, *Elateridae*, *Carabidae*

Summary

The study evaluated the effect of perennial lupin *Lupinus polyphyllus* L., sown between rows in a six-year-old pine forest, on the soil macrofauna, with particular attention paid to *Elateridae* and *Carabidae*. The study relied on a static experiment, established in forest district Podlipie, near Braniewo. Entomological tests covered 2 sites within the experiment conducted (S I – pine trees with lupin as a companion crop, S II – pine trees only), and – for comparison – a former arable field left fallow for 11 years and provided to afforestation (S III). Perennial lupin sown between the pine rows stimulated abundance and biodiversity of the soil macrofauna. This treatment evidently affected an increase in the count of *Formicidae*, much important for forest biocenosis. It also resulted in more numerous appearance of predatory and hemizoophageous carabid beetles. Slight effect on raising the number of *Elateridae* was observed.

Dr hab. Wojciech Sądej, prof. UWM
Katedra Fitopatologii i Entomologii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Prawocheńskiego 17
10-722 OLSZTYN
e-mail: wojciech.sadej@uwm.edu.pl