

Zgrupowania roztoczy (*Acar*) pod drzewostanami sosnowymi na terenach leśnych i rekultywowanym zwałowisku zewnętrznym w Nadleśnictwie Bełchatów

Andrzej Piasta, Maciej Skorupski, Paweł Horodecki, Andrzej M. Jagodziński

Abstrakt. Obszary leśne powstałe wskutek rekultywacji zwałowiska zewnętrznego Kopalni Węgla Brunatnego w Bełchatowie stanowią interesujące miejsce do badania przebiegu procesu sukcesji zarówno wspomaganą przez człowieka jak i zachodzącej w sposób spontaniczny. Zmiany związane z wkraczaniem na zwałowisko nowych gatunków dotyczą nie tylko przedstawicieli flory. Jednym z najważniejszych procesów zachodzących na tych obszarach jest odtwarzanie struktury gleb, w czym istotną rolę odgrywa mezofauna glebowa. W celu oceny aktywności fauny glebowej przeanalizowano skład jakościowy i ilościowy roztoczy z rzędu Mesostigmata na terenie zrekultywowanego zwałowiska i porównano ze składem zgrupowań roztoczy obecnych na gruntach leśnych. Badania przeprowadzono pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi w tych dwóch siedliskach. Zebrano łącznie 2795 okazów roztoczy. Średnia liczba taksonów roztoczy w próbie oraz średnia sumaryczna liczba osobników roztoczy w próbie jest istotnie wyższa pod drzewostanami rosnącymi na gruntach leśnych w porównaniu do powierzchni założonych na zwałowisku zewnętrznym.

Słowa kluczowe: roztocze, zwałowisko zewnętrzne, Mesostigmata, drzewostan sosnowy

Abstract. Soil mite communities under Scots pine stands growing on forest sites and reclaimed lignite mine spoil heap in Bełchatów Forest District. Forest areas established on the reclaimed Bełchatów lignite mine spoil heap are an interesting place to study the process of succession, both supported by humans and this occurred spontaneously. Changes associated with the entry of new species include not only representatives of the flora. One of the most important processes taking place in these areas is regeneration of soil structure with an important role of soil mezofauna. In order to study the activity of soil fauna we analyzed quality and quantity of the Mesostigmata mite communities on the reclaimed spoil heap and compared with the composition of mite communities on adjacent forest sites. The study was conducted under Scots pine stands growing on these two habitats. In total, 2795 specimens of mites were collected. It was found that the average number of mite taxa in a sample and the average number of mite individuals in a sample were significantly higher under Scots pine stands growing on forest habitats in comparison with stands growing on lignite mine spoil heap.

Keywords: mite, spoil heap, Mesostigmata, Scots pine stand

Wstęp

Tereny powstałe wskutek działalności przemysłowej człowieka są siedliskami silnie przekształconymi, a do najradzykalniej zmienionych zaliczamy zwałowiska będące wynikiem odkrywkowego pozyskiwania węgla brunatnego. Takie świeżo usypane zwałowiska są obiektami, na których możemy obserwować i poznawać przebieg sukcesji ekologicznej. Rekultywacja terenów poprzemysłowych, w tym zalesianie obszarów silnie zdegradowanych, nadaje tym początkowo ubogim w gatunki zbiorowiskom roślinnym zamierzony przez człowieka kierunek rozwoju. Rozwój zoocenoz, w tym mezofauny glebowej, następuje tu na drodze spontanicznych procesów determinowanych m.in. składem gatunkowym powstałych drzewostanów. Ze względu na wydłużony czas trwania stadiów inicjalnych sukcesji pierwotnej względem sukcesji wtórnej, co związane jest z powolnym odtwarzaniem wierzchnich warstw gleby (Marrs i Bradshaw 1993), jej obserwacja i ocena jest jednak utrudniona. Analiza zoocenoz powstających na terenach bezglebowych dostarcza szeregu informacji na temat kierunków biologicznej kolonizacji obszarów pochodzenia antropogenicznego. Badając skład gatunkowy zoocenoz w takich układach ekologicznych należy zwrócić uwagę na najliczniejsze grupy zwierząt je tworzących. Do takich z pewnością należą roztocze (*Acari*) i skoczogonki (*Collembola*) (Madej 2004, Koehler 1999).

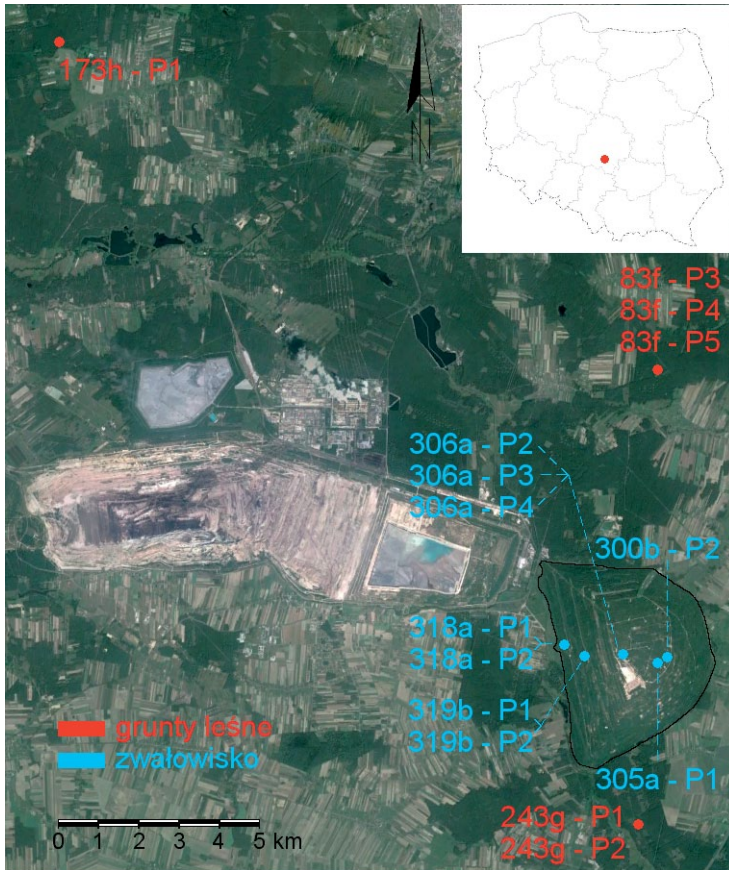
Badania mezofauny glebowej charakteryzują się dużą pracochłonnością, wiąże się bowiem ze zbiorem dużej liczby prób oraz oznaczaniem trudnych taksonomicznie gatunków (Dunger 1991, Andre i in. 2001). Poznanie składu gatunkowego mezofauny glebowej może wydatnie wspomóc analizę rozwoju nowo powstających ekosystemów (Kaczmarek i Seniczak 1996, Frouz i in. 2001, Madej 2002, 2004, 2008). W takich tworzących się układach ekologicznych istotne jest poznanie nie tylko składu gatunkowego roztoczy tam obecnych, ale i skonfrontowanie uzyskanych list taksonomicznych z wykazem gatunków stwierdzonych w układach poddanych znacznie mniejszym przekształceniom, na przykład lasom rosnącym na gruntach leśnych (Skorupski i in. 2013).

Rekultywowane tereny zwałowiska zewnętrznego Kopalni Węgla Brunatnego w Bełchatowie („Góra Kamieńsk”) od ponad trzydziestu lat są przykładem tego, w jaki sposób i z jaką skutecznością działalność rewitalizacyjna może zmniejszyć skutki aktywności przemysłowej. Badania sukcesji roztoczy na zwałowiskach kopalni węgla brunatnego prowadzili m.in. Dunger (1968) oraz Topp i in. (1992). Celem niniejszych badań było rozpoznanie i porównanie składu jakościowego i ilościowego zgrupowań roztoczy z rzędu Mesostigmata pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na terenach leśnych (7 drzewostanów na terenie Nadleśnictwa Bełchatów) i na terenie zrekultywowanego w kierunku leśnym zwałowiska zewnętrznego powstałego w wyniku działalności Kopalni Węgla Brunatnego w Bełchatowie (9 drzewostanów), a w konsekwencji – dokładniejsze przyjrzenie się procesowi wkraczania zgrupowań zwierząt glebowych na tereny poprzemysłowe.

Materialy i metody

Badania wykonano na zalesionym zwałowisku zewnętrznym Kopalni Węgla Brunatnego (KWB) w Bełchatowie, które powstało w latach 1977-1993, oraz na przylegających terenach leśnych (ryc. 1). „Góra Kamieńsk” jest najwyższym wzniesieniem antropogenicznym

na Niziu Środkowopolskim (Jagodziński i Kałucka 2008). W połowie lat 80. ubiegłego wieku rozpoczęto rekultywację zwałowiska w kierunku leśnym, a głównymi gatunkami wprowadzonymi na teren zwałowiska były brzoza brodawkowata, sosna zwyczajna, robinia akacjowa, olsze, dęby, topole, wierzby, klony, jesiony oraz modrzew europejski (Jagodziński i in. 2014).



Ryc. 1. Rozmieszczenie poletek doświadczalnych na terenie zwałowiska i na gruntach leśnych
Fig. 1. Location of experimental plots on the mine spoil heap (blue) and on adjacent forest sites (red)

Materiał badawczy zebrano jesienią 2012 roku i latem 2013 roku w drzewostanach sosnowych rosnących na zwałowisku oraz na przylegających terenach leśnych (tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyka drzewostanów sosnowych rosnących na zwałowisku zewnętrznym KWB Belchatów oraz na przylegających terenach leśnych. Objasnienia: $G_{1,3m}$ – pole przekroju pierśnicowego; w drzewostanie 243g-P1 założono dwie powierzchnie badawcze

Table 1. Characteristics of Scots pine stands growing on 'Belchatów' lignite mine spoil heap and on adjacent forest sites. Explanations: $G_{1,3m}$ – stand basal area; in 243g-P1 stand two research plots were established

Nr pow. Site No.	Wiek Age	Zagęszczenie Stand density	Pierśnica DBH	Wysokość Height	$G_{1,3m}$ Basal area
	[lata] / [years]	[szt. ha ⁻¹] / [trees ha ⁻¹]	[cm]	[m]	[m ² ha ⁻¹]
Drzewostany rosnące na zwałowisku / Stands growing on mine spoil heap					
300b-P2	17	5333	6,24	5,25	17,31
305a-P1	18	5022	5,49	4,86	12,76
306a-P2	17	5300	5,66	5,18	14,58
306a-P3	17	5432	5,35	4,97	13,33
306a-P4	17	5123	6,81	6,02	20,61
318a-P1	20	5576	7,28	8,27	28,07
318a-P2	20	2810	8,97	9,30	20,67
319b-P1	17	2761	8,95	7,39	19,68
319b-P2	17	4217	7,55	6,89	21,07
Drzewostany rosnące na terenach leśnych / Stands growing on forest sites					
243g-P2	21	3560	8,39	9,11	21,51
243g-P1	21	4200	8,02	8,87	23,41
173h-P1	21	5522	7,72	9,04	29,74
83f-P3	20	2838	12,4	13,02	36,15
83f-P4	20	3217	11,72	12,74	36,38
83f-P5	20	3197	11,9	12,16	37,29

Do pobierania prób wykorzystano próbnik glebowy o powierzchni 40 cm². Z miejsc między drzewami pobierano glebę mineralną do głębokości 5 cm, wraz z próchnicą nadkładową i ściółką. Z każdego poletka pobrano po 6 prób w każdym z terminów. Próby umieszczone w plastikowych woreczkach przewożono do pracowni Katedry Łowiectwa i Ochrony Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, gdzie po wyłożeniu na aparaty Tullgrena roztocze wyplaszano do 75% skażonego alkoholu etylowego przez cztery dni.

W celu wybrania roztoczy z rzędu Mesostigmata z roztworu, wylewano zawartość próby na płytkę Petriego, przenoszono pod binokular i przy pomocy igły preparacyjnej wybierano roztocze na szkiełko podstawkowe, umieszczając je w kropli wysoko stężonego kwasu mlekowego. Po przeniesieniu wszystkich osobników preparat przykrywano szkiełkiem nakrywkowym, przygotowując w ten sposób nietrwałe preparaty mikroskopowe. Wszystkie zebrane okazy roztoczy oznaczono do gatunku, rodzaju lub rodziny, tylko pojedyncze okazy w stadiach larwalnych lub nimfalnych oznaczono do podrzędu. Układ systematyczny oparto na pracach Błaszaka (2008), Błoszyka (2008) i Skorupskiego (2008).

W celu zanalizowania struktury populacji roztoczy dla poszczególnych gatunków obliczono wskaźnik dominacji wg wzoru:

$$D=n/N*100\%$$

gdzie n to liczba okazów danego gatunku, a N to liczba okazów wszystkich gatunków zebranych na danej powierzchni (Trojan 2000).

W celu określenia istotności wpływu terminu zbioru (T: 2012 i 2013 rok) oraz warunków siedliskowych (S: drzewostany rosnące na zwałowisku i na gruntach leśnych) na liczbę taksonów oraz ich sumaryczną liczebność w pojedynczej próbie, zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Obliczenia wykonano za pomocą pakietu statystycznego JMP 10.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC. USA; <http://www.sas.com>).

Wyniki

Łącznie spod drzewostanów sosnowych rosnących na obu typach siedlisk w obu terminach przeprowadzenia zbiorów materiału wybrano 2795 okazów roztoczy z rzędu Mesostigmata (tab. 2 i 3).

Tab. 2. Zestawienie gatunków roztoczy z rzędu Mesostigmata wykazanych pod drzewostanami sosnowymi na terenie zwałowiska w 2012 i 2013 roku. Objasnienia: No_p – liczba powierzchni, na których odnotowano gatunek; No_s – liczba prób, w których odnotowano obecność gatunku; D – wskaźnik dominacji gatunku

Table 2. The list of Mesostigmata mites found under Scots pine stands growing on the spoil heap in 2012 and 2013. Explanations: No_p – number of plots with particular species; No_s – number of samples with particular species; D – Dominance Index

Gatunek Species	2012 rok/year				2013 rok/year			
	Suma In total	No_p	No_s	D [%]	Suma In total	No_p	No_s	D [%]
<i>Amblyseius</i> sp.	15	7	14	4,82	9	5	7	2,64
<i>Antennoseius bacatosimilis</i> (Karg, 1965)					1	1	1	0,29
<i>Asca aphidioides</i> (L., 1758)	8	1	2	2,57	19	3	6	5,57
<i>Asca bicornis</i> (Canestrini & Fanzago, 1887)	54	6	14	17,36	15	3	8	4,40
<i>Cheiroseius borealis</i> (Berlese, 1904)	1	1	1	0,32				
<i>Dendrolaelaps angulosus</i> (Wilmann, 1936)	21	3	4	6,75	18	1	2	5,28
<i>Dendrolaelaps foveolatus</i> (Leitner, 1949)	52	2	4	16,72	10	3	3	2,93
<i>Dendrolaelaps myrmecophilus</i> (Hirschmann, 1960)					1	1	1	0,29
<i>Dendrolaelaps</i> CF <i>latior</i> (Leitner, 1949)					1	1	1	0,29

<i>Dendrolaelaps schweizerii</i> (Hirschmann, 1960)					2	1	1	0,59
<i>Dendrolaelaps</i> sp.	7	2	3	2,25				
<i>Dendroseius reticulatus</i> (Sheals, 1956)					44	1	1	12,90
<i>Dermanyssus gallinae</i> (De Geer, 1778)	1	1	1	0,32	1	1	1	0,29
<i>Discourella modesta</i> (Leonardi, 1889)	1	1	1	0,32	1	1	1	0,29
<i>Gamasellodes bicolor</i> (Berlese, 1918)	2	2	2	0,64				
<i>Gamasellodes</i> sp. 1	3	2	3	0,96				
<i>Gamasina</i> sp.	1	1	1	0,32	8	6	7	2,35
<i>Holoparasitus calcaratus</i> (C. L. Koch, 1839)	1	1	1	0,32				
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (Canestrini, 1883)	14	2	3	4,50	39	2	4	11,44
<i>Hypoaspis claviger</i> (Berlese, 1883)	1	1	1	0,32	8	1	1	2,35
<i>Hypoaspis cuneifer</i> (Michael, 1891)					3	1	1	0,88
<i>Hypoaspis praesternalis</i> (Wilmann, 1949)	5	3	4	1,61	21	4	9	6,16
<i>Hypoaspis</i> sp.					1	1	1	0,29
<i>Hypoaspis vacua</i> (Michael, 1891)					1	1	1	0,29
<i>Iphidonopsis pulvisculus</i> (Berlese, 1921)	1	1	1	0,32	8	3	4	2,35
<i>Leptogamasus succineus</i> (Witaliński, 1973)					1	1	1	0,29
<i>Paragamasus conus</i> (Karg, 1971)	39	2	11	12,54	45	2	8	13,20
<i>Paragamasus jugincola</i> (Athias Henriot, 1967)	3	1	2	0,96	2	1	2	0,59
<i>Paragamasus runcatellus</i> (Berlese, 1903)	2	1	1	0,64	8	2	5	2,35
<i>Paragamasus wasmanni</i> (Oudemans, 1902)	1	1	1	0,32				
Parasitidae sp.					2	2	2	0,59
<i>Pergamasus crassipes</i> (L., 1758)	30	8	20	9,65	20	7	14	5,87
<i>Pergamasus septentrionalis</i> (Oudemans, 1902)	1	1	1	0,32	3	2	2	0,88
<i>Protogamasellus</i> sp.	1	1	1	0,32				
<i>Rhodacarellus silesiacus</i> (Wilmann, 1935)	22	5	6	7,07	30	3	5	8,80
<i>Rhodacarus coronatus</i> (Berlese, 1921)	2	1	1	0,64				
<i>Trachytes aegrota</i> (C. L. Koch, 1841)	1	1	1	0,32	1	1	1	0,29
<i>Veigaia cervus</i> (Kramer, 1876)	5	2	3	1,61	3	1	3	0,88

<i>Veigaia kochi</i> (Trägårdh, 1901)	1	1	1	0,32	1	1	1	0,29
<i>Veigaia nemorensis</i> (C. L. Koch, 1839)	14	4	7	4,50	5	2	4	1,47
<i>Veigaia planicola</i> (Berlese, 1892)					3	1	1	0,88
<i>Veigaia</i> sp. 1	1	1	1	0,32	6	3	4	1,76
Suma / In total	311			100,00	341			100,00

Tab. 3. Zestawienie gatunków roztoczy z rzędu Mesostigmata wykazanych na terenie gruntów leśnych w 2012 i 2013 roku. Objaśnienia: No_p – liczba powierzchni, na których odnotowano gatunek; No_s – liczba prób, w których odnotowano obecność gatunku; D – wskaźnik dominacji gatunku

Table 3. The list of Mesostigmata mites found under Scots pine stands growing on forest sites in 2012 and 2013. Explanations: No_p – number of plots with particular species; No_s – number of samples with particular species; D – Dominance Index

Gatunek Species	2012 rok/ year				2013 rok/ year			
	Suma In total	No_p	No_s	D [%]	Suma In total	No_p	No_s	D [%]
<i>Amblyseius</i> sp.					1	1	1	0,06
<i>Asca aphidioides</i> (L., 1758)	88	6	16	17,50	149	6	23	9,09
<i>Cyrtolaelaps chiropterae</i> (Karg, 1971)					3	1	1	0,18
<i>Dendrolaelaps foveolatus</i> (Leitner, 1949)	1	1	1	0,20	5	3	3	0,30
<i>Dendrolaelaps myrmecophilus</i> (Hirschmann, 1960)					10	3	3	0,61
<i>Dendrolaelaps</i> sp.	6	1	1	1,19				
<i>Eviphis ostrinus</i> (C.L. Koch, 1836)	1	1	1	0,20				
<i>Gamasellodes bicolor</i> (Berlese, 1918)	4	3	4	0,80	1	1	1	0,06
<i>Gamasina</i> sp.					2	2	2	0,12
<i>Geholaspis longispinosus</i> (Kramer, 1876)	1	1	1	0,20	14	2	9	0,85
<i>Holoparasitus calcaratus</i> (C. L. Koch, 1839)	2	2	2	0,40	4	2	4	0,24
<i>Hypoaspis aculeifer</i> (Canestrini, 1883)	3	1	1	0,60	6	5	5	0,37
<i>Hypoaspis claviger</i> (Berlese, 1883)					54	3	4	3,29
<i>Hypoaspis praesternalis</i> (Wilmann, 1949)	1	1	1	0,20				
<i>Hypoaspis vacua</i> (Michael, 1891)	1	1	1	0,20				
<i>Janetiella pulchella</i> (Berlese, 1904)	1	1	1	0,20	11	2	2	0,67
<i>Leptogamasus anoxygenellus</i> (Micherdziński, 1969)	24	3	10	4,77	50	2	8	3,05
<i>Leptogamasus belligerens</i> (Witaliński, 1973)	1	1	1	0,20	4	1	2	0,24

<i>Leptogamasus succineus</i> (Witaliński, 1973)	1	1	1	0,20				
<i>Macrocheles glaber</i> (Müller, 1860)					1	1	1	0,06
<i>Macrocheles montanus</i> (Willmann, 1951)	1	1	1	0,20				
<i>Olodiscus minima</i> (Kramer, 1882)	3	2	2	0,60	40	3	7	2,44
<i>Pachylaelaps furcifer</i> (Oudemans, 1903)	3	1	1	0,60				
<i>Paragamasus conus</i> (Karg, 1971)	7	1	3	1,39	236	2	12	14,39
<i>Paragamasus jugincola</i> (Athias Henriot, 1967)	7	2	5	1,39	39	5	18	2,38
<i>Paragamasus lapponicus</i> (Trägårdh, 1910)	1	1	1	0,20	3	2	2	0,18
<i>Paragamasus puerilis</i> (Karg, 1963)	2	1	2	0,40				
<i>Paragamasus runcatellus</i> (Berlese, 1903)	69	6	18	13,72	107	5	20	6,52
<i>Paragamasus</i> sp.					1	1	1	0,06
<i>Paragamasus wasmanni</i> (Oudemans, 1902)	10	2	5	1,99	22	1	4	1,34
<i>Paragarmania</i> sp.	8	2	4	1,59				
<i>Parazercon radiatus</i> (Berlese, 1914)	24	2	6	4,77	18	2	6	1,10
<i>Pergamasus brevicornis</i> (Berlese, 1903)	4	1	2	0,80	1	1	1	0,06
<i>Pergamasus crassipes</i> (L., 1758)	2	2	2	0,40	4	2	3	0,24
<i>Pergamasus mediocris</i> (Berlese, 1904)	3	1	1	0,60	11	2	5	0,67
<i>Pergamasus septentrionalis</i> (Oudemans, 1902)	2	1	2	0,40	9	4	8	0,55
<i>Phytoseidae</i> sp.					1	1	1	0,06
<i>Proctolaelaps juradeus</i> (Schweizer, 1949)					1	1	1	0,06
<i>Prozercon traegardhi</i> (Halbert, 1923)					4	1	3	0,24
<i>Prozercon kochi</i> (Sellnick, 1943)	20	3	6	3,98	4	2	4	0,24
<i>Rhodacarellus silesiacus</i> (Wilmann, 1935)	1	1	1	0,20	3	1	1	0,18
<i>Rhodacarus coronatus</i> (Berlese, 1921)	20	2	3	3,98	48	4	5	2,93
<i>Rhodacarus</i> sp.	1	1	1	0,20				
<i>Trachytes aegrota</i> (C. L. Koch, 1841)	43	5	13	8,55	135	5	20	8,23
<i>Trichouropoda ovalis</i> (C. L. Koch, 1839)	1	1	1	0,20	3	2	3	0,18
<i>Urodiaspis tecta</i> (Kramer, 1876)	2	1	2	0,40				
<i>Veigaia cervus</i> (Kramer, 1876)	18	7	13	3,58	36	7	21	2,20

<i>Veigaia exigua</i> (Berlese, 1916)	2	2	2	0,40	6	3	4	0,37
<i>Veigaia kochi</i> (Trägårdh, 1901)					20	5	12	1,22
<i>Veigaia nemorensis</i> (C. L. Koch, 1839)	56	7	20	11,13	284	7	36	17,32
<i>Veigaia</i> sp. 1	7	2	3	1,39	7	3	6	0,43
<i>Vulgarogamasus kraepelini</i> (Berlese, 1904)	3	2	2	0,60	20	3	10	1,22
<i>Vulgarogamasus</i> sp.	1	1	1	0,20				
<i>Zercon peltatus</i> (C. L. Koch, 1836)	45	6	21	8,95	212	7	36	12,93
<i>Zercon triangularis</i> (C. L. Koch, 1836)	2	1	2	0,40	50	3	10	3,05
Suma / In total	503			100,00	1640			100,00

Z prób pobranych jesienią 2012 roku zebrano 814 okazów: 311 spod drzewostanów sosnowych rosnących na zwałowisku oraz 503 spod drzewostanów sosnowych rosnących na glebach leśnych. Łącznie wykazano 52 gatunki (w tym 4 taksony oznaczono do rodzaju). Na zwałowisku zebrano 30 gatunków (w tym 3 oznaczone do rodzaju). Na gruntach leśnych wykazano 42 gatunki roztoczy (w tym 4 oznaczone do rodzaju). W obrębie zebranych w tym terminie prób stwierdzono 18 gatunków wspólnych dla obu typów siedlisk. Na powierzchniach znajdujących się na zwałowisku do klasy eudominantów zalicza się trzy gatunki: *Asca bicornis*, *Dendrolaelaps foveolatus* i *Paragamasus conus*. Na powierzchniach leśnych do klasy eudominantów zalicza się trzy gatunki: *Asca aphidioides*, *Paragamasus runcatellus* i *Veigaia nemorensis*.

Z prób pobranych latem 2013 roku zebrano 1981 okazów roztoczy: 341 spod drzewostanów sosnowych rosnących na zwałowisku oraz 1640 spod drzewostanów rosnących na glebach leśnych. Łącznie wykazano 53 gatunki (w tym 3 oznaczone do rodzaju i jeden do rodziny). Na zwałowisku wykazano 31 gatunków (w tym 3 oznaczone do rodzaju i jeden do rodziny). Na gruntach leśnych zebrano 41 gatunków (w tym 3 oznaczone do rodzaju). Stwierdzono 16 gatunków wspólnych dla obu typów siedlisk. Na powierzchniach znajdujących się na zwałowisku do klasy eudominantów zalicza się trzy gatunki, tj. *Paragamasus conus*, *Dendroseius reticulatus* i *Hypoaspis aculeifer*, natomiast na powierzchniach leśnych *Veigaia nemorensis*, *Paragamasus conus* i *Zercon peltatus*.

Z analizy danych zebranych w obu terminach wynika, że gatunkami wspólnymi (łącznie 23 gatunki), które zostały stwierdzone pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi zarówno na zwałowisku jak i na terenach leśnych, są: *Asca aphidioides*, *Dendrolaelaps foveolatus*, *D. myrmecophilus*, *Gamasellodes bicolor*, *Holoparasitus calcaratus*, *Hypoaspis aculeifer*, *H. claviger*, *H. praesternalis*, *H. vacua*, *Leptogamasus succineus*, *Paragamasus conus*, *P. jugincola*, *P. runcatellus*, *P. wasmanni*, *Pergamasus crassipes*, *P. septentrionalis*, *Rhodacarellus silesiacus*, *Rhodacarus coronatus*, *Trachytes aegrota*, *Veigaia cervus*, *V. kochi*, *V. nemorensis*, *Veigaia* sp.1. Na zwałowisku stwierdzono 14 gatunków (*Antennoseius bacatosimilis*, *Asca bicornis*, *Cheiroseius borealis*, *Dendrolaelaps angulosus*, *D. latior*, *D. schweizerii*, *Dendroseius reticulatus*, *Dermanyssus gallinae*, *Discourella modesta*, *Gamasellodes* sp.1, *Hypoaspis cuneifer*, *Iphidonopsis pulvisculus*, *Protogamasellus* sp., *Veigaia planicola*), których nie odnotowano pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na terenach leśnych. Z kolei pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na zwałowisku nie stwierdzono

24 gatunków, które odnotowano jedynie pod drzewostanami rosnącymi na terenach leśnych (*Cyrtolaelaps chiropterae*, *Eviphis ostrinus*, *Geholaspis longispinosus*, *Janetiella pulchella*, *Leptogamasus anoxygenellus*, *L. belligerens*, *Macrochaelaes glaber*, *M. montanus*, *Olodiscus minima*, *Pachylaelaps furcifer*, *Paragamasus lapponicus*, *P. puerlis*, *Parazercon radiatus*, *Pergamasus brevicornis*, *P. mediocris*, *Proctolaelaps juradeus*, *Prozercon traegardhi*, *P. kochi*, *Trichouropoda ovalis*, *Urodiaspis tecta*, *Veigaia exigua*, *Vulgarogamasus kraepelini*, *Zercon peltatus*, *Z. triangularis*; ponadto przedstawicielei rodzaju *Paragarmania* i przedstawicielei *Phytoseiidae*).

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ terminu zbioru oraz warunków siedliskowych zarówno na liczbę taksonów roztoczy w pojedynczej próbie jak i sumaryczną liczebność osobników w próbie (tab. 4).

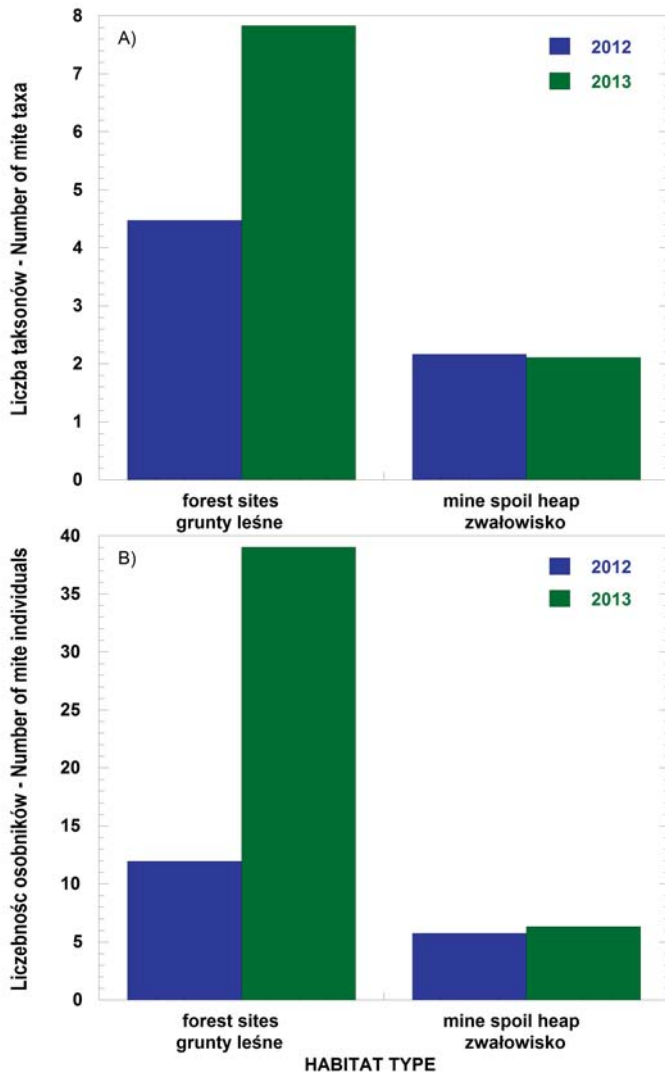
Tab. 4. Istotność wpływu terminu zbioru (T; 2012 i 2013 rok) i warunków siedliskowych (S; drzewostany rosnące na zwałowisku i na gruntach leśnych) na liczbę taksonów oraz sumaryczną liczebność roztoczy w pojedynczej próbie określona za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA)

Table 4. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) showing the influence of the studied factors on the number of mite taxa in a sample and a total number of mite individuals in a sample. Explanations: T – sample collection time (2012 and 2013); S – habitat type (lignite mine spoil heap and forest sites)

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Sumy kwadratów odchyleń Sum of Squares	F	P>F
Liczba taksonów roztoczy w próbie – Number of mite taxa in a sample				
Termin zbioru (T)	1	762,01	139,47	<0,0001
Warunki siedliskowe (S)	1	128,76	23,57	<0,0001
T × S	1	137,57	25,18	<0,0001
Sumaryczna liczebność osobników w próbie – Total number of mite individuals in a sample				
Termin zbioru (T)	1	17920,53	79,47	<0,0001
Warunki siedliskowe (S)	1	9015,89	39,98	<0,0001
T × S	1	8305,27	36,83	<0,0001

Średnia liczba taksonów w próbie jest istotnie wyższa ($p < 0,0001$) pod drzewostanami rosnącymi na gruntach leśnych ($6,15 \pm 0,37$) w porównaniu do zwałowiska ($2,14 \pm 0,16$). W 2012 roku wynosiła ona $4,48 \pm 0,51$ pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na gruntach leśnych i $2,17 \pm 0,21$ pod drzewostanami rosnącymi na zwałowisku, natomiast w 2013 roku – $7,83 \pm 0,39$ i $2,11 \pm 0,25$, odpowiednio (ryc. 2A).

Średnia sumaryczna liczba osobników roztoczy w próbie jest istotnie wyższa ($p < 0,0001$) na powierzchniach założonych na terenach leśnych ($25,51 \pm 2,64$) w porównaniu do powierzchni założonych na zwałowisku zewnętrznym ($6,04 \pm 0,90$). W 2012 roku wynosiła ona $11,98 \pm 1,90$ pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na gruntach leśnych i $5,76 \pm 1,19$ pod drzewostanami rosnącymi na zwałowisku, natomiast w 2013 roku – $39,05 \pm 3,95$ i $6,31 \pm 1,35$, odpowiednio (ryc. 2B).



Ryc. 2. Średnia liczba taksonów (A) oraz średnia sumaryczna liczebność roztoczy (B) w pojedynczej próbie pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na gruntach leśnych oraz na zwałowisku w roku 2012 i 2013

Fig. 2. Mean number of mite taxa (A) and mean total number of mite individuals (B) in a sample under Scots pine stands growing on forest sites and the lignite mine spoil heap in 2012 and 2013

Dyskusja

Warunki siedliskowe panujące pod drzewostanami sosnowymi rosnącymi na zwałowisku zewnętrznym oraz na przylegających terenach leśnych determinują różne składy gatunkowe roztoczy glebowych oraz ich struktury. Pod drzewostanami rosnącymi na zwałowisku występuje mniej gatunków roztoczy, a ich zgrupowania są mniej liczne w porównaniu do zoocenoz mezofauny glebowej stwierdzonych na terenach leśnych.

Wśród zebranych okazów roztoczy wykazano gatunki występujące na terenach przekształconych antropogenicznie, takich jak nasypy kolejowe (Madej i Kudła 1990), tereny rekultywowanych zwałowisk popiołów pochodzących z elektrowni (Madej 1996), solniska (Dziuba 1972), trawniki miejskie (Niedbała i in. 1982), młodniki sosnowe na obszarach zanieczyszczonych (Kaczmarek 2000), nieużytki kopalnictwa galeno-galmanowego (Madej i Skubała 1996, Madej i Skowrońska 1994), hałdy kopalniane (Madej 1990), obrzeża jaskiń (Micherdziński 1969) czy płyty słonorośli (Seniczak i in. 1993). Wśród zebranych gatunków występują typowe dla pionierskich stadiów sukcesji wymieniane przez Madej (2002, 2004, 2008), takie jak: *Asca aphidiodes*, *A. bicornis*, *Rhodacarellus silesiacus*, *Rhodacarus coronatus* i *Gamasellodes bicolor*, których osobniki są małe, słabo zesklekotyzowane i szybko rozmnażające się. Z wyjątkiem *Asca bicornis*, gatunki te występują również (mniej licznie) na powierzchniach leśnych, co potwierdza opinię Koehlera (1999), że np. *Rhodacarellus silesiacus* jest gatunkiem stale obecnym w trakcie przebiegu sukcesji. Wydaje się jednak oczywistym, że gatunki pionierskie obecne pod otaczającymi zwałowisko drzewostanami w pierwszej kolejności zasiedla takie zdegradowane tereny. Tak samo obserwując sukcesję na odnawianych powierzchniach leśnych po zrębach zupełnych stwierdzono, że gatunki typowo „leśne” obecne w sąsiadujących drzewostanach stosunkowo szybko je zasiedlają (Skorupski i in. 2003a, 2003b, 2003c, 2008). Wśród gatunków roztoczy dominujących na powierzchniach doświadczalnych na zwałowisku znajdują się przede wszystkim gatunki pionierskie, jednakże na niektórych powierzchniach w tej grupie wykazano również gatunki typowo leśne.

Na zwałowisku i na terenach leśnych znaleziono liczne gatunki z rodzin Laelapidae, Parasitidae i Veigiidae. Na terenach przemysłowych badanych w pierwszych kilkunastu latach sukcesji, zwykle spotykano tylko pojedyncze gatunki z tych rodzin (Madej 2004). Również Karg i Freier (1995) pojawienie się pojedynczych przedstawicieli rodzaju *Veigai* przypisywali do drugiego etapu pionierskiego stadium rozwoju gleby, silnie związanego z obecnością tworzącego się humusu i rosnącą aktywnością biologiczną gleb. Po dwudziestu, trzydziestu latach sukcesji, określanych jako późne jej stadia, liczba gatunków z tego rodzaju rosła. Pogląd ten jest zgodny z wynikami uzyskanymi wcześniej przez Parra (1978), który uważał, że dopiero w „późnym” stadium sukcesji pojawiają się takie gatunki jak *Veigaia nemorenensis*, *Paragamasus walsmanni* czy *Pergamasus crassipes*. Jednakże pojawianie się wymienionych gatunków na zalesionych gruntach przemysłowych wynika przede wszystkim z możliwości ich przemieszczenia się w takie środowisko, często w przypadkowy sposób. Wówczas stwierdzamy ich obecność na pojedynczych poletkach badawczych, chociaż stan rozwoju wierzchniej warstwy organicznej gleb pod drzewostanami sosnowymi na zwałowisku w Bełchatowie jest bardzo podobny. Dlatego też należy przypuszczać, że są to środowiska już przygotowane na funkcjonowanie tych gatunków „leśnych”, które spotykamy na pojedynczych powierzchniach na zwałowisku, ale brak możliwości ich przemieszczenia

z obszarów leśnych występujących u podnóża „Góry Kamieński” oraz z poletek już zasiedlonych jest głównym czynnikiem zwalniającym tempo ich dyspersji.

W próbach pobranych na terenie zwałowiska wykazano również roztocze z podrzędu Uropodina, których zdaniem Madej (2004, 2008) zwykle nie spotyka się wśród pionierskich zgrupowań. Również inni autorzy (Karg 1986, Athias-Binche 1989) uważają roztocze z tego podrzędu za typowe dla dojrzałych, niezaburzonych gleb. Roztocze te mają długi okres rozwoju i to może być powodem wkraczania ich w późniejszych stadiach sukcesji. Pojedyncze osobniki zostały wykazane już na zwałowisku (*Trachytes aegrota*, *Discourella modesta*), co również potwierdza przypuszczenie, iż środowisko jest przygotowane na zasiedlenie przez gatunki późniejszych faz sukcesji. Na zwałowisku nie zanotowano przedstawicieli rodziny Zerconidae, gatunków typowo leśnych, które zwykle zasiedlają tereny sukcesyjne na powierzchniach przemysłowych w ostatniej kolejności. Już pierwsze kompleksowe badania tej grupy roztoczy wykonane przez Błaszaka (1974) wskazały na silny ich związek ze środowiskiem leśnym, tak więc pojawienie się tych roztoczy będzie ważnym wskaźnikiem przejścia sukcesji w ostateczne stadium.

Uzyskane wyniki badań oraz przytoczone przykłady literaturowe pozwalają przypuszczać, że na terenie zwałowiska zewnętrznego KWB w Belchatowie doszło do wstępnego przekształcenia gleb inicjalnych pod okapem drzewostanu i proces tworzenia gleb o charakterze leśnym jest zdecydowanie bardziej zaawansowany w świetle szerszych badań, niż wynika to tylko z obserwacji poszczególnych poletek badawczych na tym terenie. Dalsze obserwacje tego wielokierunkowego procesu pozwolą w przyszłości lepiej poznać przebieg procesu sukcesji na obszarach z glebami inicjalnymi, powstałych w wyniku działalności człowieka. Z drugiej strony należy zastanowić się w przyszłości nad sposobami przyspieszenia procesów sukcesji na terenach przemysłowych zagospodarowanych w kierunku leśnym, co może pomóc w tworzeniu lepszych warunków glebowych w kreowanych drzewostanach na takich terenach.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

- potwierdzono funkcjonowanie stabilniejszych, liczniejszych i bogatszych gatunkowo zgrupowań badanych roztoczy w glebach pod drzewostanami sosnowymi na powierzchniach leśnych w porównaniu do drzewostanów sosnowych rosnących na glebach przemysłowych,
- porównując wyniki badań z danymi literaturowymi można stwierdzić, że tempo sukcesji mezofauny glebowej na zalesionych powierzchniach przemysłowych jest dużo szybsze niż na powierzchniach przemysłowych będących pod wpływem wtórnej sukcesji naturalnej,
- zalesianie gruntów przemysłowych zwiększa tempo sukcesji mezofauny glebowej, jednak ma ona charakter nierównomierny, często przypadkowy,
- już po kilkunastu latach od zalesienia tworzące się środowisko glebowe pod okapem drzewostanu sosnowego na terenach przemysłowych stwarza warunki do funkcjonowania w nim wielu gatunków roztoczy z rzędu Mesostigmata, w tym typowych dla środowiska leśnego.

Podziękowania

Praca powstała w ramach projektu pt. „Środowiskowo-genetyczne uwarunkowania produktywności ekosystemów leśnych na gruntach leśnych i przemysłowych” finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie (2011-2015).

Literatura

- Andre H.M., Ducarme X., Anderson J.M., Crossley Jr D.A., Koehler H.H., Paoletti M.G., Walter D.E., Lebrun P. 2001. Skilled eyes are needed to go on studying the richness for the soil. *Nature*, 409: 761.
- Athias-Binche F. 1989. General ecological principles which are illustrated by population studies of uropodid mites. *Adv. Ecol. Res.*, 19: 303-344.
- Błaszak Cz. 1974. Zerconidae (Acari, Mesostigmata) Polski. *Monogr. Fauny Pol.*, 3.
- Błaszak Cz. 2008. Wykaz gatunków Acari: Uropodina. W: Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipuk I., Skibińska E. (red.). *Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 3: 57-62.
- Błoszyk J. 2008. Wykaz gatunków Acari: Uropodina. W: Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipuk I., Skibińska E. (red.). *Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 3: 76-78.
- Dunger W. 1968. Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. *Abh. Ber. Naturkundemus., Görlitz*, 43 (2): 1-256.
- Dunger W. 1991. Zur Primärsukzession humiphager Tiergruppen auf Bergbauflächen. *Zool. Jahrb. Syst.*, 118 (3/4): 423-447.
- Dziuba S. 1972. Mesostigmata (Acarina) in some saltmarshes in Poland. *Fragm. Faun.*, 18 (9): 163-181.
- Frouz J., Keplin B., Pižl V., Tajovský K., Starý J., Lukešová A., Nováková A., Balík V., Háněl L., Materna J., Düker C., Chalupský J., Rusek J., Heinkele T. 2001. Soil biota and upper soil layer development in two contrasting post-mining chronosequences. *Ecol. Eng.* 17 (2-3): 275-284.
- Jagodziński A.M., Kałucka I. 2008. Age-related changes in leaf area index of young Scots pine stands. *Dendrobiology*, 59: 57-65.
- Jagodziński A.M., Kałucka I., Horodecki P., Oleksyn J. 2014. Aboveground biomass allocation and accumulation in a chronosequence of young *Pinus sylvestris* stands growing on a lignite mine spoil heap. *Dendrobiology*, 72: 139-150.
- Kaczmarek S. 2000. Glebowe Gamasida (Acari) młodników sosnowych w rejonach oddziaływania zanieczyszczeń wybranych zakładów przemysłowych. *Wyd. Ucz. WSP, Bydgoszcz*.
- Kaczmarek S., Seniczak S. 1996. Bioindykacyjna wartość wybranych gatunków Gamasida (Acari) w warunkach oddziaływania zanieczyszczeń Zakładów Azotowych Włocławek. *Zesz. Nauk. AT-R Bydg.*, 203, *Zootech.*, 27: 93-102.
- Karg W. 1986. Vorkommen und Ernährung der Milbencohors Uropodina (Schildkrötenmilben) sowie ihre Eignung als Indikatoren in Agroökosystemen. *Pedobiologia*, 29: 285-295.

- Karg W., Freier B. 1995. Parasitiforme Raubmilben als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Ökosystemen. Mitt. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem, 308: 1-96.
- Koehler H. 1999. Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). Agr. Ecosyst. Environ., 74: 395-410.
- Madej G. 1990. Zasiadlanie zwałowisk kopalnictwa węglowego przez roztocze z rzędu Mesostigmata (Arachnida, Acari). Cz. 1. Charakterystyka zgrupowań. Cz. 2. Zmiany struktury zgrupowań Mesostigmata w zależności od wieku i wysokości zwału. Cz. 3. Analiza dynamiki, liczebności i struktury wiekowej Mesostigmata. Acta Biol. Sil., 33 (16): 37-104.
- Madej G. 1996. Mesostigmata mite community on the dump of the power plant. Acta Biol. Sil., 45 (28): 130-138.
- Madej G. 2002. Roztocze Mesostigmata (Arachnida, Acari) jako dobry wskaźnik stadiów sukcesyjnych hałd. Kosmos, 51 (2): 205-211.
- Madej G. 2004. Rozwój zgrupowań roztoczy Mesostigmata (Arachnida, Acari) na nieużytkach przemysłowych. Wyd. UŚI, Katowice.
- Madej G. 2008. Ecological succession of mites (Acari) with particular reference to the predatory mites Gamasina (Mesostigmata). W: Gwiazdowicz D.J. (red.). Selected problems of acarological research in forests. Wyd. UP, Poznań, ss. 41-58.
- Madej G., Kudła M. 1990. Zgrupowania roztoczy rzędu Mesostigmata (Arachnida, Acari) wybranych nasypów kolejowych na terenie GOP-u. Acta Biol. Sil., 33 (16): 9-22.
- Madej G., Skowrońska I. 1994. Structure of pioneer communities of Mesostigmata mites (Arachnida, Acari) at initial stages of ecological succession on galena-calamine mining wastelands. Acta Biol. Sil. 43 (26): 81-93.
- Madej G., Skubała P. 1996. Communities of mites (Acari) on old galena-calamine mining wastelands at Galman, Poland. Pedobiologia, 40: 311-327.
- Marrs R.H., Bradshaw A.D. 1993. Primary succession on man-made wastes: The importance of resource acquisition. W: Miles J., Walton D.W.H. (red.). Primary succession on land. Blackwell Scientific Publications, Oxford, ss. 221-247.
- Micherdziński W. 1969. Die Familie Parasitidae Oudemans, 1901 (Acarina, Mesostigmata). PWN, Kraków.
- Niedbała W., Błaszak Cz., Błoszyk J., Kaliszewski M., Kaźmierski A. 1982. Soil mites (Acari) of Warsaw and Masovia. Memorabilia Zool., 36: 235-252.
- Parr T. W. 1978. An analysis of soil microarthropod succession. Sci. Proc. R. Dublin Soc., Ser. A, 6: 185-196.
- Seniczak S., Klimek A., Górnjak G., Kaczmarek S. 1993. Rozkład przestrzenny roztoczy (Acari) w płatach słonorośli w rejonie oddziaływania Janikowskich Zakładów Sodyowych. Zesz. Nauk. AT-R Bydg., 182, Zootech., 23: 133-146.
- Skorupski M. 2008. Wykaz gatunków Acari: Uropodina. W: Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipuk I., Skibińska E. (red.). Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 3: 64-76.
- Skorupski M., Dalik J., Ceitel J. 2003a. Species composition of mites from the order Mesostigmata in experimental pine and spruce tree stands planted in various initial spacing. Sci. Pap. Agric. Univ. Poznań, Forestry, 6: 49-56.

- Skorupski M., Gornowicz R., Spaeth M., Wierzbicka A. 2008. Mites of the order Mesostigmata on plots reforested with Scots pine after various kinds of soil preparation and wood residue utilization after clear-cutting. *Biol. Lett.* 48 (1): 57-65.
- Skorupski M., Horodecki P., Jagodziński A.M. 2013. Roztocze z rzędu Mesostigmata (Arachnida, Acari) na terenach przemysłowych i poprzemysłowych w Polsce. *Nauka Przyroda Technologie*, 7 (1): #11.
- Skorupski M., Radzikowski A., Ceitel J. 2003b. Mites (Acari: Mesostigmata) in experimental oak tree stands at the Siemianice forest experimental station. *Acta Sci. Pol., Silv. Colend. Ratio Industr. Lign.*, 2 (2): 91-97.
- Skorupski M., Szuliński T., Żółtowski P., Ceitel J. 2003c. Species composition of mites (Acari, Mesostigmata) in forest experimental surfaces of various tree species. *Sci. Pap. Agric. Univ. Poznań, Forestry*, 6: 57-66.
- Topp W., Gemesi O., Grüning C., Tasch P., Zhou H.-Z. 1992. Forstliche Rekultivierung mit Altwaldboden im Rheinischen Braunkohlenrevier. Die Sukzession der Bodenfauna. *Zool. Jahrb. Syst.*, 119 (4): 505-533.
- Trojan P. 2000. The meaning and measurements of species diversity. *Fragm. Faun.*, 43: 1-14.

**Andrzej Piasta¹, Maciej Skorupski¹,
Paweł Horodecki², Andrzej M. Jagodziński^{1,2}**

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu,

²Instytut Dendrologii PAN w Kórniku

apiasta@up.poznan.pl,

maskorup@up.poznan.pl,

pawelhorodecki@gmail.com,

amj@man.poznan.pl