



PORÓWNANIE AKAROFAUNY (ACARI) GLEBOWEJ NA GRUNTACH POROLNYCH I LEŚNYCH W POCZĄTKOWYM ETAPIE SUKCESJI LEŚNEJ

Andrzej Klimek, Angelika Kowalska

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

FOREST COMPARISON OF SOIL MITES (ACARI) ON POST-ARABLE LAND AND LAND IN THE INITIAL STAGE OF FOREST SUCCESSION

Streszczenie

W pracy przeprowadzono analizę zgrupowań roztoczy (Acari) glebowych – ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida) – na gruntach porolnych i leśnych w 5-letnich uprawach i 8-letnich młodnikach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) w Borach Tucholskich. Próbki do badań akarologicznych pobierano w latach 2006 i 2009 – w każdym roku w 3 sezonach: wiosną (w połowie maja), latem (na początku sierpnia) i jesienią (w połowie października).

W uprawach na zalesionym terenie porolnym stwierdzono niższe zagęszczenie roztoczy niż na odnowionym gruncie leśnym. W fazie młodnika na wszystkich stanowiskach liczebność omawianych stawonogów w porównaniu z uprawą wzrosła. Najliczniejszymi roztoczami były mechowce: na gruncie porolnym ich udział w zgrupowaniach wynosił od 63 do 81%, a na gruncie leśnym był nieco wyższy – 79-87%. Ogółem na badanym terenie stwierdzono występowanie 39 gatunków mechowców – 25 występowało na gruncie porolnym i 29 na leśnym. Różnorodność gatunkowa tych roztoczy w uprawie i młodniku w glebie leśnej była wyraźnie wyższa niż porolnej. Zalesienie terenu porolnego gatunkiem biocenotycznym, jakim jest brzoza, nie dało – w początkowym etapie sukcesji – spodziewanego efektu wzrostu różnorodności biologicznej. Najliczniejszymi mechowcami na badanym terenie, w zależności od wariantu doświadczenia, były: *Tectocephus velatus*, *Oppiella nova* i *Pergalumna nervosa*.

Słowa kluczowe: sosna zwyczajna, brzoza brodawkowata, grunt leśny, grunt porolny, Acari, Oribatida.

Summary

The analysis of gatherings for soil mites (*Acari*) – with special emphasis of oribatid mites (*Oribatida*) – on post-arable land and forest land in 5-year cultivations and 8-year young forest stands of Scots pine and silver birch in Bory Tucholskie forests has been presented in the paper. Soil samples for acarological research were taken in the years 2006 and 2009 – in three seasons for every year: springtime (in mid-May), in summer (the beginning of August) and in autumn (in mid-October).

Cultivations on the forested post-arable land were characterized by lower density of mites than on the restored forest land. The all stands in the young forest stage were characterized by increased abundance of these arthropods. Oribatid mites were the most numerous group: their share in gatherings on post-arable land ranged from 63 to 81%, and on forest land their share was slightly higher – 79-87%. Overall, 39 species of oribatid mites were found on the study area – 25 occurred on post-arable land and 29 on forest land. Species diversity of these mites in cultivation and in the forest soil of young forest stand was considerably higher than that on post-arable land. Aforestation of post-arable land with biocenotic species (which is silver birch) did not bring the expected effect of increased biodiversity in the initial stage of succession. The most numerous oribatid mites on the studied area – depending on the variant – were: *Tectocepheus velatus*, *Oppiella nova* and *Pergalumna nervosa*.

Key words: Scots pine, silver birch, forest land, post-arable land, *Acari*, *Oribatida*

WPROWADZENIE

W Polsce wciąż użytkuje się rolniczo grunty o niskiej bonitacji, które przynoszą właścicielom minimalne korzyści. Zalesienie tych terenów, poza podniesieniem ich wartości ekonomicznej, przyniesie korzystne zmiany w środowisku przyrodniczym – zwiększy bioróżnorodność krajobrazu. Na słabych siedliskach na gruntach porolnych, ale też na glebach leśnych, sadi się przeważnie sosnę zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.), która jest gatunkiem podstawowym, a domieszkowo wprowadza brzozę brodawkowatą (*Betula pendula* Roth). Gatunki te charakteryzują się innym tempem wzrostu – brzoza rośnie szybciej, oceniając głębiej i dając jesienią obfity opad liści. Brzoza zaliczana jest do gatunków pionierskich, szybko zasiedlających otwarte tereny [OECD 2003]. Ma ona znaczenie biocenotyczne i wprowadza się ją w formie płatów różnej wielkości – najczęściej w zmieszaniu grupowym, wykorzystując zmienność mikrosiedliskową oraz wzdłuż dróg i linii oddziałowych [Rozwałka 2003]. Znany jest pozytywny wpływ brzozy na roztocze (*Acari*) glebowe, a szczególnie na mechowce (*Oribatida*) [Klimek i in. 2009b, 2013b].

Mechowce są jedną z najliczniejszych i najbardziej różnorodnych gatunkowo grup zwierząt glebowych – stanowią przeważnie od 60 do 90% wszystkich roztoczy [Klimek 2000, Gulvik 2007]. W większości *Oribatida* uważane są

za saprofagi, jednak biologia żywienia wielu gatunków jest jeszcze słabo poznana. Zwierzęta te rozdrabniając materię organiczną, wspomagają bakterie i grzyby w uwalnianiu do gleby składników pokarmowych niezbędnych do wzrostu roślin. Wiele wyników badań wskazuje, że w zgrupowaniach mechowców gleb leśnych często dominują konsumenci grzybów ektomikoryzowych i saprotroficznych [Luxton 1972, Ponge 1991, Schneider i in. 2005, Remén i in. 2010]. Okazuje się też, że *Oribatida* mogą być wektorami wielu pożytecznych mikroorganizmów, w tym wspomnianych grzybów [Setälä 1995, Renker i in. 2005]. Tworzą więc ważną funkcjonalnie grupę zwierząt glebowych, dlatego wielokrotnie były proponowane jako bioindykatory stanu środowiska [Behan-Pelletier 1999, 2003, Klimek 2000; Ruf, Beck 2005, Gulvik 2007].

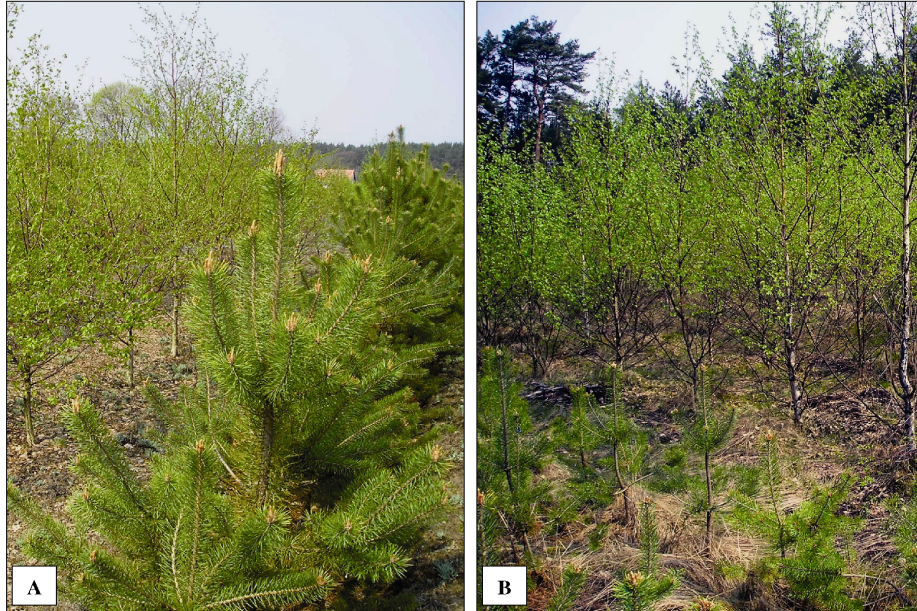
Celem tej pracy było porównanie zgrupowań roztoczy (*Acari*) glebowych – ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (*Oribatida*) – na gruntach porolnych i leśnych w 5-letnich uprawach i 8-letnich młodnikach sosny zwyczajnej i brzozy brodawkowatej.

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzono w latach 2006 i 2009 w uprawach i młodnikach sosny oraz brzozy na terenach porolnych i leśnych w typie siedliskowym boru świeżego w Borach Tucholskich w pobliżu wsi Linówek (gmina Śliwice) – N: 53° 43' 41,66", E: 18° 14' 3,87" – oraz w Leśnictwie Zimne Źdroje (Nadleśnictwo Trzebciny) – N: 53° 42' 42,24", E: 18° 14' 29,77". Badane tereny porolne i leśne były oddalone od siebie o 1,9 km. W 2009 r. gleby charakteryzowały się zbliżonymi wartościami wskaźnika C/N (13,05-14,82) oraz $pH_{(1M\ KCl)}$ w zakresie od 5,03 do 5,31.

W 2006 r. w 5-letnich uprawach leśnych założono 4 powierzchnie doświadczalne: na gruncie porolnym (fot. 1) w uprawach sosny (P-So) i brzozy (P-Brz) oraz na gruncie leśnym w sośnie (L-So) i brzozie (L-Brz). W 2009 r. drzewostany – po osiągnięciu zwarcia – znalazły się we wczesnej fazie młodnika (fot. 2).

Próbki do badań akarologicznych pobierano w każdym roku w 3 sezonach: wiosną (w połowie maja), latem (na początku sierpnia) i jesienią (w połowie października). Próbki gleby o wymiarach $17\text{ cm}^2 \times 3\text{ cm}$ głębokości pobierano z każdej powierzchni w 10 powtórzeniach. Ogółem pobrano 240 próbek gleby. Roztocze wyplaszano przez 7 dni w aparatach Tullgrena, a następnie konserwowano i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono mechowce, łącznie ze stadiami młodocianymi. Pozostałe roztocze oznaczono do rzędów. Przedmiotem analizy było 4001 *Acari*, w tym 3249 *Oribatida*. Średnie zagęszczenie (N) roztoczy podano w przeliczeniu na 1 m^2 gleby, a różnorodność gatunkową mechowców wyrażono za pomocą liczby gatunków (S), średniej liczby gatunków w próbce (s) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (H) [Magurran 1988].



Fotografia 1. Granica uprawy leśnej sosny i brzozy na terenie porolnym (A) i leśnym (B)
Foto 1. Border of forest plantation of Scots pine (P-So) and birch (P-Brz) on post-arable land (A) and forest land (B)



Fotografia 2. Granica między młodnikami sosnowymi a brzozowymi na terenach porolnym (A) i leśnym (B)
Foto 2. Border of forest plantation of Scots pine (P-So) and birch (P-Brz) on post-arable land (A) and forest land (B)

Obliczenia statystyczne przeprowadzono za pomocą programu Statistica (ANOVA) – istotność różnic weryfikowano stosując analizę wariancji (test post-hoc Tukey HSD). Przed analizą statystyczną dane liczbowe poddano logarytmowaniu – $\ln(x+1)$ [Berthet i Gerard 1965].

WYNIKI I DYSKUSJA

W uprawach na zalesionym terenie porolnym zagęszczenie roztoczy było niskie – 3,89-5,36 tys. osobn.·m⁻² (tab. 1). Nieco wyższe zagęszczenie tych stonogów odnotowano na odnowionym gruncie leśnym – 7,71 w uprawie sośnowej i 9,33 tys. osobn.·m⁻² w brzoźowej. We wcześniej opublikowanej pracy, dotyczącej tego samego terenu, przeprowadzono analizę wpływu pochodzenia gruntu oraz gatunku drzewa na roztocze glebowe uprawy [Klimek i Pokora 2009]. Z badań tych wynika, iż zagęszczenie roztoczy było zależne tylko od rodzaju gruntu.

Tabela 1. Zagęszczenie roztoczy (N w tys. osobn.·m⁻²), stosunek liczebny *Oribatida* do *Actinedida* (Or/Ac), % stadiów młodocianych (% juv) mechowców, liczba gatunków (S), średnia liczba gatunków (s) oraz wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H) w badanych wariantach doświadczenia w latach 2006 i 2009

Table 1. Abundance of mites (N in 1000 individuals · m⁻²), the ratio in numbers *Oribatida/Actinedida* (Or/Ac), % of juvenile *Oribatida* forms, number species (S), average number of species (s) and Shannon index (H) in studied variants of the experiment in 2006 and 2009

Wskaźnik – Takson Index – Taxon	Wariant doświadczenia Variant of the experiment							
	P-So		P-Brz		L-So		L-Brz	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009	2006	2009
<i>N – Acaridida</i>	0,04 ^a	-	0,06 ^a	-	0,06 ^a	-	0,04 ^a	-
<i>N – Actinedida</i>	0,58 ^a	1,87 ^a	0,46 ^a	1,04 ^a	1,08 ^a	2,01 ^a	1,10 ^a	1,73 ^a
<i>N – Mesostigmata</i>	0,38 ^a	0,60 ^a	0,32 ^a	0,70 ^a	0,50 ^a	0,82 ^a	0,60 ^a	0,78 ^a
<i>N – Oribatida</i>	4,35 ^{ab}	9,99 ^a	3,03 ^a	3,01 ^b	6,06 ^b	14,33 ^a	7,57 ^b	16,86 ^a
<i>N – Tarsonemida</i>	-	0,16 ^a	0,02 ^a	0,04 ^a	-	0,06 ^a	0,02 ^a	-
<i>N – Acari (Razem – Total)</i>	5,36 ^{ab}	12,62 ^a	3,89 ^a	4,80 ^b	7,71 ^b	17,22 ^a	9,33 ^b	19,36 ^a
<i>Or/Ac</i>	7,5	5,4	6,6	2,9	5,6	7,1	6,9	9,8
% juv – <i>Oribatida</i>	16,6	30,7	3,3	18,0	14,9	22,7	11,1	25,7
<i>S – Oribatida</i>	8	16	13	14	13	23	18	20
<i>s – Oribatida</i>	1,73 ^a	2,90 ^a	1,47 ^a	1,63 ^b	2,73 ^b	4,40 ^c	3,30 ^b	4,37 ^c
<i>H – Oribatida</i>	1,15	1,60	1,02	1,73	1,50	2,15	1,59	1,97

Objaśnienia: ^{a,b,c} – te same litery (dla danego roku) oznaczają brak istotnych różnic ($p < 0,05$).

Explanations: ^{a,b,c} – the same letter (for the year) means the insignificant difference ($p < 0.05$).

Źródło: opracowanie własne.

W 2009 r., w fazie młodnika, liczebność roztocy na wszystkich stanowiskach wzrosła w porównaniu z rokiem 2006. Na powierzchniach P-So, L-So i L-Brz wzrost ten był ponad dwukrotny, a w drzewostanie brzozowym na gruncie porolnym wyraźnie mniejszy. Na badanym terenie najliczniejszymi roztocami były mechowce: na gruncie porolnym ich udział w zgrupowaniach wynosił od 63 do 81%, a na gruncie leśnym był nieco wyższy – 79-87%. Taki udział mechowców w zgrupowaniach roztocy jest typowy dla borów sosnowych [Klimek 2000]. Następne miejsca w hierarchii *Acari* na badanym terenie zajmowały *Actinedida* i drapieżne *Mesostigmata*, a mało liczne były *Acaridida* i *Tarsonemida*.

Jeżeli w zgrupowaniach roztocy mechowce przeważają nad *Actinedida*, to biocenozy uważa się za stabilniejsze niż w sytuacji odwrotnej [Werner i Dindal 1990]. Na badanym terenie stosunek liczebny *Oribatida* do *Actinedida* (*Or/Ac*) na wszystkich stanowiskach był stosunkowo wysoki. Na gruncie leśnym w młodniku odnotowano wzrost tego wskaźnika w porównaniu do 5-letniej uprawy. Natomiast na gruncie porolnym tendencja była odwrotna, co może świadczyć o mniejszej równowadze biologicznej w tworzącej się dopiero glebie przyszłego ekosystemu leśnego.

Mechowce najliczniej występowały w młodniku brzozowym na glebie leśnej – 16,86 tys. osobn.·m⁻². W tym przypadku różnice pomiędzy glebą leśną a porolną były istotne statystycznie. W zgrupowaniach tych roztocy dominowały formy dorosłe. Udział larw i nimf był wyższy w fazie młodnika, w porównaniu z uprawą. Ogółem na badanym terenie stwierdzono występowanie 39 gatunków mechowców – 25 występowało na gruncie porolnym i 29 na leśnym (tab. 2). Wskaźnik średniej liczby gatunków *s* w uprawie i młodniku w glebie leśnej był wyraźnie wyższy niż porolnej, a różnice pomiędzy średnimi były istotne statystycznie (tab. 1). Podobną tendencję stwierdzono w przypadku wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (*H*).

Na wszystkich stanowiskach i w obydwu stadiach rozwojowych drzewostanu występowały tylko dwa gatunki *Oribatida*: *Scheloribates latipes* i *Tectocephus velatus* (tab. 2). W przypadku *T. velatus* najwyższe jego zagęszczenie (5,16 tys. osobn.·m⁻²) odnotowano w młodniku sosnowym na gruncie porolnym, gdzie wyraźnie dominował wśród mechowców. W młodnikach gatunek ten dominował też w obydwu drzewostanach na gruncie leśnym, natomiast w stadium uprawy tylko na terenie porolnym. Jest on pospolitym mechowcem glebowym występującym w różnych biotopach [Weigmann i Kratz 1981], charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem reprodukcji i dużą zdolnością kolonizacji nowych środowisk [Siepel 1994, Skubała i Gulvik 2005].

Podobną do *T. velatus* strategię życiową wykazuje inny, również pospolity mechowiec, *Oppiella nova* [Gulvik 2007]. W niniejszych badaniach odnotowano jego stosunkowo liczne występowanie na gruncie leśnym (0,24-2,89 tys. osobn.·m⁻²), na gruncie porolnym stwierdzono go dopiero jesienią 2009 r. w młodniku brzozowym, gdzie wyraźnie zdominował inne mechowce.

Tabela. 2. Średnie zagęszczenie gatunków mechowców (N w tys. osobn. $\cdot m^{-2}$) w badanych wariantach doświadczenia
Table 2. Mean species abundance of oribatid mites (N in 1000 individuals $\cdot m^{-2}$) under different variants of the experiments

Gatunek Species	Wariant doświadczenia Variant of the experiment							
	P-So		P-Brz		L-So		L-Brz	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009	2006	2009
<i>Adoristes ovatus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	-	0,22 ^a	-	0,02 ^a	0,02 ^a
<i>Carabodes forsslundi</i> Sellnick	-	-	-	-	-	0,08 ^a	0,02 ^a	0,12 ^a
<i>Carabodes marginatus</i> (Michael)	-	-	-	-	-	0,30 ^a	-	0,04 ^a
<i>Carabodes minusculus</i> Berlese	-	-	-	-	-	0,04 ^a	-	0,12 ^a
<i>Carabodes subarcticus</i> Trägårdh	-	-	-	-	0,06 ^a	1,24 ^a	0,04 ^a	2,07 ^a
<i>Diapterobates humeralis</i> (Hermann)	-	0,32 ^a	-	0,86 ^b	-	-	0,02	-
<i>Eupelops torulosus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	-	-	0,02 ^a	0,04	0,02 ^a
<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans)	-	-	-	0,10 ^a	-	0,04 ^a	-	-
<i>Latilamellobates incisellus</i> (Kramer)	0,76 ^a	0,92 ^a	0,08 ^b	0,04 ^b	-	-	-	-
<i>Liochthonius</i> sp.	0,02	0,22 ^a	-	-	-	0,06 ^a	-	0,04 ^a
<i>Metabelba pulverulenta</i> C.L. Koch	-	-	-	-	0,02 ^a	-	0,08 ^a	-
<i>Microppia minus</i> (Paoli)	-	0,10 ^a	-	0,14 ^a	-	0,12 ^a	-	0,02 ^a
<i>Microtritia minima</i> (Berlese)	-	-	-	-	0,02 ^a	-	0,04 ^a	0,04
<i>Nothrus silvestris</i> Nicolet	-	-	-	-	-	0,74 ^a	0,02	0,02 ^a
<i>Oppiella neerlandica</i> (Oudemans)	-	-	0,04 ^a	-	0,06 ^a	0,10 ^a	0,02 ^a	0,06 ^a
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans)	-	-	-	1,24 ^a	0,24 ^a	2,89 ^a	2,55 ^b	1,83 ^a
<i>Oribatula tibialis</i> (Nicolet)	-	0,02 ^a	-	0,02 ^a	-	0,04 ^a	-	-
<i>Passalozetes</i> 1	0,78 ^a	1,34 ^a	0,02 ^b	-	0,02 ^b	0,02 ^b	-	-
<i>Peloputulus phaenotus</i> (C.L. Koch)	-	0,04 ^a	0,04	0,04 ^a	-	-	-	-
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese)	-	-	0,08 ^a	-	2,83 ^b	1,59 ^a	2,93 ^b	2,25 ^a
<i>Phthiracarus longulus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	-	-	0,10 ^a	-	0,04 ^a
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Iñigo)	-	0,02	-	-	0,14	-	-	-
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Grandjean)	-	-	-	-	-	0,18 ^a	0,08	0,04 ^a
<i>Schelorbates latipes</i> (C.L. Koch)	0,02 ^a	0,02 ^a	0,04 ^a	0,02 ^a	1,81 ^b	1,26 ^b	0,96 ^b	2,23 ^b
<i>Schelorbates pallidulus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	-	-	0,82 ^a	0,24	4,05 ^b
<i>Scutovertex sculptus</i> Michael	0,06 ^a	0,06	0,08 ^a	-	-	-	-	-
<i>Suctobelba</i> sp.	0,04 ^a	0,02 ^a	0,06 ^a	0,14 ^a	-	0,26 ^a	0,02 ^a	0,14 ^a
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael)	2,59 ^a	5,16 ^a	2,39 ^a	0,22 ^b	0,50 ^b	4,33 ^a	0,40 ^b	3,61 ^a
<i>Trichoribates novus</i> (Sellnick)	0,08 ^a	1,36 ^a	0,10 ^a	0,02 ^a	-	-	-	-
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (C.L. Koch)	-	0,12 ^a	-	-	0,12 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,10 ^a

Gatunki występujące tylko na jednym stanowisku – $N \leq 0,24$ tys. osobn. $\cdot m^{-2}$: *Autogneta traegardhi* Forsslund (L-So), *Brachychthonius* sp. (P-So), *Camisia biurus* (C.L. Koch) (L-So), *Camisia horrida* (Hermann) (P-Brz), *Eremaeus oblongus* C.L. Koch (L-Brz), *Eupelops acromios* (Hermann) (P-So), *Eupelops occultus* (C.L. Koch) (P-Brz), *Trhypochthonius tectorum* (Berlese) (P-Brz), *Zygoribatula cognata* (Oudemans) (P-Brz).

Objaśnienia: jak w tab. 3. Explanations: see tab. 3.

Źródło: opracowanie własne.

W uprawie na gruncie leśnym gatunkiem dominującym w zgrupowaniu mechowców była *Pergalumna nervosa*.

Takie gatunki, jak *Latilamellobates incisellus*, *Scutovertex sculptus* i *Trichoribates novus*, występowały wyłącznie na terenie porolnym. Z literatury wynika, że są to mechowce związane z terenami otwartymi i o niskiej wilgotności, np. ze skarpmi osadników, czy odłogowanymi glebami piaszczystymi [Klimek i in. 1991, Rolbiecki in. 2006]. Najprawdopodobniej były one ważnym składnikiem zgrupowań *Oribatida* na tym terenie jeszcze przed założeniem uprawy leśnej.

Porównanie wyników badań akarologicznych przeprowadzonych na terenach porolnych i leśnych w początkowym etapie sukcesji leśnej, wykazało niższą liczebność i różnorodność gatunkową roztoczy na zalesionych gruntach porolnych, co może świadczyć o niskiej aktywności biologicznej gleb, np. niedoborze grzybów mikoryzowych i saprotroficznych, od których troficznie zależne są niektóre mechowce [Luxton 1972, Ponge 1991, Schneider i in. 2005, Remén i in. 2010]. Utrzymująca się niska aktywność biologiczna gleb może skutkować zakłóceniami w prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów leśnych kształtujących się na terenach porolnych.

Na odnowionym, po wycięciu drzewostanu, siedlisku boru świeżego proces regeneracji biologicznej gleb zachodzi dość szybko, ponieważ edafon może przetrwać w refugium, jakim jest warstwa próchnicy nadkładowej. W glebie porolnej ta ochronna dla mezofauny warstwa w uprawach i młodnikach dopiero się tworzy, a żyjące tam organizmy są narażone na groźne dla nich czynniki środowiskowe (susze, silne promieniowanie słoneczne). W dwuletnich uprawach leśnych założonych na terenie popoligonowym i w odnowionej glebie leśnej dysproporcje w liczebności i różnorodności akarofauny były jeszcze większe niż w niniejszych badaniach [Klimek i Rolbiecki 2011]. Szujecki [1996] uważa, że na gruntach porolnych zespół fauny glebowej charakterystyczny dla gleb leśnych kształtuje się dopiero po 20-45 latach od ich zalesienia. Autor ten proponuje by ekosystemy leśne na terenach porolnych tworzyć w systemie restytucji aktywnej z wykorzystaniem metod inżynierii ekologicznej. Do tych metod zalicza zabiegi zoomelioracyjne polegające m.in. na introdukcji brakujących w zalesieniach saprofagów. Introdukcja powinna być poprzedzona nawożeniem materiałem organicznym o wolnym rozkładzie i fitomelioracjami, co spotęguje rozwój gatunków lokalnych lub samorzutnie zasiedlających gleby porolne [Szujewski 1990].

Z niniejszych badań – podobnie jak z innych przeprowadzonych na rewitalizowanym terenie popoligonowym [Klimek i Rolbiecki 2011, Klimek i in. 2009a, 2013a] – wynika, iż fitomelioracje polegające na wprowadzeniu domieszek biocenotycznych (np. brzozy) lub zastosowaniu nawozów zielonych (łubinu) przed zalesieniem nie dają spodziewanego efektu wzrostu różnorodności biologicznej we wczesnych etapach sukcesji leśnej. Wzrost aktywności biologicznej gleb uzyskano natomiast łącząc introdukcję edafonu z nawożeniem or-

ganicznym, szczególnie w uprawach szkółkarskich gatunków liściastych uznawanych w zalesieniach za biocenotyczne: brzozy brodawkowatej i lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) [Klimek i in. 2009b, 2013b,c].

PODSUMOWANIE

W uprawach na zalesionym terenie porolnym stwierdzono niższe zagęszczenie roztoczy niż na odnowionym gruncie leśnym. W fazie młodnika na wszystkich stanowiskach liczebność omawianych stawonogów wzrosła. Najliczniejszymi roztoczami były mechowce: na gruncie porolnym ich udział w zgrupowaniach wynosił od 63 do 81%, a na gruncie leśnym był nieco wyższy – 79-87%. Ogółem na badanym terenie stwierdzono występowanie 39 gatunków mechowców – 25 występowało na gruncie porolnym i 29 na leśnym. Różnorodność gatunkowa tych roztoczy w uprawie i młodniku w glebie leśnej była wyraźnie wyższa niż porolnej. Najliczniejszymi mechowcami na badanym terenie, w zależności od wariantu doświadczenia, były: *Tectocepheus velatus*, *Oppiella nova* i *Pergalumna nervosa*.

BIBLIOGRAFIA

- Behan-Pelletier V.M. (2003). Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 83, 279-288.
- Behan-Pelletier V.M. (1999). Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role of bioindication. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 411-423.
- Berthet P., Gerard G. (1965). A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari) I. The distribution pattern. *Oikos* 16, 214-227.
- Gulvik M.E. (2007). Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Pol. J. Ecol.* 55(3), 415-440.
- Klimek A. (2000). Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida). Wyd. Uczln. ATR w Bydgoszczy, Rozprawy 99, 1-93.
- Klimek A., Pokora J. (2009). Roztocze (Acari) glebowe upraw sosnowych i brzoźowych na gruntach leśnych oraz porolnych na siedlisku boru świeżego w Borach Tucholskich. W: Diagnostowanie stanu środowiska. Metody badawcze – prognozy. Kompleksowe badania i ochrona środowiska naturalnego (red. J. Garbacz). BTN, Bydgoszcz, 95-103.
- Klimek A., Rolbiecki S. (2011). Wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i występowanie roztoczy (Acari) glebowych na rekultywowanym terenie popoligonowym w Nadleśnictwie Żołędowo. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 1, 249-262.
- Klimek A., Rolbiecki S., Długosz J. (2013a). Wybrane efekty rewitalizacji terenu popoligonowego w Nadleśnictwie Żołędowo. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* [w druku].

- Klimek A., Rolbiecki S., Długosz J., Stypczyńska Z. (2009a). Roślinność, wybrane właściwości gleby i roztocze (Acari) we wstępnej fazie sukcesji leśnej na rekultywowanym terenie poligonowym Bydgoszcz-Jachcice. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 5, 167-181.
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R. (2013b). Effect of irrigation and organic fertilization on oribatid mites (Acari, Oribatida) in forest nursery. *Scientific Research and Essays* Vol. 8(5), 227-237.
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Długosz J., Musiał M. (2013c). Wykorzystanie kompostowanego osadu ściekowego i ektopróchnicy leśnej do wzbogacania gleb w uprawie szkółkarskiej lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). *Rocznik Ochrona Środowiska* [w druku].
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Malczyk P. (2009b). Impact of chosen bare root nursery practices on white birch seedling quality and soil mites (Acari). *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 18, No. 6, 1013-1020.
- Klimek A., Seniczak S., Żelazna E., Dąbrowska B. (1991). Akarofauna (Acari) skarp osadników produktów odpadowych Janikowskich Zakładów Sodowych. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika* 22, 151-165.
- Luxton M. (1972). Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I. Nutritional biology. *Pedobiologia* 12, 434-463.
- Magurran A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. London: Chapman & Hall.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2003). Consensus Document on the Biology of European White Birch (*Betula pendula* Roth). ENV/JM/ MONO 28, Paris, 1-48.
- Ponge I.F. (1991). Succession of fungi and fauna during decomposition of needles in a small area of Scots pine litter. *Plant Soil* 138, 99-113.
- Remén C., Fransson P., Persson T. (2010). Population responses of oribatids and enchytraeids to ectomycorrhizal and saprotrophic fungi in plant-soil microcosms. *Soil Biol. Biochem.* 42, 978-985.
- Renker C., Otto P., Schneider K., Zimdars B., Maraun M., Buscot F. (2005). Oribatid Mites as Potential Vectors for Soil Microfungi: Study of Mite-Associated Fungal Species. *Microbial Ecology* 50, 518-528.
- Rolbiecki S., Stypczyńska Z., Klimek A., Długosz J., Rolbiecki R. (2006). Roślinność i niektóre właściwości odlogowanej gleby piaszczystej uprzednio użytkowanej rolniczo w warunkach deszczowania. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2/1, 183-194.
- Rozwałka Z. (2003). *Zasady hodowli lasu obowiązujące w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe*. Bedoń: ORWLP.
- Ruf A., Beck L. (2005). The use of predatory soil mites in ecological soil classification and assessment concepts, with perspectives for oribatid mites. *Ecotox. Environ. Safe.* 62, 290-299.
- Schneider K., Renker C., Maraun M. (2005). Oribatid mite (Acari, Oribatida) feeding on ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 16, 67-72.
- Setälä H. (1995). Growth of birch and pine seedlings in relation to grazing by soil fauna on ectomycorrhizal fungi. *Ecology* 76(6), 1844-1851.
- Siepel H. (1994). Life – history tactics of soil microarthropods. *Biol. Fertil. Soils* 18, 263-278.
- Skubała P., Gulvik M. (2005). Pioneer oribatid mite communities (Acari: Oribatida) in natural (glacier foreland) and anthropogenic (post-industrial dumps) habitats. *Pol. J. Ecol.* 53, 105-111.
- Szujecki A. (1990). Ekologiczne aspekty odtwarzania ekosystemów leśnych na gruntach porolnych. *Sylwan* 3-12, 23-40.

- Szujecki A. (1996). Ekologiczne aspekty odtwarzania lasu na glebach porolnych. Prace IBL ser. B, 27, Warszawa, 47-55.
- Weigmann G., Kratz W. (1981). Die deutschen Hornmilbenarten und ihre ökologische Charakteristik. Zool. Beitr. 27, 459-489.
- Werner M.R., Dindal D.L. (1990). Effects of conversion to organic practices agricultural on soil biota. Am. J. Altern. Agric. 5, 24-32.

Dr hab. inż. Andrzej Klimek, prof. UTP
Tel. 0523749409, E-mail: klimek@utp.edu.pl

Mgr inż. Angelika Kowalska
E-mail: malinowska_angela@interia.pl
Katedra Zoologii i Kształtowania Krajobrazu
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
ul. Ks. Kordeckiego 20
85-225 Bydgoszcz

