INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/I/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 115–124
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

WYSTĘPOWANIE ROZTOCZY (*ACARI*) W BRYŁKACH KORZENIOWYCH WYBRANYCH GATUNKÓW SADZONEK W SZKÓŁCE KONTENEROWEJ BIELAWY

Andrzej Klimek
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

OCCURRENCE OF MITES (ACARI) IN CULTURE MEDIA OF SELECTED SPECIES OF SEEDLINGS IN THE CONTAINER NURSERY BIELAWY

Streszczenie

Celem badań było określenie liczebności i składu grupowego roztoczy (*Acari*) oraz składu gatunkowego mechowców (*Oribatida*) w bryłkach korzeniowych sadzonek wybranych gatunków drzew – sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, brzozy brodawkowatej, lipy drobnolistnej – w szkółce kontenerowej Bielawy. Badania terenowe przeprowadzono 15 listopada 2012 r. na otwartym polu produkcyjnym szkółki, z każdej bryłki pobrano po dwie próbki substratu (wraz z korzeniem) o objętości 50 cm^3 każda – z górnej (A) i dolnej części (B). Roztocze wypłaszano w aparatach Tullgrena przez 7 dni i konserwowano w 70% alkoholu etylowym. Zagęszczenie roztoczy w warstwie A wahało się od 18,67 do 219,67 osobn. · 100 cm^{-3} substratu. Pajęczaki te znacznie liczniej występowały w kontenerach sadzonek gatunków liściastych niż iglastych. W dolnej warstwie podłoża sadzonek zagęszczenie było o 40% niższe niż w warstwie A. Roztocze z rzędów *Actinedida*, *Mesostigmata* i *Oribatida* stwierdzono w kontenerach wszystkich gatunków sadzonek, w obydwu warstwach substratu. Najliczniejsze były mechowce, a *Acaridida* i *Tarsonemida* występowały nielicznie. Ogółem w zbadanych próbkach odnotowano 6 taksonów mechowców – najwięcej (5) było w sadzonkach świerka, a w sośnie, brzozie i lipie 1 lub 2. Wskaźnik średniej liczby gatunków *s* w warstwach A i B był wyższy u liściastych gatunków sadzonek. Najliczniejszym mechowcem w analizowanych kontenerach była *Oppiella nova* – w warstwie A zagęszczenie wynosiło od 6,67 do 215,13, a w warstwie B od 0,40 do 119,80

osobn. · 100 cm^{-3} podłoża. Najlepsze warunki rozwoju dla populacji *Oppiella nova* panowały w bryłkach korzeniowych lipy drobnolistnej, a następnie brzozy brodawkowatej. Liczne występowanie tego mechowca w bryłkach korzeniowych zbadanych sadzonek może świadczyć o dobrym stanie ektomikoryz.

Słowa kluczowe: szkółka kontenerowa, sadzonki z bryłką, bioindykacja, *Acari*, *Oribatida*

Summary

The purpose of the study was to determine the abundance and the composition of the group (Oribatida) in clods of roots of selected tree species – Scots pine, Norway spruce, Silver birch, Littleleaf linden – in the container nursery Bielawy. Field studies were carried out in 15 November 2012 on the open production area. Two samples of substrate (with roots) – from the upper (A) and the lower part (B) – were taken from the each clod. Volume of each sample amounted 50 cm^3. Mites were extracted from the material in high gradient Tullgren funnels during 7 days and maintained in 70 % ethanol. Abundance of mites in the layer A ranged from 18.67 to 219.67 individuals · 100 cm^{-3} of substrate. These arachnids were more abundant in containers with hardwood species than in those with coniferous species. Abundance of mites in the lower layer of the culture media was 40 % lower than that in the layer A. Mites belonging to the orders: Actinedida, Mesostigmata and Oribatida were found in containers of all seedling species, in both layers of substrate. The most abundant were oribatid mites, and – among them – the Acaridida i Tarsonemida were the most numerous. In examined samples there were 6 taxons of oribatid mites: 5 – in Norway spruce seedlings, and 1-2 – in seedlings of Scots pine, Silver birch and Littleleaf linden. Index of the average species number s in layers A and B were higher in case of hardwood species seedlings. The most abundant oribatid mite species was Oppiella nova – its abundance in the layer A ranged from 6.67 to 215.13, and in the layer B from 0.40 to 119.80 individuals · 100 cm^{-3} of substrate. Best conditions for the development of Oppiella nova population were created in clods with Littleleaf linden roots, and then – in those of Silver birch. Numerous occurrence of this oribatid mite species can indicate a good condition of ectomycorrhizas.

***Key words**: container nursery, seedlings with clod, bioindication, Acari, Oribatida*

WPROWADZENIE

W polskim leśnictwie produkcja sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym (zwana kontenerową) na skalę gospodarczą ma stosunkowo krótką historię. W latach 90. ubiegłego wieku, na skutek potrzeb związanych z odnowieniem lasu po wielkich klęskach, powstały pierwsze duże szkółki produkujące sadzonki w pojemnikach zblokowanych – kontenerach [Szabla i Pabian 2003]. Przyjęte technologie zakładały optymalizację warunków termicznych i wilgotnościowo-nawożeniowych w trakcie kiełkowania nasion i wzrostu siewek.

Kontrolowany sposób hodowli sadzonek, w optymalnych warunkach dla ich wzrostu i na ściśle określonych substratach, dał możliwość prowadzenia na dużą skalę sterowanej mikoryzacji [Szabla 2007] i produkowania sadzonek najwyższej jakości – doskonale nadających się do zalesień i odnowień tzw. gruntów trudnych (porolnych, zdegradowanych, hałd, wysypisk, po wielkopowierzchniowych pożarach) [Grzywacz 2009].

Wiosną 2012 r. w nowo zbudowanej kontenerowej szkółce leśnej Bielawy w Nadleśnictwie Dobrzejewice podjęto badania nad wpływem ściółkowania ektopróchnicą leśną i sterowanej mikoryzacji na wzrost sadzonek sosny oraz występowanie roztoczy (*Acari*) [Klimek i in. 2013b]. Zaskoczeniem było stwierdzenie największej liczebności akarofauny na stanowisku kontrolnym – bez udziału ściółkowania ektopróchnicą. Okazało się, że w optymalnych warunkach wilgotnościowych, stosowane w kontenerach podłoże z torfu może bardzo szybko w sposób naturalny zostać zasiedlone przez roztocze. Fakt ten może mieć znaczenie praktyczne, gdyż stawonogi te, a szczególnie mechowce (*Oribatida*), mogą być wektorami wielu pożytecznych mikroorganizmów, np. grzybów mikoryzowych i saprotroficznych [Setala 1995, Renker i in. 2005]. Zwierzęta glebowe żerując na grzybach stymulują ich wzrost [Hanlon i Anderson 1980], a migrując mogą też zaszczepiać substrat zarodnikami grzybów i strzępkami przez defekację lub przenoszenie na powierzchni ciała [Lussenhop 1992, Renker i in. 2005].

Celem niniejszych badań było określenie liczebności i składu grupowego roztoczy (*Acari*) oraz składu gatunkowego mechowców (*Oribatida*) w bryłkach korzeniowych sadzonek wybranych gatunków drzew – sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) – w szkółce kontenerowej Bielawy.

OPIS DOŚWIADCZENIA I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w szkółce kontenerowej Bielawy (Nadleśnictwo Dobrzejewice, RDLP Toruń) na bryłkach korzeniowych sadzonek sosny, świerka, brzozy i lipy, produkowanych metodą zespolonych doniczek (kontenerów). Nasiona roślin zostały wysiane na przełomie kwietnia i maja 2012 r. W kontenerach zastosowano podłoża torfowe (pH=5,0), zmieszane z granulatem nawozu Osmocote (N – 14%, P – 7%, K – 9%, MgO – 2%) w dawce 3 kg · m^{-3} dla sosny i świerka oraz 2 kg · m^{-3} dla lipy. Podłoże szkółkarskie brzozy nie było wzbogacone nawozem. Podczas wzrostu sadzonek stosowano dolistnie Bioekor. W przypadku sosny i świerka do 1 m^3 podłoża torfowego dodano 24,5 dm^3 substratu z grzybnią *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél. Kontenery były ustawione na paletach, na których mieściło się po 27 kontenerów. Były to pojemniki zblokowane Hiko firmy BCC – dla sosny i świerka 40 pojemników w kasecie

o pojemności 120 cm^3, a dla brzozy i lipy 24 pojemniki o pojemności 250 cm^3 każdy. Przez ok. 1 miesiąc kontenery znajdowały się w namiocie foliowym, który zapewnia optymalne warunki mikroklimatyczne do rozwoju siewek. W celu maksymalizacji wykorzystania linii produkcyjnej, sadzonki po miesiącu intensywnego wzrostu przeniesiono na zewnętrzne pole zraszania, gdzie pozostały do końca cyklu produkcyjnego (fot. 1).

Fotografia 1. Otwarte pole produkcyjne i namioty foliowe w szkółce kontenerowej Bielawy
Photo 1. Open production area and plastic tents in container nursery Bielawy

Bryłki korzeniowe do badań akarologicznych pobrano 15 listopada 2012 r. z otwartego pola produkcyjnego szkółki, na którym ustawione były palety z kontenerami. Z każdego gatunku drzewa – sosny, świerka, brzozy i lipy – wylosowano po 30 sadzonek, które po obcięciu części nadziemnej przewieziono do laboratorium. Z każdej bryłki korzeniowej pobrano po dwie próbki substratu (wraz z korzeniem) o objętości 50 cm^3 każda – z górnej (A) i dolnej (B) części bryłki. Ogółem pozyskano 240 próbek. Roztocze wypłaszano w aparatach Tullgrena przez 7 dni, konserwowano w 70% alkoholu etylowym i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono mechowce (*Oribatida*), łącznie ze stadiami młodocianymi, natomiast pozostałe roztocze sklasyfikowano do rzędów. W pozyskanym materiale oznaczono 7287 roztoczy, w tym 6648 mechowców. Średnie zagęszczenie (*N*) roztoczy podano w przeliczeniu na 100 cm^3 podłoża, dominację (*D*) i stałość występowania (*C*) w %, a różnorodność gatunkową mechowców

wyrażono za pomocą liczby gatunków (*S*), średniej liczby gatunków w próbce (*s*) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (*H*) [Magurran 1988]. Przed analizą statystyczną dane liczbowe poddano logarytmowaniu – ln(x+1) [Berthet i Gerard 1965]. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica – przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA) z zastosowaniem testu post-hoc Tukeya (HSD).

WYNIKI I DYSKUSJA

W polskich leśnych szkółkach kontenerowych cykl produkcyjny sadzonek trwa na ogół ok. 6 miesięcy. W tym czasie, aby zintensyfikować wzrost roślin, zapewnia się optymalne warunki termiczne i wilgotnościowe [Szabla i Pabian 2003]. Warunki te mają też przyspieszyć proces rozwoju i wchodzenia w symbiozę z korzeniami siewek, grzybów mikoryzowych. Dla produkcji sadzonek bardzo istotne jest też prawidłowe formowanie systemu korzeniowego, m.in. przez zastosowanie w kontenerach szczelin powietrznych i ażurowego dna. Dobrze napowietrzone podłoże torfowe, w połączeniu z optymalną wilgotnością dla roślin i grzybów, tworzy też doskonałe środowisko dla rozwoju mezofauny związanej z leśnymi glebami.

W glebach leśnych bardzo licznie występują roztocze, a zwłaszcza zaliczane do saprofagów mechowce. 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]. Występowanie niektórych gatunków w różnych środowiskach może być więc dobrym wskaźnikiem obecności grzybów ektomikoryzowych.

Zagęszczenie roztoczy w wierzchniej warstwie (A) bryłek korzeniowych zbadanych sadzonek wahało się od 18,67 do 219,67 osobn. · 100 cm^{-3} substratu (tab. 1). Pajęczaki te znacznie liczniej występowały w kontenerach sadzonek gatunków liściastych niż iglastych – różnice pomiędzy średnim zagęszczeniem były istotne statystycznie. W dolnej warstwie (B) podłoża sadzonek stwierdzono o 40% niższe zagęszczenie roztoczy niż w warstwie A. W górnej warstwie zawsze wśród roztoczy dominowały mechowce – stanowiły od 43 do 98% wszystkich roztoczy. W warstwie B w sośnie, brzozie i lipie też wyraźnie dominowały *Oribatida*, jedynie w sadzonkach świerka, gdzie wszystkie roztocze występowały sporadycznie, liczniejsze od nich były zaliczane do drapieżników *Mesostigmata* (39%). Roztocze z rzędów *Actinedida, Mesostigmata* i *Oribatida* stwierdzono w kontenerach wszystkich gatunków sadzonek, w obydwu warstwach substratu. Natomiast *Acaridida* i *Tarsonemida* występowały nielicznie.

Tabela 1. Zagęszczenie roztoczy (*N* w osobn. · 100 cm^{-3}), liczba gatunków (*S*), wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (*H*), średnia liczba gatunków (*s*), % stadiów młodocianych (% juv) mechowców oraz stosunek liczebny *Oribatida* do *Actinedida* (*Or/Ac*) w badanych wariantach doświadczenia

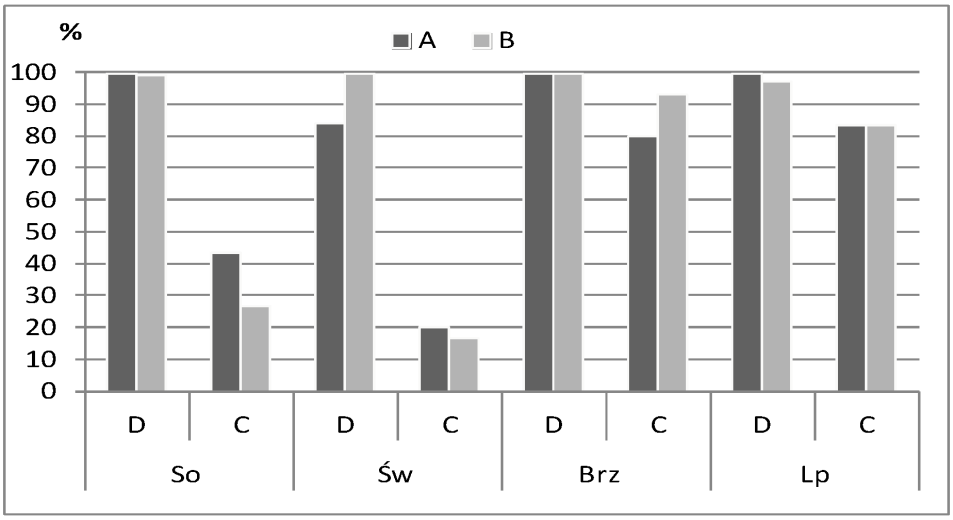
Table 1. Abundance (*N* in individuals · 100 cm^{-3}) of mites, number species (*S*), average number of species (*s*), Shannon index (*H*), % of juvenile Oribatida forms (% juv) and *Oribatida/Actinedida* ratio in studied variants of the experiment

Wskaźnik – Takson Index – Taxon	Warstwa Layer	Wariant doświadczenia Variant of the experiment			
		So	Św	Brz	Lp
N – Acaridida	A	-	0,67	-	-
	B	0,27	-	-	-
N – Actinedida	A	2,47^{a}	7,47^{b}	2,67^{a}	2,00^{a}
	B	0,67^{a}*	0,33^{a}*	1,40^{a}	4,13^{b}
N – Mesostigmata	A	3,93^{a}	2,87^{a}	2,53^{ac}	1,13^{bc}
	B	0,87^{a}*	0,47^{a}*	1,53^{a}	0,87^{a}
N – Oribatida	A	15,20^{a}	7,93^{a}	38,93^{b}	215,20^{c}
	B	7,87^{a}	0,40^{a}	34,20^{b}	123,47^{c}
N – Tarsonemida	A	-	0,33^{a}	0,33^{a}	0,73^{a}
	B	0,13^{a}	-	-	5,40^{a}
N – Acari (razem – total)	A	21,60^{a}	18,67^{a}	44,47^{b}	219,67^{b}
	B	9,80^{a}	1,20^{a}*	37,13^{b}	133,87^{b}
S – Oribatida	A	1	5	1	2
	B	2	1	2	2
s – Oribatida	A	0,47^{a}	0,47^{a}	0,83^{b}	0,87^{b}
	B	0,33^{a}	0,13^{a}	0,97^{b}	0,90^{b}
H – Oribatida	A	0	0,54	0	0,28
	B	0,49	0	0,14	0,13
Brachychthonius sp.	A	-	0,67^{a}	-	0,67^{a}
	B	0,67	-	-	-
Liochthonius sp.	A	-	0,67	-	-
	B	-	-	0,67	-
Oppiella nova (Oudemans)	A	15,20^{ac}	6,67^{a}	38,93^{bc}	215,13^{b}
	B	7,80^{a}	0,40^{a}	34,13^{b}	119,80^{b}
Scheloribates latipes (C.L. Koch)	B	-	-	-	3,67
Tectocepheus velatus (Michael)	A	-	1,67	-	-
Trichoribates trimaculatus (C.L. Koch)	A	-	0,67	-	-

Objaśnienia: ^{a,b,c} – te same litery w wierszach oznaczają brak istotnych różnic ($p<0,05$), * – istotne między A a B. Explanations: ^{a,b} – data with the same letter in lines do not differ significantly ($p<0.05$), * – significant difference between A and B

Źródło: opracowanie własne.

Ogółem w zbadanych próbkach odnotowano występowanie 6 taksonów mechowców – najwięcej (5) było w sadzonkach świerka, a w sośnie, brzozie i lipie 1 lub 2. Wskaźnik średniej liczby gatunków *s* w warstwach A i B był wyższy w liściastych gatunkach sadzonek niż iglastych – różnice były istotne statystycznie.



Rysunek 1. Wskaźniki dominacji (*D*) i stałości występowania (*C*) dla *Oppiella nova* w bryłkach korzeniowych sosny (So), świerka (Św), brzozy (Brz) i lipy (Lp) w górnej (A) i dolnej (B) warstwie podłoża szkółkarskiego
Figure 1. Indices of dominance (*D*) and constancy of occurrence (*C*) for *Opiella nova* in clods with roots of Scots pine (So), Norway spruce (Św), Silver birch (Brz) and Littleleaf linden (Lp) in the upper (A) and the lower (B) layers of culture media

Najliczniejszym mechowcem w analizowanych kontenerach była *Oppiella nova* – w warstwie A zagęszczenie wynosiło od 6,67 do 215,13, a w warstwie B od 0,40 do 119,80 osobn. · 100 cm^{-3} podłoża (tab. 1). Wskaźnik dominacji (*D*) dla tego gatunku był bardzo wysoki – 84-100%, stałość występowania (*C*) wynosiła od 17 do 43% w kontenerach gatunków iglastych, a znacznie wyższa była w brzozie (*C*=80-93%) i lipie (*C*=83%) (rys. 1). W zbadanym materiale znaleziono jeszcze po kilka okazów *Scheloribates latipes* i *Tectocepheus velatus* oraz pojedyncze osobniki z rodzajów *Brachychthonius* i *Liochthonius* (tab. 1). W innych badaniach w tej samej szkółce [Klimek i in. 2013b] w bryłkach korzeniowych sosny *Oppiella nova* też była najliczniejszym mechowcem. Badania prowadzono przez cały cykl wegetacyjny sadzonek, a pierwsze okazy tego gatunku (1 dorosły i 3 młodociane) pojawiły się dopiero w lipcu. Z badań tych wynika, iż najprawdopodobniej roztocze te dostały się do kontenerów po wystawieniu ich na otwarte pole produkcyjne. Czynnikiem, który umożliwia rozprzestrzenianie się tych niewielkich roztoczy (220-320µm) i kolonizację nowych środowisk jest wiatr [Lehmitz i in. 2011]. Z literatury wiadomo, iż *O. nova* jest partenogenetyczna, ma krótki cykl rozwojowy (20 dni), a jej populacja po natrafieniu na sprzyjające warunki środowiskowe rozwija się bardzo szybko według strategii życiowej typu r [Siepel 1994, Skubała i Gulvik 2005]. W przypadku

szkółki kontenerowej Bielawy źródłem populacji wymienionego mechowca był zapewne otaczający ten teren ze wszystkich stron bór sosnowy, bowiem jest to jeden z najpospolitszych w Polsce i na świecie gatunków eurytopowych [Skubała 2002, Weigmann and Kratz 1981], preferujący biotopy leśne [Rajski 1968].

Roztocze, w szczególności mechowce, przez wielu autorów uważane są za dobre bioindykatory stanu środowiska [Axelsson i in. 1973, Seniczak 1979, Klimek 2000, Behan-Pelletier 2003, Gulvik 2007]. Gulvik [2007] jest zdania, że najlepszymi bioindykatorami dla ubogich ekosystemów wśród *Oribatida* są gatunki o strategii życiowej typu r, np. *O. nova* czy też *Tectocepheus velatus*.

Zdecydowanie najlepsze warunki rozwoju populacja *Oppiella nova* znajdowała w bryłkach korzeniowych lipy drobnolistnej (tab.1). Mechowiec ten uzyskał na powierzchni podłoża tych sadzonek zagęszczenie wielokrotnie wyższe niż w przypadku pozostałych gatunków drzew. Liczebność ta (215,13 osobn. · 100 cm^{-3}) po przeliczeniu na jednostkę powierzchni odpowiada 65 tys. osobn.· m^{-2} tylko w 3 cm wierzchniej warstwie podłoża. Przykładowo w ok. 20-letnich młodnikach sosnowym – 29 stanowisk rozmieszczonych na terenie Polski – średnia liczebność tego gatunku wyniosła 6,47 tys. osobn.· m^{-2}. W polowej szkółce leśnej Białe Błota w uprawie lipy po wzbogaceniu gleby świeżą ektopróchnicą wynosiła 0,51 (dane niepublikowane), a w 2-letniej brzozie 1,56 tys. osobn.· m^{-2} [Klimek i in. 2013a].

Tak wysoki, niespotykany w innych środowiskach, poziom zagęszczenia *O. nova* w kontenerach z sadzonkami lipy musi być związany z korzystnymi warunkami troficznymi. Populacja ta jest zaliczana do mykofagów [Luxton 1972, Ponge 1991] i okazuje się też, że roztocze te mogą żerować na ektomikoryzach [Remén i in. 2010, Schneider i in. 2005], prawdopodobnie przyczyniając się do ich rozprzestrzeniania. W badaniach laboratoryjnych przeprowadzonych przez Remén i in. [2010] udowodniono preferencję pokarmową *O. nova* do grzybów ektomikoryzowych, a zwłaszcza do *Suillus variegatus* (Sw.) Kuntze i *Paxillus involutus* (Batsch) Fr.). Liczne występowanie omawianego mechowca w bryłkach korzeniowych sadzonek może więc świadczyć o dobrym stanie ektomikoryz, zwłaszcza na korzeniach gatunków liściastych, na których przecież nie była przeprowadzona sterowana mikoryzacja.

PODSUMOWANIE

Roztocze znacznie liczniej występowały w kontenerach sadzonek gatunków liściastych niż iglastych. W dolnej warstwie bryłek korzeniowych zagęszczenie było o 40% niższe niż w warstwie górnej. Roztocze z rzędów *Actinedida*, *Mesostigmata* i *Oribatida* stwierdzono w kontenerach wszystkich gatunków sadzonek, w obydwu warstwach substratu. Najliczniejsze były mechowce, a *Acaridida* i *Tarsonemida* występowały nielicznie. Ogółem w zbadanych próbkach odnotowano 6 taksonów mechowców – najwięcej (5) było w sadzonkach

świerka, a w sośnie, brzozie i lipie 1 lub 2. Najliczniejszym mechowcem w analizowanych kontenerach była *Oppiella nova*, dla której najlepsze warunki rozwoju panowały w bryłkach korzeniowych lipy drobnolistnej, a następnie brzozy brodawkowatej.

PODZIĘKOWANIA

Dziękuję pracownikom Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych i Nadleśnictwa Dobrzejewice za umożliwienie przeprowadzenia badań i cenną pomoc w trakcie realizacji doświadczenia.

BIBLIOGRAFIA

Axelsson B., Lohm U., Lundkvist H., Persson T., Sköglund J., Wiren A. (1973). *Effects of nitrogen fertilisation on the abundance of soil fauna populations in a Scots pine stand, Research Notes*. Royal College of Forestry 14, s. 5-10.

Behan-Pelletier V.M. (1999). *Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role of bioindication*. Agric. Ecosyst. Environ. 74, s. 411-423.

Berthet P., Gerard G. (1965). *A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari) I. The distribution pattern*. Oikos 16, s. 214-227.

Gulvik M.E. (2007). *Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review*. Pol. J. Ecol. 55(3), s. 415-440.

Hanlon R.D., Anderson J.M. (1980). *The influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing leaf litter*. Soil Biology & Biochemistry 12, s. 255-261.

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, 93 ss.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R. (2013a). *Effect of irrigation and organic fertilization on oribatid mites (Acari, Oribatida) in forest nursery*. Scientific Research and Essays Vol. 8(5), s. 227-237.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Kowalska A. (2013b). *Porównanie wpływu ściółkowania ektopróchnicą i sterowanej mikoryzacji na rośliny oraz roztocze (Acari) w kontenerowej produkcji sadzonek sosny zwyczajnej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich (w druku).

Lehmitz R., Russell D., Hohberg K., Christian A., Xylander W.E.R. (2011). *Wind dispersal of oribatid mites as a mode of migration*. Pedobiologia 54, s. 201-207.

Lussenhop J. (1992). *Mechanisms of microarthropod-microbial interactions in soil*. Advances in Ecological Research 23, 33 ss.

Luxton M. (1972). *Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I. Nutritional biology*. Pedobiologia 12, s. 434-463.

Magurran A.E. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman & Hall, London 1988, 179 ss.

Ponge I.F. (1991). *Succession of fungi and fauna during decomposition of needles in a small area of Scots pine litter*. Plant Soil 138, s. 99-113.

Rajski A. (1968). *Autecological-zoogeographical analysis of moss mites (Acari, Oribatei) on the basis of fauna in the Poznań environs*. Part II. Fragm. Faun. 12, s. 277-405.

Remén C., Fransson P., Persson T. (2010). *Population responses of oribatids and enchytraeids to ectomycorrhizal and saprotrophic fungi in plantesoil microcosms*. Soil Biol. Biochem. 42, s. 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, s. 518-528.

Schneider K., Renker C., Maraun M. (2005). *Oribatid mite (Acari, Oribatida) feeding on ectomycorrhizal fungi*. Mycorrhiza 16, s. 67-72.

Seniczak S. (1979). *Fauna mechowców (Acari, Oribatei) jako indykator biologicznych właściwości próchnic leśnych*. Prace Komisji Naukowej Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego V/37, s. 157-166.

Setala H. (1995). *Growth of birch and pine seedlings in relation to grazing by soil fauna on ectomycorrhizal fungi*. Ecology 76(6), s. 1844-1851.

Siepel H. (1994). *Life – history tactics of soil microarthropods*. Biol. Fertil. Soils 18, s. 263-278.

Skubała P. (2002). *Rozwój fauny roztoczy na hałdach, czyli jak przyroda walczy z przemysłem*. Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych 51/2, s. 195-204.

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, s. 105-111.

Szabla K. (2007). *Przyrodnicze uwarunkowania i postęp w hodowli sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.* W: Ektomikoryzy. Nowe technologie w polskim szkółkarstwie leśnym (red. S. Kowalski). CILP, Warszawa, s. 73-92.

Szabla K., Pabian R. (2003). *Szkółkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym*. CILP, Warszawa, 212 ss.

Weigmann G., Kratz W. (1981). *Die deutschen Hornmilbenarten und ihre ökologische Charakteristik*. Zool. Beitr. 27, s. 459-489.

Dr hab. inż. Andrzej Klimek, prof. UTP
Katedra Zoologii i Kształtowania Krajobrazu,
UTP w Bydgoszczy
ul. Ks. Kordeckiego 20, 85-224 Bydgoszcz
tel. 0523749409,
e-mail: klimek@utp.edu.pl