INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/I/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 37–50
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

PORÓWNANIE WPŁYWU ŚCIÓŁKOWANIA EKTOPRÓCHNICĄ I STEROWANEJ MIKORYZACJI NA ROŚLINY ORAZ ROZTOCZE (*ACARI*) W KONTENEROWEJ PRODUKCJI SADZONEK SOSNY ZWYCZAJNEJ

Andrzej Klimek, Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Angelika Kowalska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

COMPARISON OF THE EFFECTS OF MULCHING WITH ECTOHUMUS AND CONTROLLED MICORRHIZATION ON PLANTS AND MITES (ACARI) IN THE CONTAINER PRODUCTION OF SCOTS PINE SEEDLINGS

Streszczenie

Badania prowadzono w 2012 r. w szkółce kontenerowej Bielawy (Nadleśnictwo Dobrzejewice) w cyklu produkcyjnym sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sadzonki miały wysokość w zakresie 8,9-11,9 cm i średnicę w szyi korzeniowej od 2,8 do 3,7 mm. Na korzeniach sadzonek dominowały ektomikoryzy pojedyncze, stanowiąc od 45 do 64% wszystkich ektomikoryz, a ogólny stan zmikoryzowania zbadanych korzeni sadzonek uznać można za dość wyrównany. Średnie zagęszczenie roztoczy w badanych bryłkach korzeniowych bez dodatku lub z dodatkiem ektopróchnicy leśnej wahało się od 3,71 do 16,23 tys. osobn.· m^{-2}. W sadzonkach ściółkowanych najliczniejszymi roztoczami były zaliczane do saprofagów mechowce, a w wariantach nieściółkowanych dominowały *Actinedida*. W kontenerach nieściółkowanych występowały 2 lub 3 gatunki mechowców, a po przeprowadzeniu tego zabiegu liczba ta wzrosła do 10-14. Najliczniejszym mechowcem w zbadanym materiale była *Oppiella nova*. Ważnym składnikiem zgrupowań *Oribatida* był też *Tectocepheus velatus*, który w cyklu badań wykazał tendencję wzrostu liczebności. Z przeprowadzonych badań wynika, iż w kontenerach do produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym występują dobre wa-

runki do rozwoju roztoczy glebowych, co daje potencjalną szansę na wykorzystanie ich do wzbogacenia w mezofaunę terenów porolnych i zdegradowanych.

Słowa kluczowe: szkółka kontenerowa, sosna zwyczajna, ściółkowanie ektopróchnicą, mikoryzacja, *Acari*, *Oribatida*

Summary

Experiments were carried out in 2012 at container nursery Bielawy (Forest District Dobrzejewice) in the production cycle of Scots pine seedlings (Pinus sylvestris L.) The height of seedlings ranged from 8.9 to 11.9 cm and the diameter was in the range 2.8-3.7 mm. Single ectomycorrhizas dominatem on roots of seedlings, and they constituted from 45 to 64% of all ectomycorrhizas. General state of mycorrhizae on roots can be considered as fairly balanced. Mean density of mites on examined clods with roots (with or without addition of forest ectohumus) ranged from 3 710 to 16 230 individuals · m^{-2}. The most abundant mites on seedlings produced with mulching were oribatid mites, and in variants without mulching dominated Actinedida. Non-mulched containers were characterized by occurrence of 2-3 species of oribatid mites, and those with mulching – by 10-14 oribatid species. Oppiella nova was the most abundant oribatid species in the examined material. Tectocepheus velatus was also the important component of Oribatida gatherings. The number of T. velatus was characterized by the upward trend in the cycle of investigation. On the basis of the study, it was found that the containers for production of seedlings with covered root system are characterized by good conditions for the development of soil mites. It creates a potential opportunity for the use of them for fauna enrichment on post-agricultural and degraded areas.

***Key words**: container nursery, Scots pine, mulching with ectohumus, mycorrhization, Acari, Oribatida*

WPROWADZENIE

Uwarunkowania ekonomiczne, organizacyjne i przyrodnicze zdecydowały o światowym rozwoju i szerokim zastosowaniu sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym [Szabla i Pabian 2003]. Ten rodzaj szkółkarstwa, nazywany kontenerowym, umożliwił wdrożenie na skalę gospodarczą sterowanej mikoryzacji – zaszczepiania systemów korzeniowych biopreparatami grzybów ektomikoryzowych, niezbędnych do właściwego rozwoju drzew leśnych, szczególnie na terenach ubogich w życie biologiczne, takich jak: grunty porolne i zdegradowane przez przemysł, a także w otoczeniu dróg i autostrad [Grzywacz 2009].

Wśród metod mikoryzacji można wyróżnić metodę naturalną, polegającą na zastosowaniu naturalnego inokulum pod postacią ektohumusu pobranego z gleby leśnej oraz metodę mikoryzacji sterowanej, która dominuje obecnie w praktyce szkółkarskiej i polega na wprowadzeniu do substratu uprawowego propagul zidentyfikowanych grzybów mikoryzowych [Szabla i Pabian 2003]. W metodzie naturalnej wprowadza się do kontenerów zróżnicowane pod wzglę-

dem ilościowym i gatunkowym zbiorowiska grzybów, a w przypadku metody sterowanej najczęściej jeden gatunek grzyba.

Zastosowany w niniejszym doświadczeniu zabieg ściółkowania ektopróchnicą leśną miał na celu zaszczepienie torfowego podłoża szkółkarskiego edafonem typowym dla gleb leśnych. Dla praktyków szkółkarstwa najważniejszym składnikiem edafonu są oczywiście grzyby, które mogą zostać symbiontami korzeni sadzonek. Często zapomina się o ogromnej różnorodności gatunkowej, która jest typowa dla gleb leśnych. Należy pamiętać, że młode siewki drzew w warunkach naturalnych doskonale rosną wśród tej ogromnej różnorodności edafonu, której brakuje w szkółkach polowych oraz kontenerowych.

W leśnej ektopróchnicy bardzo licznie występują roztocze (*Acari*), zwłaszcza zaliczane do saprofagów mechowce (*Oribatida*). Zwierzęta te rozdrabniają materię organiczną i przez to przyspieszają jej rozkład przez bakterie i grzyby, wspomagając uwalnianie do gleby składników pokarmowych niezbędnych do wzrostu roślin. Ponadto przyczyniają się do rozprzestrzeniania mikroorganizmów glebowych, w tym ważnych dla roślin ektomikoryz [Setala 1995].

W literaturze naukowej nie znaleziono dotąd żadnych informacji na temat badań akarofauny w podłożach uprawowych w leśnych szkółkach kontenerowych. Obecność mezofauny w bryłce korzeniowej sadzonek może mieć znaczenie praktyczne, ponieważ istnieje potencjalna możliwość wykorzystania kontenerów do reintrodukcji tych zwierząt, np. na tereny porolne czy zdegradowane, celem przyspieszenia ich rewitalizacji.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu ściółkowania ektopróchnicą leśną i sterowanej mikoryzacji na wybrane parametry wzrostu sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) oraz liczebność i różnorodność gatunkową roztoczy, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców, w szkółce kontenerowej. Przeprowadzono także analizę morfotypów ektomikoryz występujących na sadzonkach sosny.

OPIS DOŚWIADCZENIA I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w roku 2012 w szkółce kontenerowej Bielawy (Nadleśnictwo Dobrzejewice, RDLP Toruń). Doświadczenie założono 7 maja w tunelu foliowym, stosując następujące warianty: C – kontrola (bez ściółkowania i sterowanej mikoryzacji), M – standardowa mikoryzacja dla szkółek kontenerowych – na 1 m^3 podłoża torfowego zastosowano 24,5 dm^3 substratu z grzybnią *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél, S – ściółkowanie 1 cm warstwą ektopróchnicy, SM – ściółkowanie i standardowa mikoryzacja. Wszystkie podłoża były zmieszane z granulatem nawozu Osmocote (N – 14%, P – 7%, K – 9%, MgO – 2%) w dawce 3 kg $\cdot$ m^{-3}, podczas sezonu wegetatywnego stosowano dolistnie Bioekor. Wariant doświadczenia stanowił stalową paletę, na której mieściło się 27 kontenerów (pojemniki zblokowane Hiko firmy BCC – 40

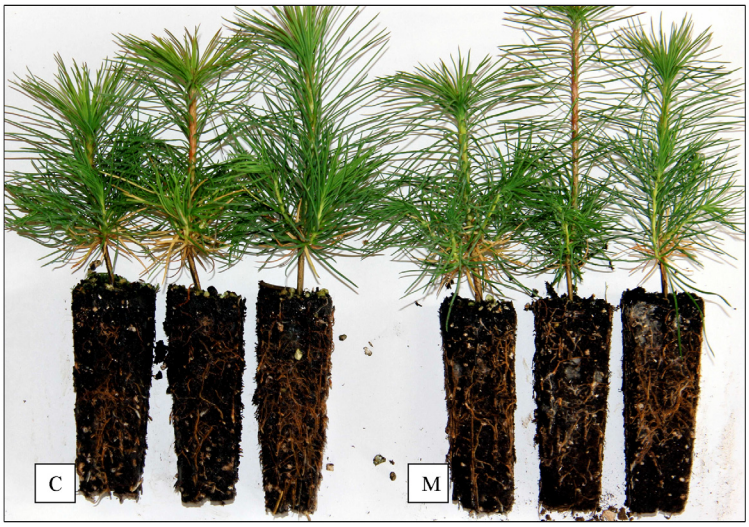
pojemników w kasecie o pojemności 120 cm^3 każdy). Palety były oddzielone od siebie przegrodami plastikowymi, ograniczającymi możliwość ewentualnej migracji mezofauny. Przez ok. 1 miesiąc kontenery znajdowały się w namiocie foliowym, który zapewnia optymalne warunki mikroklimatyczne do rozwoju siewek. W celu maksymalizacji wykorzystania linii produkcyjnej, sadzonki po miesiącu intensywnego wzrostu przeniesiono na zewnętrzne pole zraszania, gdzie pozostały do końca cyklu produkcyjnego.

Materiał do ściółkowania pozyskano w dniu aplikacji z warstwy próchnicy nadkładowej dojrzałego boru świeżego w Leśnictwie Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz). Materiał ten dwukrotnie rozdrobniono za pomocą rozdrabniacza ogrodowego VIKING GE 250, a następnie po wysianiu nasion rozłożono 1 cm warstwą na powierzchni kontenerów.

Wzrost roślin. Na dziesięciu roślinach z każdego wariantu oznaczono: wysokość sadzonek (cm), średnicę w szyjce korzeniowej (mm), średnią długość pędu bocznego (cm), świeżą masę części nadziemnej (g), średnią długość igły (cm) oraz liczbę igieł na 1 cm długości pędu.

Ektomikoryzy. Analizę ektomikoryz przeprowadzono na podstawie 12 korzeni pobranych losowo 15 października 2012 r. – po 3 próbki z każdego wariantu doświadczenia (fot. 1 i 2). Z pobranego materiału wyizolowano system korzeniowy, który został dokładnie wypłukany na sicie, za pomocą bieżącego strumienia wody, w celu usunięcia podłoża uprawowego. Następnie korzenie cięto na krótkie fragmenty (ok. 1 cm), pobierając je z górnej, środkowej i dolnej jego części [Parlade i in. 1996a,b]. Po uzyskaniu, dla każdego z wariantów doświadczenia, 150 fragmentów korzeni materiał poddano konserwacji w 70% alkoholu etylowym. Mikoryzy oceniano pod mikroskopem stereoskopowym i klasyfikowano na podstawie kształtu, rozmiaru i zewnętrznych cech [Agrerer 1987-1997]. Wyróżniono 6 morfotypów ektomikoryz: A – pojedyncze, B – dichotomiczne wydłużone, C – krótkie dichotomiczne i pojedyncze, D – wielokrotnie rozgałęzione, E – koralowate i F – typu grona.

Badania akarologiczne. Próbki do badań akarologicznych pobierano trzykrotnie: 23 maja, 12 lipca i 15 października 2012 r. Z każdego wariantu doświadczenia w kolejnych terminach pobrano po 10 próbek gleby, razem 120 próbek w całym doświadczeniu. Wycinki podłoża pobierano w z górnej części bryłki substratu (z 17 cm^2 i do 3 cm głębokości) wraz z systemem korzeniowym rośliny – po obcięciu sadzonki w szyjce korzeniowej. 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. Ogółem oznaczono 2098 roztoczy, w tym 964 mechowce. Średnie zagęszczenie (*N*) roztoczy podano w przeliczeniu na 1 m^2 podłoża, a różnorodność gatunkową mechowców wyrażono za pomocą liczby gatunków (*S*), średniej liczby gatunków w próbce (*s*) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (*H*).



Fotografia 1. Sadzonki sosny z palet kontrolnej (C) i mikoryzowanej szczepionką *Hebeloma crustuliniforme* (M)
Photo 1. Scots pine seedlings from control palette (C) and that of mycorrhized by *Hebeloma crustuliniforme* (M)

Fotografia 2. Sadzonki sosny z kontenerów ściółkowanych ektopróchnicą leśną (S i SM)
Photo 2. Seedlings of Scots pine from containers mulched with forest ectohumus (S and SM)

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

Wzrost roślin. W tabeli 1 zamieszczono wybrane wskaźniki wzrostu sadzonek sosny zależnie od wariantu doświadczenia. Rośliny z wariantów C i S były istotnie wyższe (wysokość w zakresie 11,38-11,94 cm) od rosnących w wariantach M i SM (8,93-9,37 cm). Największą średnicą w szyjce korzeniowej (3,74 mm) – istotnie większą od zmierzonej w pozostałych wariantach – cechowały się sadzonki z wariantu M. Nie stwierdzono istotnych różnic w przypadku pozostałych wskaźników wzrostu sadzonek sosny. Dla porównania, Szabla [2007] podaje, że sadzonki sosny zwyczajnej z zakrytym systemem korzeniowym uzyskane w hodowli w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie cechowały się następującymi, przeciętnymi wymiarami – wysokością 15 cm i grubością w szyi korzeniowej 5 mm. Natomiast Pietras i Śliwa [2007] podają, że średnie parametry sadzonek w szkółkach kontenerowych (wysokość-cm/średnica-mm) malały wraz z późniejszym wysiewem nasion. W roku 2003 w Nadleśnictwie Jabłonna – odpowiednio dla daty siewu: 1 IV; 28 IV i 9-23 V – wynosiły one: 20,7/3,0; 16,1/2,5 i 12,6/2,2, natomiast w Nadleśnictwie Śnieżka – dla siewu 14 IV i 26 V – odpowiednio 16,0/4,4 i 7,6/2,6.

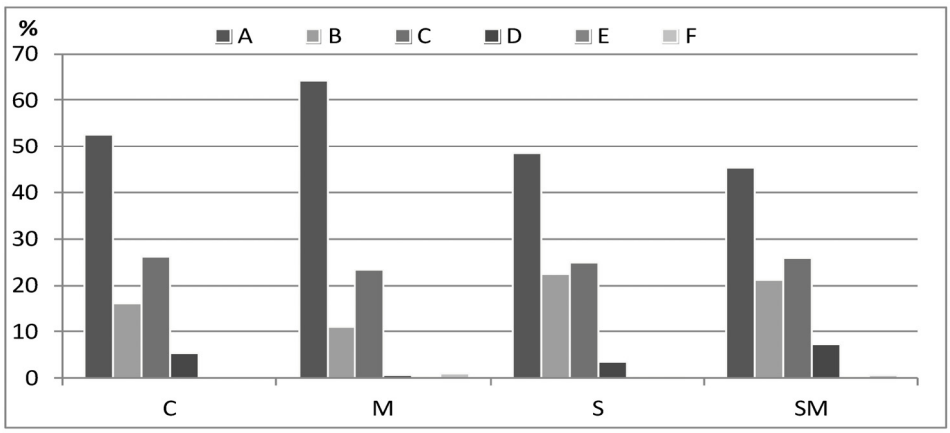
Ektomikoryzy. Panuje przekonanie, iż jednym z warunków dużej udatności upraw leśnych jest stosowanie sadzonek posiadających obfitą i zróżnicowaną mikoryzę [Aleksandrowicz-Trzcińska 2004]. W opisach morfologicznych ektomikoryz najczęściej uwzględnia się: kształt ektomikoryzy (dichotomia, wielokrotne rozgałęzienie, formy koralowate), barwę i budowę mufki grzybniowej, obecność i budowę ryzomorf, typ połączeń strzępek grzybni ekstramatrykalnej i obecność cystydiów, tworzenie się kryształów soli [Hilszczańska 2000, 2004].

W analizowanych wariantach doświadczenia dominowały mikoryzy pojedyncze, stanowiąc od 45 do 64% wszystkich ektomikoryz (rys. 1). Najwyższy udział i liczbę mikoryz należących do tego morfotypu, a także typu grona, odnotowano na korzeniach sadzonek mikoryzowanych preparatem *Hebeloma crustuliniforme*. Ektomikoryzy dichotomiczne wydłużone najliczniej występowały w kontenerach ściółkowanych, a wielokrotnie rozgałęzione w wariancie SM. Na palecie kontrolnej brakowało mikoryz z dwóch morfotypów: typu grona i koralowatych.

Tabela 1. Wybrane wskaźniki wzrostu siewek sosny zwyczajnej
Table 1. Chosen indices of the Scots pine seedlings growth

Wskaźnik wzrostu Growth index	Jednostka Unit	Wariant doświadczenia Variant of the experiment			
		C	M	S	SM
Wysokość Height	cm	11,38[a]	9,37[b]	11,94[a]	8,93[b]
Średnica Diameter	mm	2,76[a]	3,74[b]	3,14[a]	3,25[a]
Liczba pędów bocznych No. of lateral shoots	szt. – pcs	2,5[a]	3,7[a]	3,4[a]	3,4[a]
Średnia długość pędu bocznego Mean length of a lateral shoot	cm	3,26[a]	3,3[a]	3,06[a]	2,66[a]
Suma długości pędów bocznych Total length of lateral shoots	cm	7,84[a]	12,31[a]	10,31[a]	10,36[a]
Liczba igieł na 1 cm długości pędu No. of needles on the 1cm-length of a shoot	szt. – pcs	16,9[a]	22,9[a]	20,4[a]	27,7[a]
Średnia długość igły Mean length of a needle	cm	4,59[a]	4,13[a]	4,88[a]	4,44[a]
Świeża masa części nadziemnej Fresh weight of above-ground parts	g	4,34[a]	5,99[a]	5,23[a]	6,60[a]
Świeża masa korzeni Fresh weight of roots	g	8,23[a]	11,41[a]	6,47[a]	8,85[a]

Objaśnienia: [a,b] – te same litery oznaczają brak istotnych różnic ($p<0,05$), test Tukey'a ($p<0,05$); Explanations: [a,b] – data with the same letter do not differ significantly ($p<0.05$), Tukey's test ($p<0.05$)
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 1. Procentowy udział morfotypów ektomikoryz (A – pojedyncze, B – dichotomiczne wydłużone, C – krótkie dichotomiczne i pojedyncze, D – wielokrotnie rozgałęzione, E – koralowate i F – typu grona) w badanych wariantach doświadczenia
Figure 1. Percentage of ectomycorrhizas (A – single, B – dichotomously extended, C – short dichotomous and single, D – multiple-branched, E – coral and F – type of raceme) under different variants of the experiments

Ogólny stan zmikoryzowania zbadanych korzeni sadzonek uznać można za dość wyrównany. Dzięki nawiązaniu symbiozy z grzybami mikoryzowymi korzenie są bardziej rozgałęzione, występuje większa liczba korzeni bocznych, co sprzyja większej zdolności pobierania wody i składników pokarmowych, a to w rezultacie obniża koszty wydatku energetycznego rośliny i stymuluje wzrost jej nadziemnej części [Kubiak 2007].

Występowanie roztoczy glebowych. Tereny porolne i zdegradowane różną działalnością człowieka charakteryzują się niewielką aktywnością biologiczną gleb. Na tego typu terenach notuje się niską liczebność i różnorodność gatunkową roztoczy [Klimek i in. 2009, Klimek i Rolbiecki 2011, Rolbiecki i in. 2006]. Do zalesień tych terenów i ich rewitalizacji doskonale nadają się sadzonki z zakrytym systemem korzeniowym zaopatrzone w grzyby mikoryzowe [Szabla i Pabian 2003]. Istnieje więc potencjalna możliwość wykorzystania bryłki korzeniowej sadzonek do reintrodukcji edafonu leśnego, w tym pożytecznych roztoczy, na tereny porolne bądź zdegradowane. Autorzy niniejszego opracowania w wielu doświadczeniach przeprowadzonych wcześniej w szkółkach polowych uzyskali pozytywny efekt wprowadzania mezofauny z zastosowaniem zabiegu ściółkowania ektopróchnicą leśną [Klimek i in. 2008, 2009, 2011b, 2012].

Średnie zagęszczenie roztoczy w badanych podłożach bez dodatku lub z dodatkiem ektopróchnicy leśnej wahało się od 3,71 do 16,23 tys. osobn.·m^{-2} (tab. 2). Niespodzianką była największa liczebność tych pajęczaków na palecie kontrolnej C, bez udziału ściółkowania. Natomiast najniższe zagęszczenie stwierdzono w wariancie M. Na stanowiskach ściółkowanych najliczniejszymi roztoczami były zaliczane do saprofagów mechowce (4,74-7,40 tys. osobn.·m^{-2}), które stanowiły tam 47-61% wszystkich roztoczy. Z kolei w wariantach C i M dominowały *Actinedida* – 54-72% *Acari*. Poza wymienionymi rzędami roztoczy w zbadanym materiale dość licznie występowały jeszcze drapieżne *Mesostigmata*, a mało liczne były *Tarsonemida* i *Acaridida*.

Do porównania stabilności (równowagi) ekosystemów akarolodzy zajmujący się bioindykacją stosują proporcję liczebną *Oribatida* do *Actinedida* (*Or/Ac*) [Gulvik 2007]. Według Werner i Dindal [1990] wartości *Or/Ac* poniżej 1 są charakterystyczne dla pól uprawnych, a powyżej 1 dla ekosystemów bardziej stabilnych (np. półnaturalnych łąk lub lasów). Niski wskaźnik *Or/Ac* stwierdzono na paletach nieściółkowanych (C i M), powyżej 1 natomiast na ściółkowanych.

W niniejszym doświadczeniu dość interesująco przedstawia się dynamika liczebności i różnorodności gatunkowej roztoczy w kolejnych terminach badań – od maja do października (rys. 2). Ogólna liczebność *Acari* w trakcie sezonu wegetacyjnego przeważnie stopniowo rosła. Na paletach, na których nie przeprowadzono introdukcji edafonu (C i M) w maju nie stwierdzono występowania roztoczy, w lipcu ich liczebność była niewielka (1,63-1,75 tys. osobn.· m^{-2}),

a w październiku wielokrotnie wzrosła – 9,39-47,08 tys. osobn.· m^{-2}. O tak dużym wzroście liczebności, zwłaszcza w wariancie C, głównie decydowały *Actinedida* i *Oribatida*.

Tabela 2. Zagęszczenie roztoczy (*N* w tys. osobn. · m^{-2}), 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

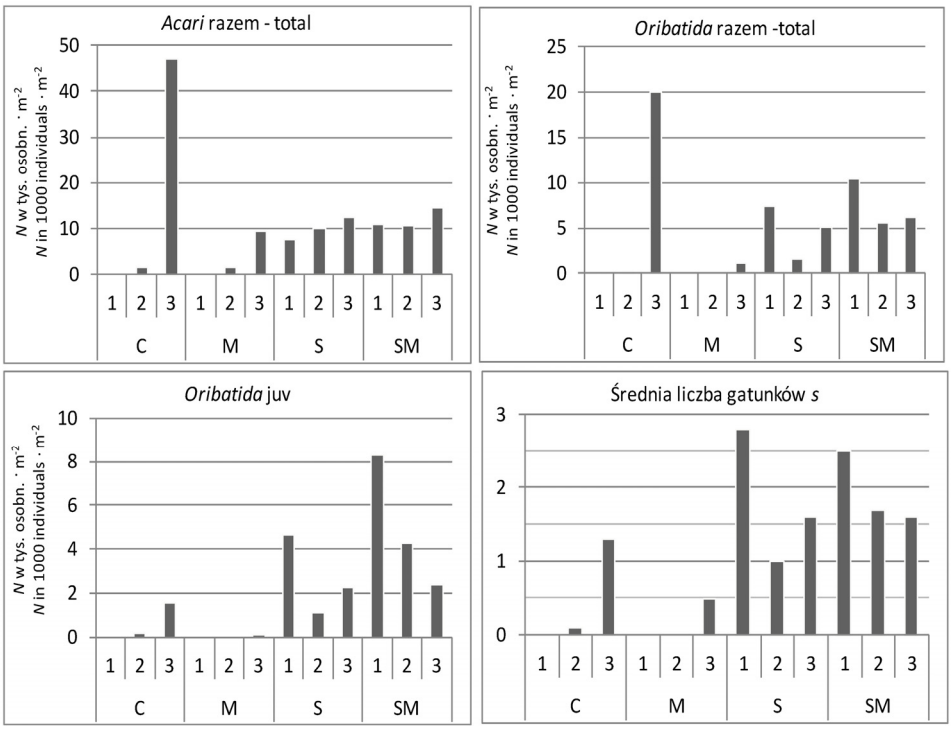
Table 2. Abundance (*N* in 1000 individuals · m^{-2}) of mites, number species (*S*), average number of species (*s*), Shannon index (*H*), % of juvenile Oribatida forms and *Oribatida*/*Actinedida* ratio in studied variants of the experiments

Wskaźnik – Takson Index – Taxon	Wariant doświadczenia Variant of the experiment			
	C	M	S	SM
N – Acaridida	-	-	0,02	-
N – Actinedida	8,81[a]	2,67[a]	4,49[a]	3,53[a]
N – Mesostigmata	0,64[a]	0,56[a]	0,82[a]	1,06[a]
N – Oribatida	6,78[a]	0,42[b]	4,74[a]	7,40[a]
N – Tarsonemida	-	0,06[a]	-	0,08[a]
N – Acari (razem – total)	16,23[a]	3,71[b]	10,07[a]	12,08[a]
S – Oribatida	3	2	10	14
s – Oribatida	0,47[a]	0,17[a]	1,80[b]	1,93[b]
H – Oribatida	0,18	0,19	1,22	1,30
% juv – Oribatida	8,58	9,52	55,93	66,94
Or/Ac	0,77	0,16	1,05	2,10

Objaśnienia: jak w tab. 1. Explanations: see table 1.
Źródło: opracowanie własne.

Nieco inaczej przedstawia się dynamika występowania omawianych stawonogów na paletach S i SM: dość wysoką liczebność stwierdzono już w pierwszym terminie badań. W przypadku mechowców na tę wysoką liczebność rzutowały głównie bardzo liczne w tym okresie larwy i nimfy. W lipcu liczebność *Oribatida* spadła, najprawdopodobniej na skutek okresowego silnego promieniowania słonecznego i niedoboru wilgotności, by następnie w październiku wzrosnąć. Największą różnorodność gatunkową tych roztoczy w wariantach ze ściółkowaniem odnotowano na początku cyklu badań. Spadek różnorodności gatunkowej mechowców zaobserwowano też w rocznym cyklu w doświadczeniu laboratoryjnym po aplikacji ektopróchnicy leśnej do podłoży z kompostowanych osadów ściekowych [Klimek i in. 2011a].

W zbadanym materiale odnotowano występowanie 15 gatunków mechowców (tab. 3). Na paletach nieściółkowanych występowały 2 lub 3 gatunki, a po przeprowadzeniu tego zabiegu liczba ta wzrosła do poziomu 10-14 (tab. 2). Wskaźniki różnorodności gatunkowej *s* i *H* wykazały wyraźnie wyższą różnorodność gatunkową mechowców w wariantach ściółkowanych, a w przypadku wskaźnika *s* różnice te były istotne statystycznie.



Rysunek 2. Dynamika liczebności (*N*) *Acari*, *Oribatida* i form młodocianych *Oribatida* (juv) oraz różnorodności gatunkowej (*s*) mechowców w kolejnych terminach badań (1 – 23.V, 2 – 12.VII, 3 –15.X) w badanych wariantach doświadczenia
Figure 2. Dynamics of abundance (*N*) of *Acari*, *Oribatida* and juvenile *Oribatida* forms as well as species diversity of oribatid mites (*s*) in consecutive terms of research (1 – 23.V, 2 – 12.VII, 3 –15.X) for different variants of the experiments

Najliczniejszym mechowcem była *Oppiella nova* (tab. 3), która bardzo wysoką liczebność osiągnęła w październiku na palecie kontrolnej – 19,32 tys. osobn.· m^{-2}. Gatunek ten po raz pierwszy w tych kontenerach pojawił się w lipcu, kiedy to w jednej próbce znaleziono 1 okaz dorosły i 3 formy młodociane. W kontenerach na palecie M stwierdzono go dopiero jesienią – 1,20 tys. osobn.· m^{-2}. Wynika z tego, że najprawdopodobniej roztocze te dostały się do kontenerów po wystawieniu ich na otwarte pole produkcyjne. Z literatury wiadomo, iż *O. nova* jest partenogenetyczna, ma krótki cykl rozwojowy (20 dni), a jej populacja rozwija się bardzo szybko, według strategii życiowej typu r [Siepel 1994, Skubała i Gulvik 2005]. Podobną do *O. nova* strategię życiową wykazuje *Tectocepheus velatus* [Gulvik 2007], który ma jednak nieco dłuższy cykl rozwojowy. Jest on pospolitym mechowcem glebowym występującym w różnych biotopach

[Weigmann i Kratz 1981], charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem reprodukcji i dużą zdolnością kolonizacji nowych środowisk. Gatunek ten dość licznie występował w wariantach S i SM, wykazując tendencję wzrostu liczebności w cyklu badań. Z praktycznego punktu widzenia interesujące jest, że wspomniane gatunki zaliczane są do mykofagów [Luxton 1972, Ponge 1991] i mogą żerować na ektomikoryzach [Remén i in. 2010, Schneider i in. 2005], prawdopodobnie przyczyniając się do ich rozprzestrzeniania. Wysoką średnią liczebność na paletach ściółkowanych ektopróchnicą stwierdzono też u *Oribatula tibialis*, jednak liczebność tego mechowca była wysoka tylko w pierwszym terminie badań.

Tabela. 3. Zagęszczenie gatunków mechowców (*N* w tys. osobn. · m^{-2}) w badanych wariantach doświadczenia
Table 3. Species abundance of oribatid mites (*N* in 1000 individuals · m^{-2}) under different variants of the experiments

Gatunek Species	Wariant doświadczenia Variant of the experiment			
	C	M	S	SM
Autogneta traegardhi Forsslund	-	-	-	0,02
Brachychthonius sp.	-	-	-	0,02
Carabodes subarcticus Trägårdh	-	-	0,04[a]	0,02[a]
Chamobates schutzii (Oudemans)	-	-	0,04[a]	0,02[a]
Dometorina sp.	-	-	-	0,02
Eupelops torulosus (C.L. Koch)	-	-	0,02	-
Liochthonius sp.	0,04[a]	-	0,18[a]	0,36[a]
Oppiella nova (Oudemans)	6,52[a]	0,40[b]	0,18[b]	0,46[b]
Oribatula tibialis (Nicolet)	-	0,02[a]	2,15[b]	3,05[b]
Ramusella mihelcici (Perez-Íñigo)	-	-	-	0,02
Rhysotritia duplicata (Grandjean)	-	-	-	0,04
Scheloribates latipes (C.L. Koch)	-	-	0,08[a]	0,10[a]
Suctobelba sp.	-	-	0,06[a]	0,08[a]
Tectocepheus velatus (Michael)	0,22[a]	-	1,97[b]	3,17[b]
Tropacarus carinatus (C.L. Koch)	-	-	0,02[a]	0,02[a]

Objaśnienia: jak w tab. 1. Explanations: see table 1.
Źródło: opracowanie własne.

Podjętą próbę introdukcji mezofauny glebowej do bryłek korzeniowych sadzonek sosny za pomocą ściółkowania należy uznać za umiarkowanie udaną. Podczas pobierania próbek zauważono, że część korzeni sadzonek sosny w wariantach ściółkowanych była nadmiernie przesuszona. Przypuszcza się, że przy deszczowaniu zgodnym z normami nawodnień szkółek leśnych i przeciętnych opadach atmosferycznych woda była kumulowana przez ściółkę i nie przedostawała się do dolnej części pojemników, a znajdujące się tam szczeliny boczne dodatkowo powodowały przesychanie substratu przy wysokiej temperaturze.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż w kontenerach do produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym są dobre warunki do rozwoju roztoczy glebowych. Daje to szansę na wykorzystanie ich do reintrodukcji tych pożytecznych stawonogów na tereny porolne i zdegradowane. Przeprowadzone doświadczenie należy zatem potraktować jako badania wstępne i przyczynek do dalszych prac badawczych nad introdukcją i reintrodukcją edafonu.

PODSUMOWANIE

W zbadanych kontenerach odnotowano wysokość sadzonek w zakresie 8,9-11,9 cm i średnicę w szyi korzeniowej od 2,8 do 3,7 mm. Na korzeniach sadzonek dominowały ektomikoryzy pojedyncze, stanowiąc od 45 do 64% wszystkich ektomikoryz, a ogólny stan zmikoryzowania korzeni uznać można za dość wyrównany. Średnie zagęszczenie roztoczy w bryłkach korzeniowych bez dodatku lub z dodatkiem ektopróchnicy leśnej wahało się od 3,71 do 16,23 tys. osobn.· m^{-2}. W sadzonkach ściółkowanych najliczniejszymi roztoczami były zaliczane do saprofagów mechowce, a w wariantach nieściółkowanych dominowały *Actinedida*. W kontenerach nieściółkowanych występowały 2 lub 3 gatunki mechowców, a po przeprowadzeniu tego zabiegu liczba ta wzrosła do 10-14. Najliczniejszym mechowcem w zbadanym materiale była *Oppiella nova*. Ważnym składnikiem zgrupowań *Oribatida* był też *Tectocepheus velatus*, który wykazał tendencję wzrostu liczebności.

PODZIĘKOWANIA

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

BIBLIOGRAFIA

Agerer R. (1987-1997). *Colour Atlas of Ectomycorrhizae*. Einhorn Verlag, Schwäbisch-Gmünd.

Aleksandrowicz-Trzcińska M. (2004). *Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) w uprawie założonej z sadzonek w różnym stopniu zmikoryzowanych*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 3, s. 5-15.

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

Grzywacz A. (2009). *Nowe możliwości i potrzeby w zakresie kontrolowanej mikoryzacji drzew i krzewów*. Sylwan 1, s. 8-15.

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.

Hilszczańska D. (2000). *Wpływ podłoży szkółkarskich na rozwój mikoryz sosny Pius sylvestris L*. Sylwan 144(4), s. 93-97.

Hilszczańska D. (2003).*Wpływ deszczowania na kolonizację mikoryzową i zawartość ergosterolu w korzeniach siewek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*. Prace Inst. Bad. Leśn. A, 4, s. 55-64.

Klimek A., Chachaj B., Kosakowski L. (2011a). *Influence of sewage sludge composts with straw or ash on oribatid mites (Acari, Oribatida) from pine forest litter in laboratory conditions*. Biological Lett. 48(1), s. 19-27.

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, s. 249-262.

Klimek A., Rolbiecki S., Długosz J., Stypczyńska Z. (2009). *Roślinność, wybrane właściwości gleby i roztocze (Acari) we wstępnej fazie sukcesji leśnej na rekultywowanym terenie popoligonowym Bydgoszcz-Jachcice*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5, Kraków, s. 167-181.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Hilszczańska D. (2011b). *Wpływ nawożenia organicznego i ściółkowania na wzrost modrzewia europejskiego (Larix decidua L.) oraz aktywność biologiczną gleb*. Leśne Prace Badawcze 72(3), s. 233-239.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Hilszczańska D., Malczyk P. (2008). *Impact of chosen bare root nursery practices in Scots pine seedling quality and soil mites (Acari)*. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 17, No. 2, s. 247-255.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Hilszczańska D., Malczyk P. (2012). T*he effect of nursery measures on mycorrhizal colonisation of Scots pine and occurrence of soil mites*. Scientific Research and Essays Vol. 7(27), s. 2380-2389.

Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Malczyk P. (2009). *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, s. 1013-1020.

Kubiak J. (2007). *Wpływ różnych szczepionek mikoryzowych na wzrost sosny i liczbę pączków*. Inżynieria Rolnicza 3(91), s. 123-128.

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

Parlade J., Alvarez I. F., Pera J. (1996a). *Ability of native ectomycorrhizal fungi from northern Spain to colonize Douglas-fir and other introduced conifers*. Mycorrhiza 6, s. 51-55.

Parlade J., Alvarez I. F., Pera J. (1996b). *Inoculation of containerized Pseudotsuga menziesii and Pinus pinaster seedlings with spores of five species of ectomycorrhizal fungi*. Mycorrhiza 6, s. 237-245.

Pietras Z., Śliwa S. (2007). *Warunki hodowli i rozwoju sadzonek poddanych zabiegowi sterowanej mikoryzacji grzybem Hebeloma crustuliniforme w szkółce kontenerowej*. W: Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym (red. S. Kowalski). CILP, Warszawa, s. 104-127.

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.

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.

Rolbiecki S., Stypczyńska Z., Klimek A., Długosz J., Rolbiecki R. (2006). *Roślinność i niektóre właściwości odłogowanej gleby piaszczystej uprzednio użytkowanej rolniczo w warunkach deszczowania.* Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/1, s. 183-194.

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

Siepel H. (1994). *Life – history tactics of soil microarthropods*. Biol. Fertil. Soils 18, s. 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, s. 105-111.

Szabla K. (2007). *Określenie cyklu hodowlanego wybranych gatunków drzew i wybór pojemnika*. W: Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym (red. S. Kowalski). CILP, Warszawa, s. 92-101.

Szabla K., Pabian (2003). R. *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.

Werner M.R., Dindal D.L. (1990). *Effects of conversion to organic practices agricultural on soil biota*. Am. J. Altern. Agric. 5, s. 24-32.

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

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP
Dr inż. Roman Rolbiecki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
Tel. 0523749581, E-mail: rolbs@utp.edu.pl