

Andrzej Klimek, Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Jacek Długosz

**WYKORZYSTANIE KOMPOSTOWANEGO
OSADU ŚCIEKOWEGO I EKTOPRÓCHNICZY LEŚNEJ
DO WZBOGACANIA GLEB W ROCZNYM CYKLU
PRODUKCJI SADZONEK SOSNY ZWYCZAJNEJ**

***THE USE OF COMPOSTED SEWAGE SLUDGE
AND FOREST ECTOHUMUS FOR ENRICHMENT
OF SOILS IN THE ONE-YEAR PRODUCTION CYCLE
OF SCOTS PINE SEEDLINGS***

Streszczenie

Badano wpływ nawożenia kompostem przygotowanym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej i ściółkowania świeżą ektopróchnicą leśną na warunki glebowe, wybrane parametry wzrostu jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej oraz występowanie roztoczy (*Acari*) glebowych, szczególnie mechowców (*Oribatida*). Badania przeprowadzono w roku 2008 w szkółce leśnej Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz) na glebie rdzawej właściwej. Cała powierzchnia doświadczenia była nawadniana za pomocą deszczowni stałej.

Analiza odczynu gleby w poszczególnych wariantach doświadczenia wykazała, że zastosowanie nawożenia organicznego i ściółkowanie spowodowało spadek pH. Zawartość fosforu przyswajalnego mieściła się w zakresie 5,51-7,64 mg P₂O₅ 100g⁻¹ gleby, przy czym wyższe wartości stwierdzono na poletkach nawożonych kompostem i ściółkowanych. Podobną zależność stwierdzono w zawartości potasu przyswajalnego. Sadzonki sosny na poletkach nawożonych kompostem były istotnie wyższe od rosnących na poletkach z nawożeniem mineralnym. Nawożenie organiczne zwiększyło również istotnie świeżą masę części nadziemnych sadzonek, średnio o 79%. Przeprowadzone we wrześniu ściółkowanie nie oddziaływało istotnie na żaden z trzech rozpatrywanych parametrów wzrostu rocznych sadzonek. W badanych glebach w okresie wiosny odnotowano niską i wyrównaną w poszczególnych wariantach liczebność roztoczy – 1,08-1,99 tys. osobn. · m⁻². Jesienią na stanowiskach nieściółkowanych zagęszczenie tych stawonogów nieznacznie spadło, a na ściółkowanych wzrosło dziesięciokrotnie.

W obydwu terminach badań w zgrupowaniach roztoczy przeważnie dominowały *Actinedida*, które stanowiły od 30 do 93% wszystkich roztoczy. Po przeprowadzeniu ściółkowania na odpowiednich poletkach bardzo wyraźnie wzrosło zagęszczenie i różnorodność gatunkowa saprofagicznych mechowców, wśród których dominował kosmopolityczny i eurytopowy *Tectocephus velatus*.

Słowa kluczowe: szkółka leśna, sosna zwyczajna, próchnica nadkładowa, reintrodukcja fauny glebowej, *Acari*, *Oribatida*

Summary

The impact of fertilization with the compost prepared from treated sewage sludge with Scots pine bark additive and mulching with the fresh forest ectohumus on the soil conditions, chosen parameters of one-year old Scots pine seedlings growth as well as the occurrence of soil mites (Acari) with special emphasis of oribatid mites (Oribatida) was investigated in the paper. The trials were carried out in 2008 at forest nursery Białe Błota (Forest District Bydgoszcz) on the rusty soil. The whole area of the experiment was irrigated with the use of stationary sprinkling machine.

*Analysis of the soil pH in particular variants of the experiment indicated that the use of organic fertilization and mulching decreased pH value. Content of available phosphorus ranged from 5,51 to 7,64 mg P₂O₅ 100g⁻¹ of soil, and the higher values were noted on plots fertilized with the compost and mulched. Similar dependence was noted in case of the available potassium content. Scots pine seedlings on plots fertilized with the compost were significantly higher than those grown on plots with mineral fertilization. Organic fertilization increased also significantly the fresh mass of the above-ground parts seedlings – on average, by 79%. Impact of mulching – carried out in September – was insignificant on all the studied parameters of one-year old Scots pine seedlings growth. Investigated soils during the spring period were characterized by the low and uniform density of mites in case of particular variants – 1,08-1,99 individuals per m². In autumn on the non-mulched plots the density of those arthropods was slightly decreased, and in case of mulched plots – this density was ten times higher. In the two dates of the study *Actinedida* were predominant, and their percentage ranged from 30 to 93% of all the mites. After the measure of mulching on the adequate plots, the density and the species diversity of saprophage oribatid mites distinctly increased and among them – the eurybiont and cosmopolitan *Tectocephus velatus* was the predominant species.*

Key words: forest nursery, Scots pine, ectohumus, reintroduction of soil fauna, *Acari*, *Oribatida*

WPROWADZENIE

W większości otwartych szkółek leśnych występuje konieczność częstego dostarczania do gleb materii organicznej, która jest warunkiem decydującym o dobrej produkcji szkółkarskiej [Szołtyk i Hilszczańska 2003]. Najbardziej rozpowszechnionym źródłem wzbogacania gleb szkółek w próchnicę są kompo-

sty, rzadziej stosuje się surowy torf, korę, trociny. Jak wykazały już wcześniejsze badania, możliwe jest wykorzystanie do tego celu higienizowanych, kompostowanych osadów ściekowych [Klimek i in. 2008, Rolbiecki S. i in. 2009b]. Proces kompostowania osadu wymaga zmieszania go ze środkiem strukturotwórczym, który dostarczy dodatkowej masy organicznej i zapewni optymalny stosunek C:N równy ok. 30:1 [Siuta i Wasiak 2001]. W praktyce używa się różnych dodatków do kompostów, np. słomę, trociny, korę, zieloną masę roślinną.

Urbański [1998] napisał, iż zasadniczym typem współzycia mikoryzowego drzew leśnych są mikoryzy zewnętrzne, a warunkiem rozwoju tego współzycia jest niezakłócona biocenoza leśna. Największe ilości korzeni mikoryzowych znajdują się w warstwach powierzchniowych gleby szkółki, bogatych w próchnicę i tlen. Zaszczepienie gleby mikroorganizmami można uzyskać przez rozsypanie gleby pobranej z drzewostanu i przemieszanie jej z glebą w szkółce. Zabieg ten najczęściej jest określany mianem ściółkowania. W praktyce szkółkarskiej można zastosować ściółkę leśną na dwa sposoby: jako warstwę rozłożoną na powierzchni podłoża, albo przez równomierne zmieszanie określonej objętości ściółki z powierzchniową warstwą gleby [Leski i in. 2009].

Celem niniejszych badań było określenie wpływu nawożenia kompostem przygotowanym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej i ściółkowania świeżą ektopróchnicą leśną na warunki glebowe, wybrane parametry wzrostu jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej oraz na występowanie roztoczy (*Acari*) glebowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (*Oribatida*).

Do szkółki, wraz z glebą leśną, reintrodukowano edafon z różnych grup systematycznych. Ogromne bogactwo leśnych mikroorganizmów oraz fauny glebowej, skomplikowane i różne metody pozyskania materiału, trudność w oznaczaniu, uniemożliwiają całościową ocenę zoocenozy. Zoocenozy glebowe bada się więc wycinkowo, a uzyskany na podstawie jednego zgrupowania lub zespołu faunistycznego wynik, odnosi się – oczywiście w rozsądnych granicach – do całego układu ekologicznego. Taka wskaźnikowa (bioindykacyjna) metoda była wykorzystywana w przypadku badania wielu oddziaływań antropogenicznych na środowisko, a roztocze, szczególnie saprofagiczne mechowce, okazały się dobrymi bioindykatorami skażenia gleb [Klimek 2000] i biologicznych właściwości próchnic leśnych [Seniczak 1979].

MATERIAŁ I METODY

Opis doświadczenia. Badania przeprowadzono w roku 2008 w szkółce leśnej Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz) na glebie rdzawej właściwej w rocznej uprawie szkółkarskiej sosny zwyczajnej (fot. 1).



Fotografia 1. Układ doświadczenia w szkółce Białe Błota w lipcu 2008 r.
Photo 1. Pattern of experiment in forest nursery Białe Błota in July of 2008

Doświadczenie założono w dwuczynnikowym układzie zależnym, w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem było nawożenie zastosowane w dwóch wariantach: M – nawożenie mineralne – zgodnie z zaleceniami dla szkółek leśnych, O – higienizowane osady ściekowe (60%) + kora sosnowa (40%). Drugim czynnikiem było ściółkowanie stosowane również w dwóch wariantach: C – bez ściółkowania (kontrola), S – ściółkowanie świeżą leśną próchnicą nadkładową.

Siew nasion sosny – w systemie pasowo-4-rzędowym – wykonano 22 kwietnia 2008 r. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 2 m². Łączna liczba poletek w doświadczeniu wynosiła 16 (2 badane czynniki x 2 warianty w każdym z czynników x 4 replikacje).

Nawóz organiczny (kompost) wyprodukowano na bazie higienizowanych osadów ściekowych (60%) i kory sosnowej (40%). Nawóz ten charakteryzował się pH 7,82 i 56% zawartością s.m. oraz 49% zawartością substancji organicznej. Zastosowano go w dawce 100 t·ha⁻¹ wiosną i wymieszano z wierzchnią warstwą gleby do głębokości 10 cm przed wysiewem nasion sosny. Ściółkowanie przy użyciu świeżej ektopróchnicy pozyskanej w dniu jej aplikacji z siedliska boru świeżego przeprowadzono 15 września. Zastosowano dawkę 100 m³·ha⁻¹. Materiał ten zawierał liczny żywy edafon.

Nawadnianie przeprowadzano wykorzystując deszczownię okresowo stałą. Terminy nawodnień i wielkość dawek ustalano zgodnie z zaleceniami opracowanymi dla szkółek leśnych na powierzchniach otwartych [Pierzgalski i in. 2002].

Warunki klimatyczne w sezonie wegetacyjnym i przebieg nawadniania. Wielkości temperatur powietrza ($^{\circ}\text{C}$) podano według pomiarów w Stacji Badawczej WR UTP w Mochełku prowadzonych przez Zakład Agrometeorologii WR UTP. Opady atmosferyczne (mm) uzyskano z pomiarów prowadzonych w Kruszynie Krajeńskim przez Zakład Melioracji i Hydrologii WR UTP. W sezonie wegetacyjnym 2008 średnia temperatura powietrza wyniosła $14,6^{\circ}\text{C}$ (więcej o $0,3^{\circ}\text{C}$ od normy wieloletniej) (tab. 1). Wyższe od normy temperatury wystąpiły w maju, czerwcu i lipcu. Temperatura sierpnia kształtowała się na poziomie normy ($17,8^{\circ}\text{C}$), natomiast pozostałe dwa miesiące okresu wegetacji (kwiecień i wrzesień) cechowały się temperaturami niższymi od normy.

Suma opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym 2008 roku wyniosła 214,8 mm i była niższa o 68,4 mm (tj. o 24%) od średniej wieloletniej. Kwiecień, maj, czerwiec, lipiec i wrzesień charakteryzowały się opadami niższymi od wartości normalnych. Szczególnie ubogi w opady był maj, w którym zanotowano zaledwie 3,2 mm opadu (7,8% normy). W okresie wegetacji wystąpiło aż pięć dekad bezopadowych (3/IV, 1/V, 3/V, 1/VI, 3/VII). Najobfitszym w opady okazał się sierpień, w którym suma opadów wyniosła 81,5 mm i była wyższa o 59% od normy.

Tabela 1. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w okolicy Bydgoszczy w okresie wegetacji 2008 r.

Table 1. Air temperature and rainfall in the vicinity of Bydgoszcz during the vegetation period 2008

Wyszczególnienie	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura powietrza w $^{\circ}\text{C}$							
1 dekada	5,7	12,6	19,1	19,1	19,1	16,8	x
2 dekada	6,7	13,0	15,6	18,2	18,3	9,7	x
3 dekada	10,4	14,0	18,0	20,3	16,2	10,7	x
Średnio1-3 (2008)	7,6	13,2	17,6	19,2	17,8	12,4	14,6
Średnia wieloletnia*	7,7	13,1	16,2	18,2	17,8	13,0	14,3
Opady atmosferyczne							
1 dekada	12,4	0	0	8,9	11,8	5,4	x
2 dekada	12,8	3,2	5,3	37,7	35,8	1,7	x
3 dekada	0	0	27,0	0	33,9	18,9	x
Suma1-3 (2008)	25,2	3,2	32,3	46,6	81,5	26,0	214,8
Średnia wieloletnia**	26,6	40,7	54,8	65,4	51,4	44,3	283,2

Objaśnienia: * – 1996-2007; ** – 1987-2007

Nawadnianie rozpoczęto 22 kwietnia, a zakończono 21 września. W pierwszym etapie nawodnień – od wysiewu nasion do 14 czerwca – zwilżano glebę do głębokości 10 cm podając łącznie 112 mm. W drugim etapie – od 15 czerwca do 21 września – zwilżano glebę do głębokości 20 cm rozdeszczowując 169 mm. Sezonowa dawka (norma) nawodnieniowa wyniosła 281 mm.

Badania glebowe. Próbkę gleby, pobrane z każdego wariantu doświadczenia, po wysuszeniu do stanu powietrznie suchego przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. We frakcjach poniżej 2 mm wykonano następujące analizy: zawartości C-org i N-ogólnego – autoanalizatorem CN, kwasowości czynnej (pH w H₂O), kwasowości wymiennej w 1 M KCl, kwasowości hydrolitycznej – metodą Kappena w 1M octanie sodu, zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma.

Wzrost roślin. Wzrost jednorocznych sadzonek sosny określono 23 października 2008 r. Mierzono ich wysokość (cm), średnicę w szyi korzeniowej (mm) oraz oznaczano świeżą masę części nadziemnych (g).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując test Fishera-Snedecora w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia oraz test Tukeya dla porównania otrzymanych różnic.

Badania akarologiczne. Próbkę gleby do badań akarologicznych pobierano w 2008 r. dwukrotnie – wiosną w czerwcu oraz jesienią w końcu października. Z każdego wariantu doświadczenia w dwóch kolejnych terminach pobrano po 10 próbek gleby, co dało ogółem 80 próbek. Wycinki gleby pobierano z 17 cm² i do 3 cm głębokości. Roztocze wyplaszano 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 564 roztoczy, w tym 236 mechowców. Średnie zagęszczenie (*N*) roztoczy podano w przeliczeniu na 1 m² gleby, a różnorodność gatunkową mechowców wyrażono za pomocą liczby gatunków (*S*), średniej liczby gatunków w próbce (*s*) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona. Przed analizą statystyczną dane liczbowe poddano logarytmowaniu – ln(*x*+1) [Berthet i Gerard 1965]. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica stosując test Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki glebowe. Analiza odczynu pobranych próbek wykazała występowanie odczynu obojętnego (pH w 1M KCl 6,63-6,93). Podobne wyniki uzyskano w badaniach prowadzonych w tej szkółce w latach 2003-2005 [Klimek i in. 2009]. Uzyskane wyniki znacząco odbiegają od wyników uzyskiwanych w badaniach gleb innych szkółek leśnych. Na ogół poziomy powierzchniowe tych gleb charakteryzują się kwaśnym odczynem [Leski i in. 2009]. Analiza

odczynu w poszczególnych wariantach doświadczenia wykazała, że jedynie zastosowanie nawożenia organicznego i ściółkowania spowodowało widoczny spadek pH, zarówno oznaczanego w wodzie jak i w chlorku potasu (7,08 i 6,63). Również zbliżone do uzyskanych przez Klimka i in. [2009] były oznaczone zawartości C-org i N-ogółem. Analiza zawartości fosforu przyswajalnego mieściła się w zakresie 5,51-7,64 mg P₂O₅ 100g⁻¹ gleby, przy czym wyższe zawartości stwierdzono na poletkach nawożonych kompostem i ściółkowanych. Podobną zależność stwierdzono w zawartości potasu przyswajalnego, którego ilości mieściły się w zakresie 12,2-13,4 mg K₂O 100 g⁻¹ gleby.

Tabela 2. Parametry wzrostu siewek (średnio dla w roku 2008)

Table 2. Parameters of seedling growth (on average for 2008)

Nawożenie	Ściółkowanie		Średnio
	bez ściółkowania	Ściółkowanie	
Wysokość siewki (cm)			
Mineralne	8,85	9,69	9,27 ^a
Organiczne	11,42	11,92	11,67 ^b
Średnio	10,14 ^a	10,81 ^a	10,47
Średnica (mm)			
M	3,75	3,96	3,85 ^a
O	4,20	4,77	4,89 ^a
Średnio	3,97 ^a	4,37 ^a	4,17
Świeża masa części nadziemnych (g)			
M	1,82	1,92	1,89 ^a
O	3,15	3,62	3,39 ^b
Średnio	2,49 ^a	2,79 ^a	2,64

Objaśnienia: ^{a,b} te same litery oznaczają brak istotnych różnic (p<0,05)

Charakterystyka wzrostu sadzonek. Średnia dla wszystkich wariantów doświadczenia wysokość jednolatek sosny wyniosła 10,47 cm (tab. 2). Dla porównania, wyższe wysokości rocznych sadzonek sosny (w zakresie 12,0-12,2 cm) stwierdzono w doświadczeniu wcześniejszym, przeprowadzonym w latach 2003-2004 w tej samej szkółce leśnej [Rolbiecki R. i in. 2005a,b], natomiast niższe (9,1-10,5) zanotowano w badaniach na gruncie porolnym w Kruszynie Krajeńskim k. Bydgoszczy [Rolbiecki R. i in. 2005c], a najniższe (7,6-9,5 cm) – także na gruncie porolnym – w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego [Rolbiecki i in. 2007b].

Sadzonki sosny na poletkach z nawożeniem organicznym były w niniejszym doświadczeniu istotnie wyższe od rosnących na poletkach z nawożeniem mineralnym (tab. 2). Różnica ta na koniec okresu wegetacji wyniosła 2,4 cm (26%). Nawożenie organiczne zwiększyło również istotnie świeżą masę części nadziemnych sadzonek, średnio o 1,5 g (79%). Dla porównania, w doświadcze-

niu przeprowadzonym w roku 2005 w na gruncie porolnym w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego, świeża masa części nadziemnych jednorocznej sadzonki sosny mieściła się w zakresie od 0,70 do 2,20 g, zależnie od badanych czynników [Rolbiecki 2007a].

Nawożenie organiczne nie wpływało w niniejszych badaniach w sposób udowodniony statystycznie na kształtowanie się średnicy sadzonki w szyjce korzeniowej, która – średnio dla czterech wariantów – wynosiła 4,17 mm. W badaniach wcześniejszych – na poletkach nawożonych nawozem mineralnym (standard stosowany w szkółkach leśnych) – wartość tej cechy wzrostu była niższa i wahała się w zakresie 2,8-3,1 mm, zależnie od roku badań i nawadniania, podczas gdy przy tradycyjnym deszczowaniu w szkółce i nawożeniu mineralnym wynosiła 2,84-3,0 mm [Rolbiecki 2005b], a na gruncie porolnym – zależnie od systemu nawadniania, nawożenia i roku badań – od 1,0 do 1,9 mm [Rolbiecki 2005c]. W doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2003-2004 w innym regionie przyrodniczo-leśnym – w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego [Rolbiecki R. i in. 2007b], średnica jednorocznych sadzonek sosny była większa i mieściła się – zależnie od układu testowanych czynników – w zakresie 2,7-3,4 mm, przy czym największe wartości tej cechy zanotowano w warunkach nawadniania minizraszaczami i nawożenia organicznego (skład: 80% higienizowanych osadów ściekowych + 20% torfu wysokiego).

Drugi z testowanych czynników – ściółkowanie – nie oddziaływało istotnie na żaden z trzech rozpatrywanych parametrów wzrostu sadzonek, chociaż warto zauważyć, że zaznaczyła się tendencja do wyższych wartości mierzonych wskaźników wzrostu na poletkach ściółkowanych. Brak wpływu ściółkowania na wzrost roślin wynikał przede wszystkim z terminu zastosowania tego zabiegu. Ściółkowanie wykonano bowiem dopiero na przełomie lata i jesieni – we wrześniu 2008 r. W poprzednich doświadczeniach przeprowadzonych w szkółce leśnej Białe Błota zabieg ten stosowano przed siewem nasion – w kwietniu [Rolbiecki i in. 2005a,b] lub po wschodach siewek – w czerwcu [Rolbiecki i in. 2007a]. Ściółka w tym pierwszym przypadku utrudniała siewy i była narażona – pomimo częściowego jej zmieszania z wierzchnią warstwą gleby – na szybsze przesychnanie i przemieszczanie przez wiatr, i to pomimo stosowania częstego deszczowania niewielkimi (wynikającymi z wytycznych nawadniania) dawkami wody. Stosowanie ściółkowania w późniejszym czasie było podyktowane troską o stworzenie jak najlepszych warunków do rozprzestrzeniania się edafonu występującego licznie w wilgotnej glebie leśnej. Rosnące w rzędach sadzonki sosny tworzyły naturalną osłonę dla świeżej materii organicznej, zapobiegając jej niepożądanemu przemieszczaniu przez wiatr oraz – poprzez częściowe zacienienie międzyrzędzi – spowalniając przesychnanie ściółki. Późne (wrześniowe) zastosowanie ściółkowania nie mogło wywierać znaczącego (istotnego) wpływu na wzrost sadzonek przebiegający przecież ze zmienną dynamiką w całym okresie wegetacji. Podobny wynik – brak istotnego oddziaływania ze strony jesiennego

ściółkowania na rozpatrywane parametry wzrostu jednolatek sosny – otrzymano w doświadczeniu przeprowadzonym w szkółce leśnej Bielawy (Nadleśnictwo Dobrzejewice) [Rolbiecki i in. 2009a]. W badaniach Leskiego i in. [2009], przeprowadzonych w otwartej szkółce leśnej Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wileńskiego, zarówno ściółka sosnowa, jak i dębowa istotnie oddziaływały na analizowane parametry wzrostu sadzonek sosny – wysokość, masę igieł i masę sadzonek. Na wysokość sadzonek pozytywnie oddziaływała tylko ściółka sosnowa, zaś sucha masa sadzonek wzrosła o 36% po zastosowaniu ściółki sosnowej oraz o 32% w wariacie ze ściółką dębową. Autorzy tego doświadczenia wzrost suchej masy sadzonek w wariantach ze ściółką leśną tłumaczyli lepszym rozwojem części nadziemnej, a nie systemu korzeniowego. Z literatury zagranicznej wiadomo, że ściółkowanie może stwarzać bardziej lub mniej korzystne warunki wzrostu dla sadzonek różnych gatunków [Sayer 2006]. Niekorzystny wpływ ściółkowania na rozwój sadzonek stwierdzono np. w badaniach terenowych i szklarniowych, gdzie na początku doświadczenia zastosowano warstwę ściółki o miąższości 20 cm [Ibanez i Schupp 2002].

Nie stwierdzono istotnego współdziałania (interakcji) badanych czynników w kształtowaniu poszczególnych cech wzrostu sadzonek, jednak najwyższe wartości oznaczanych parametrów cechowały sadzonki w wariacie OS (kompost + ściółkowanie). Ich wysokość wyniosła 11,92 cm, a średnica 4,77 mm. Jednoroczne sadzonki sosny badane we wcześniejszych (2005-2006) doświadczeniach w szkółce Białe Błota, cechowały się – średnio dla 2 sezonów, 4 wariantów i 4 replikacji – wysokością w zakresie zmienności od 10,35 cm do 11,87 cm, zaś średnicą w szyjce korzeniowej od 2,93 mm do 3,30 mm [Rolbiecki i in. 2009b].

Występowanie roztoczy glebowych. W badanych glebach w okresie wiosny odnotowano niską i wyrównaną liczebność roztoczy – 1,08-1,99 tys. osobn. · m⁻² (tab. 3). Jesienią na stanowiskach nieściółkowanych zagęszczenie tych stanowogów nieznacznie spadło (różnice pomiędzy średnimi nie były jednak istotne statystycznie). Natomiast na powierzchniach MS i OS, dzięki przeprowadzeniu zabiegu ściółkowania, zagęszczenie to wzrosło dziesięciokrotnie. W obydwu terminach badań w zgrupowaniach roztoczy przeważnie dominowały *Actinedida*, które stanowiły od 30 do 93% wszystkich roztoczy. Jedynie jesienią w wariacie MS zostały zdominowane przez saprofagiczne *Oribatida*. Mniej licznie od wymienionych rzędów roztoczy występowały: *Acaridida*, *Mesostigmata* i *Tarsonemida*.

Jak już wspomniano, dobrymi indykatorami biologicznej aktywności gleb są mechowce, które żywią się głównie resztkami roślinnymi i grzybami. Ich liczne występowanie w środowisku glebowym może pozytywnie rzutować na różnorodność i liczebność mikroorganizmów glebowych, w tym gatunków grzybów zaliczanych do ektomikoryzowych [Lavelle 1997; Schneider i in. 2004, 2005; Walter i Proctor 1999].

Tabela 3. Zagęszczenie roztoczy (N w tys. osobn. \cdot m⁻²) oraz liczba gatunków (S), średnia liczba gatunków (s) i wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H) dla zgrupowań mechowców w badanych wariantach doświadczenia wiosną (w) i jesienią (j)
Table 3. Abundance (N in 1000 individuals \cdot m⁻²) of mites, number of Oribatida species (S), average number of species (s) and Shannon (H) in studied variants of Scots pine cultivation in spring (w) and in autumn (j)

Wskaźnik – takson roztoczy	Wariant doświadczenia							
	MC		MS		OC		OS	
	W	j	w	j	W	j	w	j
<i>N – Carabodes forsslundi</i> Sellnick	-	-	-	0,06 ^a	-	-	-	0,06 ^a
<i>Carabodes subarcticus</i> Trägårdh	-	-	-	0,12 ^a	-	-	-	0,06 ^a
<i>Eremaeus oblongus</i> C.L. Koch	-	-	-	0,60	-	-	-	1,51 ^b
<i>Hemileius initialis</i> (Berlese)	-	-	-	0,06	-	-	-	-
<i>Liochthonius</i> spp.	-	-	-	0,12 ^a	-	-	-	0,12 ^a
<i>Metabelba pulverulenta</i> C.L. Koch	-	-	-	0,06 ^a	-	-	-	0,06 ^a
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans)	-	-	-	1,51 ^a	0,06 ^b	-	-	0,60 ^b
<i>Oribatula tibialis</i> (Nicolet)	-	-	-	0,24 ^a	-	-	-	0,30 ^a
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese)	-	-	-	0,12 ^a	-	-	-	0,12 ^a
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Íñigo)	-	-	-	-	0,06	-	-	-
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Grandjean)	-	-	-	0,24	-	-	-	-
<i>Scutovertex sculptus</i> Michael	-	-	-	0,06 ^a	-	-	-	0,30 ^a
<i>Suctobelba</i> spp.	-	-	-	0,36 ^a	-	-	-	0,24 ^a
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael)	0,06 ^a	0,06 ^a	-	3,61 ^b	-	-	0,18 ^a	2,95 ^b
<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese)	-	-	-	0,12	-	-	-	-
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	0,06 ^a	-	-	-	0,06 ^a
<i>Tropacarus carinatus</i> (C.L. Koch)	-	-	-	-	-	-	-	0,06
<i>N – Oribatida</i> (razem)	0,06 ^a	0,06 ^a	-	7,34	0,12 ^a	-	0,18 ^a	6,44
<i>S – Oribatida</i>	1	-	-	15	2	-	1	13
<i>s – Oribatida</i>	0,10 ^a	-	-	3,90 ^b	0,20 ^a	-	0,10 ^a	3,10 ^b
<i>H – Oribatida</i>	-	-	-	1,72	0,69	-	-	1,70
<i>N – Acaridida</i>	-	-	-	-	0,12 ^a	0,06 ^a	-	0,24 ^a
<i>Actinedida</i>	1,38 ^{ac}	0,84 ^a	0,48 ^a	3,31 ^{bc}	1,14 ^{ac}	1,08 ^a	0,90 ^a	7,71 ^{bc}
<i>Mesostigmata</i>	0,06 ^a	-	0,36 ^a	0,12 ^a	0,42 ^a	0,06 ^a	0,30 ^a	0,36 ^a
<i>Tarsonemida</i>	-	-	0,24 ^a	0,12 ^a	0,18 ^a	0,12 ^a	0,06 ^a	0,06 ^a
<i>N – Acari</i> (razem)	1,51 ^a	0,90 ^a	1,08 ^a	10,90 ^b	1,99 ^a	1,32 ^a	1,44 ^a	14,81 ^b

Objaśnienia jak w tab. 2

W niniejszym doświadczeniu zagęszczenie tych roztoczy po przeprowadzeniu ściółkowania bardzo wyraźnie wzrosło – jesienią na stanowiskach MS i OS stwierdzono ok. 7 tys. osobn.· m². Na wiosnę, w zależności od wariantu doświadczenia, mechowce nie występowały bądź stwierdzono 1 lub 2 gatunki. Jesienią natomiast na stanowiskach ściółkowanych liczba gatunków tych roztoczy wzrosła do 13-15. Na tych stanowiskach dominował kosmopolityczny i eurytopowy *Tectocepheus velatus*, który ma zdolność szybkiej kolonizacji nowych terenów, a jest związany z różnymi typami lasów i licznie występuje w borach sosnowych [Klimek 2000; Maraun i Scheu 2000; Weigmann 2006].

WNIOSKI

1. Zastosowane w szkółce leśnej nawożenie kompostem przygotowanym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej i ściółkowanie świeżą ektopróchnicą leśną spowodowało zwiększenie kwasowości gleb oraz zawartości fosforu i potasu przyswajalnego.

2. Nawożenie organiczne wpłynęło istotnie na wysokość oraz świeżą masę części nadziemnych rocznych sadzonek sosny zwyczajnej.

3. Przeprowadzone we wrześniu ściółkowanie rzutowało na dziesięciokrotny wzrost liczebności roztoczy (*Acari*), szczególnie saprofagicznych mechowców (*Oribatida*), wśród których dominował *Tectocepheus velatus*.

Autorzy dziękują pracownikom Nadleśnictwa Bydgoszcz za umożliwienie przeprowadzenia badań i cenną pomoc w trakcie realizacji doświadczenia oraz Firmie „Agromis” – Rafał Piasecki z Łochowa k/Bydgoszczy za przygotowanie kompostu.

BIBLIOGRAFIA

- Berthet P., Gerard G. *A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari) I. The distribution pattern.* Oikos 16, 1965, s. 214-227.
- Ibanez I., Schupp E.W. *Effects of litter, soil surface condition and microhabitat on Cercocarpus ledifolius Nutt. seedling emergence and establishment.* Journal of Arid Environment 52, 2002, s. 209-221.
- Klimek A. *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, 2000, 93 ss.
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Hilszczańska D., Malczyk P. *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, 2008, s. 247-255.
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Malczyk P. *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, 2009, s. 1013-1020.

- Lavelle P. *Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function*. Adv. Ecol. Res. 27, 1997, s. 93-132.
- Leski T., Rudawska M., Aučina A., Skridaila A., Riepšas E., Pietras M. *Wpływ ściółki sosnowej i dębowej na wzrost sadzonek sosny i zbiorowiska grzybów mikoryzowych w warunkach szkółki leśnej*. Sylwan, 153 (10), 2009, s. 675-683.
- Maraun M., Scheu S. *The structure of oribatid mite communities (Acari, Oribatida): patterns, mechanisms and implications for future research*. Ecography 23, 2000, s. 374-383.
- Pierzgański E., Tyszcza J., Boczoń A., Wiśniewski S., Jeznach J., Żakowicz S. *Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2002, 1-63 ss.
- Rolbiecki R., Rolbiecki S., Klimek A., Hilszczańska D. *Wpływ mikronawodnień i nawożenia organicznego na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) z udziałem zabiegu zoomelioracji*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 506, 2005a, s. 335-343.
- Rolbiecki R., Rolbiecki S., Klimek A., Hilszczańska D. *Wstępne wyniki badań wpływu deszczowania i mikronawodnień na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach zoomelioracji*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLXV, Melioracje i Inżynieria Środowiska 26, 2005b, s. 371-377.
- Rolbiecki R., Rolbiecki S., Klimek A., Hilszczańska D. *Wpływ mikronawodnień i nawożenia organicznego na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) na gruncie porolnym obiektu Kruszyn Krajeński z udziałem zabiegu zoomelioracji (Badania wstępne)*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4, 2005c, s. 131-143.
- Rolbiecki R., Podsiadło C., Klimek A., Rolbiecki S. *Preliminary study on the influence of organic fertilization and mulching on the growth of one-year old Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings and occurrence of soil mites under micro-sprinkler irrigation in two different sylvan-natural regions of Poland*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, 2007a, s. 131-140.
- Rolbiecki R., Podsiadło C., Klimek A., Rolbiecki S. *Influence of microirrigation and organic fertilization on the growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings and the occurrence of soil mites in a post-arable land of two different sylvan-natural regions*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, 2007b, s. 187-195.
- Rolbiecki S., Klimek A., Rolbiecki R., Kuss M. *Wstępne badania nad wpływem wybranych zabiegów ulepszających na wzrost jednorocznych siewek sosny zwyczajnej oraz występowanie roztoczy (Acari) glebowych w szkółce leśnej w warunkach nawodnień*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5, 2009a, s. 155-166.
- Rolbiecki S., Klimek A., Rolbiecki R., Hilszczańska D. *Wpływ nawożenia organicznego i ściółkowania na wzrost jednorocznych siewek sosny zwyczajnej oraz właściwości biologiczne gleb w szkółce leśnej w warunkach mikrozaszania*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, PAN, Kraków, 2009b, s. 229-243.
- Sayer E.J. *Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems*. Biol. Rev., 81, 2006, s. 1-31.
- Schneider K., Renker C., Maraun M. *Oribatid mite (Acari, Oribatida) feeding on ectomycorrhizal fungi*. Mycorrhiza 16, 2005, s. 67-72.
- Schneider K., Renker C., Scheu S., Maraun M. *Feeding biology of oribatid mites: a minireview*. Phytophaga XIV, 2004, s. 247-256.
- Seniczak S. *Fauna mechowców (Acari, Oribatei) jako indykator biologicznych właściwości próchnic leśnych*. Pr. Kom. Nauk. PTG V/37, 1979, s. 157-166.
- Siuta J., Wasiak G. *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe*. Inżynieria Ekologiczna 3, 2001, s. 13-42.
- Szołtyk G., Hilszczańska D. *Rewitalizacja gleb w szkółkach leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, DGLP, Warszawa, 2003, 44 ss.

- Urbański K. *Ekologiczne czynniki produkcji sadzonek w szkółkach leśnych*. Biblioteczka leśniczego, zesz. 89, Wyd. Świat, Warszawa, 1998, 1-15 ss.
- Walter D.E., Proctor H.C. *Mites. Ecology, Evolution and Behaviour*. CABI Publishing. New York. USA, 1999, 322 ss.
- Weigmann G. *Hornmilben (Oribatida). Die Tierwelt Deutschlands*. Teil 76. Goecke & Evers, Keltern, 2006, 520 ss.

Dr hab. inż. Andrzej Klimek, prof. UTP
Zakład Kształtowania Krajobrazu, Katedra Zoologii 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
Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
tel. 0523749581,
e-mail: rolbs@utp.edu.pl

Dr inż. Roman Rolbiecki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
tel. 0523749552,
e-mail: rolbr@utp.edu.pl

Prof. dr hab. inż. Jacek Długosz,
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
tel. 0523749512,
e-mail: jacekd@utp.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*