

**BADANIA NAD WYKORZYSTANIEM
KOMPOSTOWANEGO OSADU ŚCIEKOWEGO
I EKTOPRÓCHNICZY DO WZBOGACANIA GLEB
W ROCZNYM CYKLU PRODUKCJI SADZONEK
LIPY DROBNOLISTNEJ (*TILIA CORDATA* MILL.)**

**STUDY ON THE USE OF COMPOSED SEWAGE SLUDGE
AND FOREST ECTOHUMUS FOR ENRICHMENT
OF SOILS IN THE ONE-YEAR PRODUCTION CYCLE
OF LITTLELEAF LINDEN (*TILIA CORDATA* MILL.)
SEEDLINGS**

Stanisław Rolbiecki, Andrzej Klimek, Roman Rolbiecki,
Jacek Długosz, Mariusz Musiał, Hanna Ryterska
Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. W pracy badano wpływ nawożenia kompostem, przygotowanym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej, i ściółkowania świeżą ekto-próchnicą leśną na warunki glebowe, wybrane parametry wzrostu jednorocznych sadzonek lipy drobnolistnej oraz występowanie roztoczy (*Acari*) glebowych. Badania przeprowadzono w 2008 r. w szkółce leśnej Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz) na glebie rdzawej właściwej. Cała powierzchnia doświadczenia była nawadniana za pomocą deszczowni stałej. Gleba cechowała się odczynem alkalicznym (pH w H₂O zakresie 7,2–7,4), niską zawartością przyswajalnego potasu i fosforu oraz zawartością C org. od 35,7 do 38,4 g · kg⁻¹. Stosunek C : N wyniósł 14,3–14,9. Sadzonki lipy drobnolistnej na poletkach nawożonych kompostem charakteryzowały się większą liczbą liści i ich powierzchnią oraz większą średnicą pędu i świeżą masą, były jednak niższe od rosnących na poletkach z nawożeniem mineralnym. Przeprowadzone we wrześniu ściółkowanie nie oddziaływało istotnie na żaden z rozpatry-

Adres do korespondencji – Corresponding Authors: dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, dr inż. Roman Rolbiecki, mgr inż. Mariusz Musiał, mgr inż. Hanna Ryterska, Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, dr hab. inż. Andrzej Klimek, Katedra Zoologii i Kształtowania Krajobrazu, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, ul. Koredeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, prof. dr hab. inż. Jacek Długosz, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, e-mail: rolbs@utp.edu.pl

wanych parametrów wzrostu rocznych sadzonek, natomiast wpłynęło istotnie na występowanie roztoczy glebowych. Po przeprowadzeniu tego zabiegu odnotowano na odpowiednich poletkach duży wzrost zagęszczenia i różnorodności gatunkowej tych stawonogów, a w ich zgrupowaniach wyraźnie dominowały saprofagiczne mechowce (*Oribatida*).

Abstract. The influence of fertilization with the compost prepared from treated sewage sludge with bark additive and mulching with the fresh forest ectohumus on the soil conditions, chosen parameters of one-year old littleleaf linden seedlings growth as well as the occurrence of soil mites (*Acari*) was investigated in the paper. The experiments 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. The soil was characterized by the alkaline reaction (pH in H₂O in the range 7,2–7,4), the low content of available potassium and available phosphorus as well as the content of C org. from 35,7 to 38,4 g · kg⁻¹. The C : N ratio ranged 14,3–14,9. Littleleaf linden seedlings on plots fertilized with the compost were characterized by the higher number of leaves and the higher leaf area as well as by the greater diameter of the stem and the higher fresh mass. But, the seedlings were lower than those grown on the plots fertilized with mineral fertilizer. Influence of mulching – conducted in September – was insignificant in case of all the studied parameters of one-year old littleleaf linden seedlings growth. The mulching significantly influenced on the occurrence of soil mites. The increase of the density and the species diversity of these arthropods were noted on mulched plots. Communities of these soil mites were characterized by the domination of oribatid mites (*Oribatida*).

Słowa kluczowe: szkółka leśna, lipa drobnolistna, próchnica nadkładowa, reintrodukcja fauny glebowej, Acari, Oribatida

Key words: forest nursery, littleleaf linden, ectohumus, reintroduction of soil fauna, Acari, Oribatida

WSTĘP

Lipa uważana jest za gatunek przydatny do zalesień gruntów porolnych – może być traktowana jako gatunek podstawowy lub cenna domieszka fitomelioracyjna, biocenotyczna i uszlachetniająca [Skolud 2006]. Za stosowaniem lipy do zalesiania słabych gruntów porolnych przemawia dodatkowo fakt, że gatunek ten nie ma zbyt dużych wymagań i jest przy tym dość odporny na suszę, wiatr i przymrozki.

Powodzenie zalesiania na gruntach słabych jest uwarunkowane wieloma czynnikami, m.in. zastosowaniem sadzonek odpowiedniej jakości. Aby zwiększyć udatność upraw leśnych na tych obszarach, konieczne staje się doskonalenie produkcji szkółkarskiej w celu uzyskania materiału rozmnożeniowego odpornego na panujące na gruntach porolnych warunki niesprzyjające. Istotne jest zapewnienie w szkółce właściwego uwilgotnienia podłoża, szczególnie od maja do sierpnia, w okresie dużej wrażliwości sadzonek drzew na niedobory wody. Przesądza to o tym, że stosowanie nawodnień jest zabiegiem warunkującym prawidłowy wzrost i rozwój roślin szkółkarskich [Sobczak 1999, Pierzgalski i in. 2002].

Do niezbędnych czynników, decydujących o wielkości i jakości produkcji szkółkarskiej zalicza się również systematyczne uzupełnianie zapasów materii organicznej w glebie

[Sobczak 1999]. Wobec zmniejszającej się produkcji nawozów naturalnych – obornika bądź kompostu – konieczne staje się poszukiwanie innych źródeł substancji organicznej. Jako nawozy organiczne przydatne w produkcji szkółkarskiej mogą być użyte komposty z osadów ściekowych z dodatkiem strukturalnym kory lub trocin [Boruszko i in. 2003]. W wielu wypadkach ograniczeniem zastosowania osadów w rolnictwie jest nadmierna zawartość metali ciężkich, dlatego alternatywą może być aplikacja tych osadów w uprawie roślin nieprzeznaczonych do produkcji żywności [Stańczyk 1999].

Znaczenie podjętych badań wynika z możliwości wykorzystania lipy drobnolistnej do wprowadzania zadrzewień na obszarach wiejskich i zalesiania gruntów porolnych. Produkcja sadzonek dobrej jakości jest niezbędna dla wysokiej udatności planowanych nasadzeń, co – w świetle wcześniejszych badań z innymi gatunkami drzew liściastych – wydaje się możliwe do osiągnięcia poprzez stosowanie nawożenia organicznego w postaci kompostów z osadów ściekowych oraz zabiegów ściółkowania świeżą ektopróchnicą leśną i nawadniania [Rolbiecki i in. 2005, 2011].

Celem podjętych badań było poznanie wpływu nawożenia kompostem sporządzonym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej oraz ściółkowania świeżą ektopróchnicą leśną na warunki glebowe, wybrane parametry wzrostu jednorocznych sadzonek lipy drobnolistnej i występowanie roztoczy (*Acari*) glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w 2008 r. w – należącej do Nadleśnictwa Bydgoszcz – szkółce leśnej Białe Błota, w rocznej uprawie szkółkarskiej lipy drobnolistnej. Pokrywą glebową stanowiła gleba rdzawa właściwa wytworzona z piasku aluwialnego. Poziom powierzchniowy miał uziarnienie piasku słabogliniastego drobnoziarnistego. Zawartość frakcji ilastej ($< 0,002$ mm) mieściła się w zakresie 6–7%. Gleba cechowała się odczynem alkalicznym (pH w H_2O w zakresie 7,2–7,4), niską zawartością przyswajalnego potasu i fosforu oraz zawartością C org. od 35,7 do 38,4 g · kg⁻¹. Stosunek C : N wynosił 14,3–14,9. Doświadczenie założono w dwuczynnikowym układzie zależnym, w czterech replikacjach. Pierwszym czynnikiem było nawożenie w dwóch wariantach: M – nawożenie mineralne, zgodnie z zaleceniami dla szkółek leśnych, O – nawożenie organiczne, higienizowane osady ściekowe (60%) + kora sosnowa (40%). Drugim czynnikiem było ściółkowanie stosowane także w dwóch wariantach: C – bez ściółkowania (kontrola), S – ściółkowanie świeżą leśną próchnicą nadkładową.

Siew nasion lipy – w systemie pasowo-4-rzędowym – wykonano 22 kwietnia 2008 r. Pełnię wschodów siewek zaobserwowano 26 maja. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 2 m². Łącznie doświadczenie obejmowało 16 poletek (2 czynniki × 2 warianty w każdym z czynników × 4 powtórzenia).

Nawóz organiczny (kompost) przygotowano na bazie higienizowanych osadów ściekowych (60%) i kory sosnowej (40%). Zastosowano go wiosną w dawce 100 t · ha⁻¹ i wymieszano z wierzchnią warstwą gleby (do głębokości 10 cm) przed wysiewem nasion lipy. Ściółkowanie przy użyciu świeżej ektopróchnicy, pozyskanej z siedliska boru świeżego w dniu jej aplikacji, przeprowadzano 15 września. Zastosowano dawkę 100 m³ · ha⁻¹.

Nawadnianie przeprowadzano przy użyciu deszczowni okresowo stałej. Wielkość dawek polewowych oraz terminy nawodnień ustalano zgodnie z zaleceniami opracowanymi dla szkółek leśnych na powierzchniach otwartych [Pierzgalski i in. 2002].

W okresie wegetacyjnym 2008 roku średnia temperatura powietrza wyniosła 14,6°C i była wyższa o 0,3°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°C), natomiast pozostałe dwa miesiące okresu wegetacji (kwiecień i wrzesień) cechowały się temperaturami powietrza niższymi od normy.

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

Zgodnie z wytycznymi nawadniania szkółek [Pierzgalski i in. 2002], nawadnianie rozpoczęto zaraz po wysiewie nasion 22 kwietnia 2008 r., 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 128 mm. Sezonowa dawka nawodnieniowa wyniosła zatem 240 mm.

Próbki 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 ogółem – 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.

Cechy biometryczne jednorocznych sadzonek lipy określono 23 października 2008. Oznaczono wysokość roślin (cm), średnicę w szyi korzeniowej (mm), liczbę liści na 1 roślinie (szt.), powierzchnię liści (cm²) oraz świeżą masę części nadziemnej (g). Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Dla stwierdzenia istotności wpływu badanych czynników wykorzystano test Fishera-Snedecora, a dla porównania otrzymanych różnic – test Tukeya.

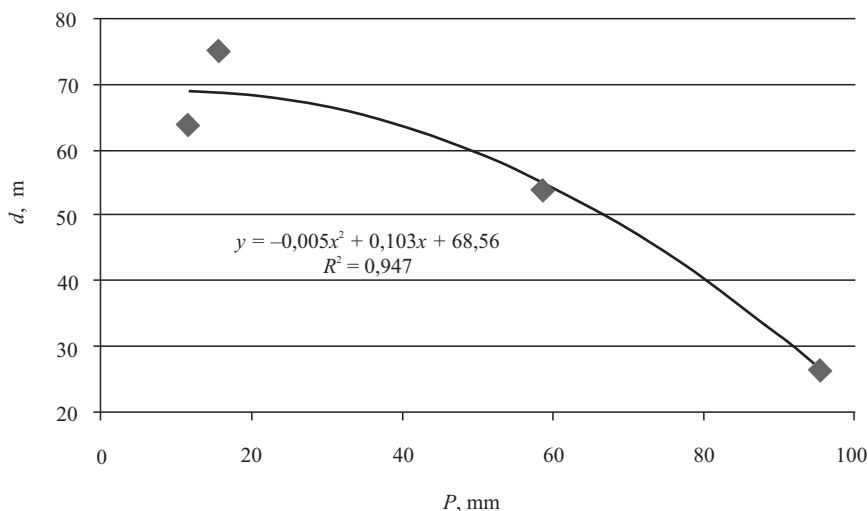
Próbki gleby do badań akarologicznych pobierano w 2008 r. dwukrotnie – wiosną w czerwcu oraz jesienią pod koniec października. Z każdego wariantu doświadczenia w dwóch kolejnych terminach pobrano po 10 próbek gleby, co dało ogółem 80 próbek. Wycinki gleby pobierano z 17 cm² i do 3 cm głębokości. Roztocze 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 945 roztoczy, w tym 494 mechowce. Średnie zagęszczenie (*N*) roztoczy podano w przeliczeniu na 1 m² gleby, a różnorodność gatunkową mechowców wyrażono za pomocą liczby gatunków (*S*) i średniej liczby gatunków w próbce (*s*) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona [Magurran 1988].

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone przy użyciu deszczowni stałej nawadnianie umożliwiło wschody oraz prawidłowy wzrost i rozwój testowanych roślin lipy drobnolistnej na wszystkich badanych poletkach. Potwierdziło to informacje z literatury o tym, że zabieg ten korzystnie oddziałuje na wzrost i rozwój roślin w szkółkach [Sobczak 1999, Pierzgałski i in. 2002, Dziemidek i Tarasiuk 2005, Rolbiecki i in. 2005, 2011]. Nawadnianie zabezpiecza siewki/sadzonki przed niekorzystnym wpływem nadmiernego nasłonecznienia, a także chroni je przed niedoborem wilgoci w zmiennych warunkach pogodowych. W okresie prowadzenia badań, tj. w sezonie wegetacji 2008, największych ilości wody – 64 mm i 75 mm, dostarczono roślinom, poprzez nawodnienia, w maju i czerwcu. Odpowiednie sumy opadów naturalnych dla tych miesięcy wyniosły bowiem zaledwie 11,5 mm oraz 15,5 mm. Zależność wielkości dawek nawodnieniowych od sum opadów w miesiącach maj–sierpień 2008 przedstawiono na rysunku 1. Wraz ze wzrostem ilości opadów zmniejszała się ilość wody z nawodnień dostarczonej roślinom lipy. Z analizy współczynnika determinacji (R^2) widać, że zmienność opadów naturalnych tłumaczyła zmienność dawek nawodnieniowych prawie w 95%. Ze względów metodycznych w analizie tej pominięto opady kwietnia i września, ponieważ, jak już wspomniano, nie prowadzono nawadniania przed 22 kwietnia i po 21 września.

Sadzonki lipy rosnące na poletkach z nawożeniem mineralnym były wyższe od uprawianych na stanowiskach nawożonych kompostem (tab. 1). Drugi z analizowanych czynników – ściółkowanie, nie oddziałował istotnie na ten parametr wzrostu.

Rośliny lipy na poletkach nawożonych kompostem cechowały się, w porównaniu do rosnących na stanowiskach z samym nawożeniem mineralnym, większą liczbą



Rys. 1. Zależność między dawkami nawodnieniowymi (d) a wysokością opadów (P) w miesiącach maj–sierpień 2008

Fig. 1. Dependence between irrigation doses (d) and rainfall amounts (P) in May-August 2008

Tabela 1. Parametry wzrostu sadzonek lipy drobnolistnej (średnio dla roku 2008)
 Table 1. Parameters of littleleaf linden seedling growth (on average for 2008)

Nawożenie Fertilization	Ściółkowanie Mulching		Średnio Mean
	Bez ściółkowania (C) Without mulching	Ściółkowanie (S) Mulching	
Wysokość sadzonki, cm Height of seedling, cm			
Mineralne (M) Mineral	37,48	37,73	37,61a
Organiczne (O) Organic	34,13	35,65	34,89b
Średnio Mean	35,80a	36,69a	36,25
Średnica, mm Diameter, mm			
Mineralne (M) Mineral	10,78	10,78	10,78a
Organiczne (O) Organic	12,00	11,40	11,70a
Średnio Mean	11,39a	11,09a	11,24
Liczba liści na 1 roślinie, szt. Number of leaves on a plant, pcs.			
Mineralne (M) Mineral	20,00	19,00	19,50a
Organiczne (O) Organic	20,80	24,00	22,40b
Średnio Mean	20,40a	21,50a	20,95
Powierzchnia liści na 1 roślinie, cm ² Area of leaves on a plant, cm ²			
Mineralne (M) Mineral	579,00	565,23	572,12a
Organiczne (O) Organic	737,78	690,88	714,33b
Średnio Mean	658,39a	628,05a	643,22
Świeża masa części nadziemnej sadzonki, g Fresh mass of above-ground part of a seedling, g			
Mineralne (M) Mineral	20,63	20,58	20,61a
Organiczne (O) Organic	24,70	22,70	23,70a
Średnio Mean	22,66a	21,64a	22,15

a, b – te same litery dla danego parametru oznaczają brak istotnych różnic ($p < 0,05$) – data with the same letter, for a particular parameter, do not differ significantly ($p < 0.05$)

i powierzchnią liści. W odniesieniu do pozostałych dwóch analizowanych parametrów – średnicy w szyjce korzeniowej i świeżej masy części nadziemnej – nie stwierdzono istotnego oddziaływania ze strony nawożenia kompostem. Trzeba jednak nadmienić, że zaznaczył się wyraźny trend w kierunku wyższych wartości tych cech u sadzonek lipy uprawianych na stanowiskach kompostowanych.

Ściółkowanie świeżą ektopróchnicą leśną nie wpływało w sposób udowodniony statystycznie na analizowane parametry wzrostu roślin. W równolegle prowadzonych w tej samej szkółce badaniach z bukiem zwyczajnym, ściółkowanie zastosowane także w terminie wrześniowym również nie oddziaływało istotnie na oba rozpatrywane parametry wzrostu rocznych sadzonek (wysokość i średnicę w szyi korzeniowej) [Rolbiecki i in. 2011]. Podobny wynik – brak wpływu stosowanego pod koniec wegetacji ściółkowania na wysokość sadzonek produkowanych w cyklu jednorocznym – stwierdzono w badaniach z sosną zwyczajną [Klimek i in. 2001]. W literaturze zagranicznej spotyka się doniesienia o tym, że zabieg ściółkowania może niekiedy zapewniać mniej lub bardziej korzystne warunki wzrostu dla sadzonek różnych gatunków drzew [Sayer 2006]. Z kolei negatywny wpływ ściółkowania na wzrost i rozwój sadzonek stwierdzono przykładowo w innych zagranicznych badaniach terenowych i szklarniowych, w których na początku eksperymentu zastosowano bardzo grubą, o miąższości sięgającej aż 20 cm, warstwę ściółki [Ibanez i Schupp 2002]. W doświadczeniach przeprowadzonych w otwartej szkółce leśnej Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wileńskiego [Leski i in. 2009] stwierdzono statystycznie udowodniony wpływ zarówno ściółki sosnowej, jak i dębowej na analizowane parametry wzrostu sadzonek sosny – wysokość, masę igieł i masę sadzonek. Na wysokość sadzonek pozytywnie wpływała jedynie ściółka sosnowa, natomiast sucha masa sadzonek wzrosła o 36% po zastosowaniu ściółki sosnowej oraz o 32% w wariantach ze ściółką dębową. Wzrost suchej masy sadzonek w wariantach ze ściółką leśną cytowani autorzy tego doświadczenia tłumaczą lepszym rozwojem części nadziemnej, a nie systemu korzeniowego.

Efekty ściółkowania w badaniach własnych będą najprawdopodobniej zauważalne dopiero w kolejnych (drugim i trzecim) sezonach wegetacyjnych uprawy szkółkarskiej lipy. Hilszczańska i Sierota [2006] podają na podstawie badań autorów zagranicznych: Thomsona, Stenströma i Eka, że powodem słabego rozwoju może być także fakt, iż niektóre grzyby mikoryzowe (*Hebeloma*, *Laccaria*, *Thelephora*) mogą w początkowej fazie zawiązywania mikoryzy hamować rozwój roślin. Wydaje się możliwe, że sadzonki lipy, pobrane do końcowych pomiarów cech biometrycznych 23 października, czyli około 6 tygodni po zastosowaniu świeżej ściółki zawierającej żywe organizmy symbiotyczne, znajdowały się właśnie w początkowym etapie mikoryzy. Spowodowane tym zahamowanie tempa wzrostu tłumaczyłoby niższe wartości badanych parametrów (liczba i powierzchnia liści, świeża masa części nadziemnych) u roślin ściółkowanych w porównaniu z sadzonkami uprawianymi na stanowiskach kontrolnych.

Wiosną (przed zastosowaniem ściółkowania) na wszystkich stanowiskach zagęszczenie roztoczy było niskie – 0,96–1,81 tys. osobników · m⁻² (tab. 2). W zgrupowaniach tych stawonogów silnie dominowały *Actinedida* (69–90% wszystkich roztoczy), a mechowce stanowiły zaledwie do 8% roztoczy. Stwierdzono też nieliczne występowanie *Acaridida*, *Tarsonemida* i drapieźnych *Mesostigmata*. Jesienią na nieściółkowanych stanowiskach MC i OC zagęszczenie *Actinedida* dwukrotnie wzrosło, a ich wysoka pozycja w hierar-

chii zgrupowań roztoczy jeszcze się umocniła (95–97%). Po zastosowaniu ściółkowania, na odpowiednich powierzchniach przedstawiony układ liczebności roztoczy uległ zmianie: w zgrupowaniach tych stawonogów wyraźnie zaczęły dominować saprofagiczne mechowce (54–66%).

Interesującym wskaźnikiem biocenotycznym, mogącym świadczyć o stabilności i stopniu rozwoju ekosystemów, jest stosunek liczebny *Oribatida* do *Actinedida* [Werner i Dindal 1990, Gulvik 2007]. Wartości tego wskaźnika poniżej 1 są charakterystyczne dla pól uprawnych, a powyżej 1 dla środowisk bardziej stabilnych – np. półnaturalnych łąk czy lasów. Na badanym terenie w okresie wiosny stosunek *Oribatida* do *Actinedida* był wyjątkowo niski: maksymalną wartość odnotowano w wariancie OS (0,11). Po przeprowadzeniu ściółkowania wskaźnik ten znacznie wzrósł i wynosił 1,54–2,47. Na przykład w około 20-letnich młodnikach sosnowych, w strefach poza oddziaływaniem zanieczyszczeń przemysłowych, wynosił 1,9–5,8 [Klimek 2000], a w glebie na rekultywowanym terenie popolygonowym, podobnie jak w badanej szkółce na stanowiskach nieściółkowanych, był niski: 0,04–0,52 [Klimek i Rolbiecki 2011].

W okresie wiosny w wariancie MC nie stwierdzono występowania mechowców, na pozostałych stanowiskach występowały 1 lub 2 gatunki tych roztoczy. Po przeprowadze-

Tabela 2. Zagęszczenie roztoczy (N , tys. osobników \cdot m⁻²) oraz liczba (S) i średnia liczba (s) gatunków mechowców oraz wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H) w sezonach wiosennym (w) i jesiennym (j)

Table 2. Abundance (N , 1000 individuals \cdot m⁻²) of mites, number of Oribatida species (S), average number of Oribatida species (s) and Shannon index (H) in seasons: spring (w) and autumn (j)

Wskaźnik – grupa roztoczy Index – group of mites	Sezon Season	Wariant doświadczenia Experimental treatment			
		MC	MS	OC	OS
N – Acari razem <i>Acari total</i>	w	1,14	1,81	0,96	1,57
	j	2,11	19,1	1,26	29,00
N – <i>Acaridida</i>	w	0,06	–	0,06	–
	j	–	0,18	–	–
N – <i>Actinedida</i>	w	0,9	1,63	0,66	1,08
	j	2,05	6,68	1,2	7,77
N – <i>Mesostigmata</i>	w	0,18	0,12	0,12	0,24
	j	–	1,87	–	1,99
N – <i>Tarsonemida</i>	w	–	–	0,06	0,12
	j	–	0,06	0,06	0,06
N – <i>Oribatida</i>	w	–	0,06	0,06	0,12
	j	0,06	10,3	–	19,1
S – <i>Oribatida</i>	w	–	1	1	2
	j	1	21	–	20
s – <i>Oribatida</i>	w	–	0,10	0,10	0,20
	j	0,10	5,70	–	6,80
H – <i>Oribatida</i>	w	–	0	0	0,69
	j	0	2,19	–	1,84

niu ściółkowania na stanowiskach MS i OS liczba gatunków wzrosła odpowiednio do 21 i 20. Na powierzchniach tych wyraźnie zwiększyły się też wskaźniki różnorodności gatunkowej s i H .

W trakcie jednego sezonu wegetacyjnego nawożenie organiczne kompostem wyprodukowanym na bazie higienizowanych osadów ściekowych z dodatkiem kory sosnowej nie wpłynęło na wzrost liczebności i różnorodności gatunkowej roztoczy glebowych. Natomiast po zastosowaniu ściółkowania świeżą ektopróchnicą liczebność oraz różnorodność gatunkowa tych stawonogów, szczególnie saprofagicznych mechowców, wyraźnie wzrosły. Może to świadczyć o poprawie stanu ekologicznego i wzroście aktywności biologicznej badanych gleb, co rzutuje na jakość produkcji sadzonek lipy.

PODSUMOWANIE

Nawożenie organiczne kompostem istotnie zwiększyło liczbę liści oraz łączną ich powierzchnię na roślinie. Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu wskazują także na korzystny wpływ nawożenia organicznego na średnicę pędu i świeżą masę części nadziemnych, oddziaływanie to nie zostało jednak udowodnione statystycznie. Nawożenie organiczne wpływało korzystniej niż mineralne na wszystkie – za wyjątkiem wysokości rośliny – oceniane parametry wzrostu sadzonek. Nawożenie mineralne w istotny sposób stymulowało wysokość sadzonek lipy. Ściółkowanie nie oddziaływało istotnie na żaden z badanych parametrów wzrostu sadzonek. Nie stwierdzono istotnego współdziałania zastosowanych czynników doświadczenia w kształtowaniu ocenianych cech wzrostu roślin. Uzyskane wyniki wskazują, że nawożenie organiczne w połączeniu z mikrozaszaniem wywiera pozytywny wpływ na wzrost sadzonek lipy drobnolistnej w pierwszym roku uprawy szkółkarskiej. Badania nie potwierdziły jednak hipotezy badawczej w odniesieniu do drugiego z zastosowanych czynników – ściółkowania świeżą leśną próchnicą nadkładową.

Nawożenie organiczne nie wpłynęło na wzrost liczebności i różnorodności gatunkowej roztoczy glebowych. Natomiast po zastosowaniu ściółkowania świeżą ektopróchnicą liczebność oraz różnorodność gatunkowa tych stawonogów, szczególnie saprofagicznych mechowców, wyraźnie wzrosły, co może świadczyć o podwyższeniu aktywności biologicznej badanych gleb.

PIŚMIENNICTWO

- Boruszko D., Dąbrowski W., Magrel L., 2003. Kompostowanie biomasy oraz osadów ściekowych na potrzeby produkcji leśnej. Zesz. Nauk. Polit. Białost., Nauki Techn. – Inż. Środ. 16(II), 288–293.
- Dziemidek T., Tarasiuk S., 2005. Produkcja szkółkarska buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. w szkółkach gruntowych północno-wschodniej Polski. Sylwan 1, 15–24.
- Gulvik M.E., 2007. Mites (*Acari*) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. Pol. J. Ecol. 55(3), 415–440.
- Hilszczańska D., Sierota Z., 2006. Wpływ inokulum mikoryzowego grzyba *Thelephora terrestris* na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. II. Badania polowe. Sylwan 2, 20–28.
- Ibanez I., Schupp E.W., 2002. Effects of litter, soil surface condition and microhabitat on *Cercocarpus ledifolius* Nutt. seedling emergence and establishment. J. Arid Envir. 52, 209–221.

- Klimek A., 2000. Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida). Wyd. Uczeln. ATR Bydg., Rozprawy 99, ss. 93.
- Klimek A., Rolbiecki S., 2011. Wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i występowanie roztoczy (Acari) glebowych na rekultywowanym terenie popoligonowym w Nadleśnictwie Żołędowo. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs.* 1, 249–262.
- Klimek A., Rolbiecki St., Rolbiecki R., Długosz J., 2001. Wykorzystanie kompostowanego osadu ściekowego i ektopróchnicy leśnej do wzbogacania gleb w rocznym cyklu produkcji sadzonek sosny zwyczajnej. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs.* 1, 299–311.
- Leski T., Rudawska M., Aučina A., Skridaila A., Riepšas E., Pietras M., 2009. Wpływ ściółki sosnowej i dębowej na wzrost sadzonek sosny i zbiorowiska grzybów mikoryzowych w warunkach szkółki leśnej. *Sylwan* 153(10), 675–683.
- Magurran A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press Princeton (NJ), ss. 179.
- Pierzgalski E., Tyszka J., Boczoń A., Wiśniewski S., Jeznach J., Żakowicz S., 2002. Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych Warszawa, ss. 63.
- Rolbiecki St., Rolbiecki R., Klimek A., 2005. Wpływ mikronawodnień i nawożenia organicznego na produkcję jednorocznych sadzonek brzozy brodawkowatej (*Betula verrucosa* Ehrh) z udziałem zabiegu zoomelioracji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506, 345–353.
- Rolbiecki St., Klimek A., Rolbiecki R., Długosz J., Musiał M., 2011. Wstępne badania nad wykorzystaniem kompostowanego osadu ściekowego i ektopróchnicy leśnej do wzbogacania gleb w rocznym cyklu produkcji sadzonek buka zwyczajnego. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs.* 10, 219–243.
- Sayer E.J., 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biol. Rev.* 81, 1–31.
- Skolud P., 2006. Zalesianie gruntów rolnych i nieużytków – poradnik właściciela. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, DGLP Warszawa, www.lp.gov.pl.
- Sobczak R. (red.), 1999. *Szkółkarstwo leśne, ozdobne i zadrzewieniowe*. Wydawnictwo Świat Warszawa, ss. 243.
- Stańczyk E., 1999. Przydatność kompostów osadowych do sporządzania podłoża ogrodniczych. [W:] *Kompostowanie i użytkowanie kompostu*. Red. J. Siuta, G. Wasiak. I Konf. Nauk.-Techn. Wydawnictwo Ekoinżynieria Lublin, 139–146.
- Werner M.R., Dindal D.L., 1990. Effects of conversion to organic agricultural practices on soil biota. *Am. J. Altern. Agric.* 5, 24–32.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 12.12.2013