

*Stanisław Rolbiecki, Andrzej Klimek, Roman Rolbiecki,
Jacek Długosz, Mariusz Musiał*

**WSTĘPNE BADANIA NAD WYKORZYSTANIEM
KOMPOSTOWANEGO OSADU ŚCIEKOWEGO
I EKTOPRÓCHNICY LEŚNEJ DO WZBOGACANIA GLEB
W ROCZNYM CYKLU PRODUKCJI SADZONEK
BUKA ZWYCZAJNEGO**

***PRELIMINARY STUDY ON THE USE OF COMPOSTED
SEWAGE SLUDGE AND FOREST ECTOHUMUS
FOR ENRICHMENT OF SOILS IN THE ONE-YEAR
PRODUCTION CYCLE OF EUROPEAN BEECH SEEDLINGS***

Streszczenie

W pracy 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 buka zwyczajnego oraz występowanie roztoczy (Acari) glebowych. 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. Gleba cechowała się odczynem (pH w H_2O – 7,41) i 1M KCl (pH – 6,88), niską zawartością przyswajalnego potasu (6,8–7,3 mg K_2O 100g⁻¹ gleby) i fosforu (8,0–8,5 mg P_2O_5 100g⁻¹ gleby). Sadzonki buka zwyczajnego na poletkach nawożonych kompostem były istotnie wyższe od rosnących na poletkach z nawożeniem mineralnym. Przeprowadzone we wrześniu ściółkowanie nie oddziaływało istotnie na oba rozpatrywane parametry wzrostu rocznych sadzonek. Po przeprowadzeniu ściółkowania na odpowiednich poletkach bardzo wyraźnie wzrosło zagęszczenie roztoczy, szczególnie saprofagicznych mechowców.

Słowa kluczowe: szkółka leśna, buk zwyczajny, kompost, ściółkowanie, Acari

Summary

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 European beech 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. The soil was characterized by the pH in H₂O – 7,41 and that in 1M KCl – 6,88, as well as the low content of available potassium (6,8-7,3 mg K₂O 100g⁻¹ of soil) and available phosphorus (8,0-8,5 mg P₂O₅ 100g⁻¹ of soil). European beech seedlings on plots fertilized with the compost were significantly higher than those grown on plots with mineral fertilization. Influence of mulching – conducted in September – was insignificant on both the studied parameters of one-year old European beech seedlings growth. After the measure of mulching on the adequate plots, the density of mites, especially saprophage oribatid mites.

Key words: forest nursery, European beech, compost, mulching, Acari

WPROWADZENIE

Buk zwyczajny jest w zrównoważonej gospodarce leśnej cenionym gatunkiem lasotwórczym, wzbogacającym różnorodność ekosystemów leśnych, a dzięki wykazywanej odporności na zanieczyszczenia znajduje także zastosowanie na terenach zurbanizowanych. Dodatkowo, możliwość różnorodnego wykorzystania walorów buka na terenach zieleni, w przemyśle drzewnym i różnych dziedzinach gospodarki, uzasadnia podejmowanie i prowadzenie działań w kierunku rozpowszechnienia go w Europie.

Wprowadzanie buka na nowe tereny powinno się odbywać przy wykorzystaniu wysokiej jakości materiału sadzeniowego, aby stworzyć roślinom możliwość prawidłowego wzrostu i rozwoju [Tarasiuk 1999]. Zdrowy, zahartowany, odpowiednio ukształtowany i dostosowany do warunków wysadzenia materiał sadzeniowy umożliwi spełnienie przez ten gatunek roli pełnoprawnego gatunku lasotwórczego w Polsce [Dziemidek i Tarasiuk 2005]. Jednym z najpilniejszych i najważniejszych zadań badawczych dotyczących produkcji szkółkarskiej, jest opracowanie i wskazanie najkorzystniejszych metod i materiałów do nawożenia organicznego [Barzdajn i in. 1999].

W otwartych szkółkach leśnych z reguły występuje konieczność częstego dostarczania do gleb materii organicznej [Szołtyk i Hilszczańska 2003]. Najbardziej rozpowszechnionym źródłem wzbogacania gleb szkółek w próchnicę są komposty, rzadziej stosuje się surowy torf, korę, trociny. Możliwe jest wykorzystanie do tego celu higienizowanych, kompostowanych osadów ściekowych [Klimek i in. 2009]. Proces kompostowania osadu wymaga zmieszania go ze środkiem strukturotwórczym (np. słoma, trociny, kora, zielona masa roślinna),

który dostarczy dodatkowej masy organicznej i zapewni optymalny stosunek C:N równy ok. 30:1 [Siuta i Wasiak 2001].

Zasadniczym typem współżycia mikoryzowego drzew leśnych są mikoryzy zewnętrzne, a warunkiem rozwoju tego współżycia jest niezakłócona biocenoza leśna [Urbański 1998]. Największe ilości korzeni mikoryzowych znajdują się w warstwach powierzchniowych gleby szkółki bogatych w próchnicę i tlen. Zaszczepienie gleby mikroorganizmami można uzyskać przez rozsypywanie 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 buka zwyczajnego oraz na występowanie roztoczy (Acari) glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w roku 2008 w szkółce leśnej Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz) w rocznej uprawie szkółkarskiej buka zwyczajnego. Pokrywę glebową stanowiła gleba rdzawa właściwa wytworzona z piasku aluwialnego. Poziom powierzchniowy posiadał uziarnienie piasku słabogliniastego drobnopiękistego. Zawartość frakcji ilastej ($<0,002$ mm) mieściła się w zakresie 6-7%, a węgla organicznego od 47 do 49 mg/kg. Gleba ta wykazywała w roztworze wodnym odczyn zasadowy (pH w H_2O – 7,41) i obojętny w roztworze 1M KCl (pH – 6,88). Potwierdzeniem takiego odczynu była wysoka wartość sumy zasad, która mieściła się w zakresie od 95 do 97%. Gleba ta zawierała niskie zawartości przyswajalnego potasu (6,8-7,3 K_2O mg/100g gleby) i fosforu (8,0 -8,5 P_2O_5 mg/100 g gleby).

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 – nawożenie organiczne – 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 buka – 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%). Zastosowano go w dawce $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ wiosną i wymieszano z wierzchnią warstwą gleby do głębokości 10 cm przed wysiewem nasion buka. Ściółkowanie przy użyciu świeżej ekto-próchnicy pozyskanej w dniu jej aplikacji z siedliska boru świeżego przeprowadzono 15 września. Zastosowano dawkę $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

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

Warunki klimatyczne w sezonie wegetacyjnym. Wielkości temperatur powietrza ($^{\circ}\text{C}$) podano według pomiarów w Stacji Badawczej WR UTP w Mochelku prowadzonych przez Zakład Agrometeorologii WR UTP. Opady atmosferyczne (mm) uzyskano z pomiarów prowadzonych w Kruszyńskim 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.

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 in the vegetation period 2008

Wyszczególnienie Specification	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura powietrza w $^{\circ}\text{C}$ / Air temperature, ($^{\circ}\text{C}$)							
1 dekada / 1 st decade	5,7	12,6	19,1	19,1	19,1	16,8	x
2 dekada / 2 nd decade	6,7	13,0	15,6	18,2	18,3	9,7	x
3 dekada / 3 rd decade	10,4	14,0	18,0	20,3	16,2	10,7	x
Średnio 1-3 (2008) / Mean for 1-3 (2008)	7,6	13,2	17,6	19,2	17,8	12,4	14,6
Średnia wieloletnia* Many-year average	7,7	13,1	16,2	18,2	17,8	13,0	14,3
Opady atmosferyczne (mm) / Rainfall (mm)							
1 dekada / 1 st decade	12,4	0	0	8,9	11,8	5,4	x
2 dekada / 2 nd decade	12,8	3,2	5,3	37,7	35,8	1,7	x
3 dekada / 3 rd decade	0	0	27,0	0	33,9	18,9	x
Suma 1-3 (2008) Sum total for 1-3 (2008)	25,2	3,2	32,3	46,6	81,5	26,0	214,8
Średnia wieloletnia** Many-year average	26,6	40,7	54,8	65,4	51,4	44,3	283,2

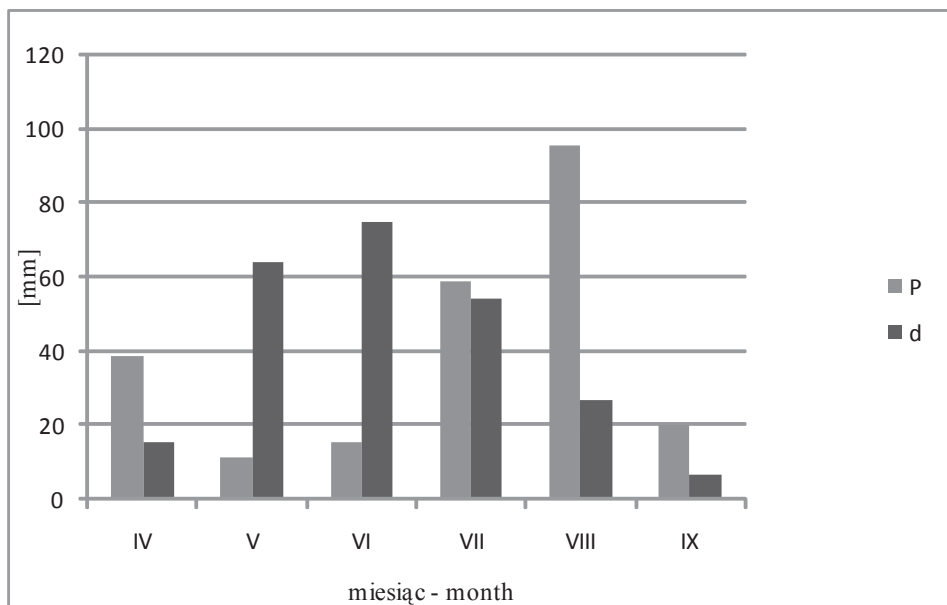
* – 1996-2007; ** – 1987-2007

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). Najobfitszymi w opady okazał się sierpień, w którym suma opadów wyniosła 81,5 mm i była wyższa o 59% od normy.

Przebieg nawadniania. Zabiegi deszczowania w szkółkach wpływają korzystnie na wzrost i rozwój roślin. Nawadnianie zabezpiecza je przed niekorzystnym oddziaływaniem nadmiernego nasłonecznienia oraz – przede wszystkim – przed niedoborem wilgoci w zmiennych warunkach pogodowych [Dziemidek i Tarasiuk 2005]. Zgodnie z wytycznymi nawadniania szkółek [Pierzgalski i in. 2002], nawadnianie rozpoczęto po wysiewie nasion tj. 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 128 mm. Sezonowa dawka (norma) nawodnieniowa wyniosła 240 mm. Ilości wody rozdeszczowane w poszczególnych miesiącach na tle sum opadów przedstawiono na rysunku 1. Największe ilości wody (64 mm i 75 mm) dostarczono roślinom poprzez nawodnienia w maju i czerwcu, dla których sumy opadów wyniosły odpowiednio zaledwie 11,5 mm oraz 15,5 mm. Zależność wielkości dawek nawodnieniowych w poszczególnych miesiącach od sum opadów przedstawiono na rysunku 2. Z analizy tego rysunku wynika, że wraz ze wzrostem ilości opadów zmniejszała się ilość wody dostarczonej roślinom buka za pomocą deszczowni. Zmienność opadów tłumaczyła zmienność dawek nawodnieniowych prawie w 90%. Ze względów metodycznych w analizie tej nie uwzględniono kwietnia i września, ponieważ – jak już wspomniano – nie prowadzono nawadniania do 22 kwietnia i po 21 września.

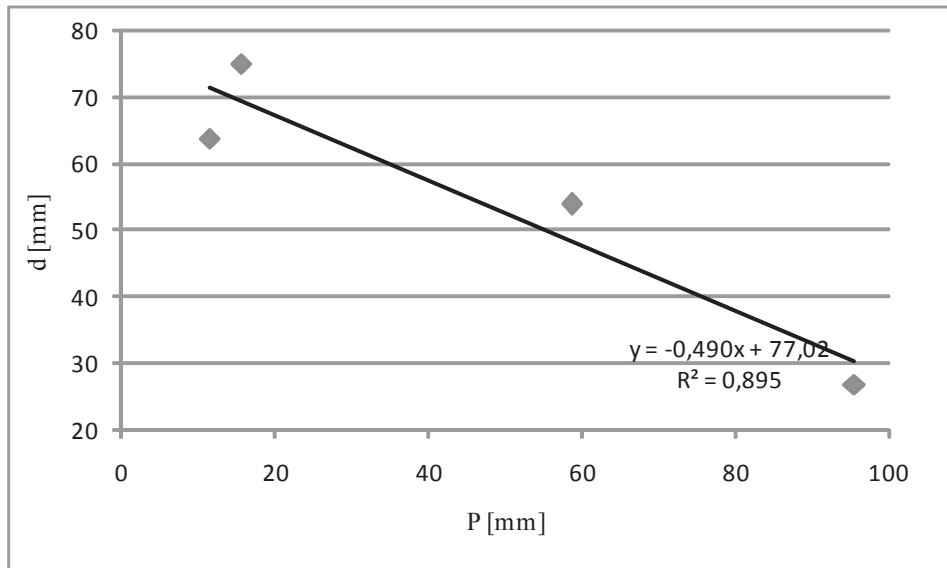
Badania glebowe. Próbkę gleby, pobrane z każdego wariantu doświadczenia, po wysuszeniu do stanu powietrznie suchego przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. We frakcjach poniżej 2 mm wykonano następujące analizy: zawartości C-org. i N-ogółem – autoanalizatorem CN, kwasowości czynnej (pH w H₂O), kwasowości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

Wzrost roślin. Wzrost jednorocznych sadzonek sosny określono 23 października 2008. Mierzono wysokość roślin (cm), średnicę w szyi korzeniowej (mm). Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując test Fishera-Snedecora dla stwierdzenia istotności wpływu badanych czynników i test Tukeya dla porównania otrzymanych różnic.



Rysunek 1. Miesięczne sumy opadów (P) i dawek nawodnieniowych (d)

Figure 1. Monthly sum of rainfall (P) and irrigation doses (d)



Rysunek 2. Zależność pomiędzy dawkami nawodnieniowymi (d) a ilością opadów (P)

Figure 2. Dependence between irrigation doses (d) and rainfall amounts (P)

Badania akarologiczne. Próbki 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 wypłaszano w aparatach Tullgrena przez 7 dni, konserwowano w 70% alkoholu etylowym i preparowano. Roztocze sklasyfikowano do rzędów – ogółem oznaczono 456 roztoczy. Średnie zagęszczenie (*N*) tych pajęczaków podano w przeliczeniu na 1 m² gleby.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost sadzonek. Nawożenie kompostem z dodatkiem kory sosnowej – niezależnie od ściółkowania – zwiększyło istotnie wysokość sadzonek buka z 25,2 cm do 29,3 cm (tab. 2). Odnotowane dzięki nawożeniu organicznemu zwiększenie wysokości roślin – w odniesieniu do wariantu z nawożeniem mineralnym – wyniosło zatem 4,1 cm (16 %).

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

Table 2. Parameters of 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	22,38	27,97	25,18 ^a
Organiczne (O) / Organic	31,82	26,77	29,30 ^b
Średnio / Mean	27,10 ^a	27,37 ^a	27,24
Średnica (mm) Diameter (mm)			
Mineralne (M) / Mineral	4,25	5,65	4,95 ^a
Organiczne (O) / Organic	6,25	6,13	6,19 ^b
Średnio / Mean	5,25 ^a	5,89 ^a	5,57

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

Explanations: ^{a,b} data with the same letter do not differ significantly ($p < 0,05$)

Ściółkowanie nie oddziaływało istotnie na wysokość badanych jednolatek buka, co należy łączyć z późnym (wrześniowym) stosowaniem tego zabiegu. Podobny wynik – brak wpływu stosowanego pod koniec wegetacji ściółkowania na wysokość sadzonek produkowanych w cyklu jednorocznym – stwierdzono także w równoległe przeprowadzonych badaniach z sosną zwyczajną [Klimek i in. 2011].



Fotografia 1. Nieściółkowane sadzonki buka w okresie jesieni
Photo 1. Non-mulched seedlings of European beech in autumn



Fotografia 2. Sadzonki buka w okresie jesieni po przeprowadzeniu zabiegu ściółkowania
Photo 2. Seedlings of European beech in autumn after the measure of mulching

Analiza łącznego oddziaływania obu badanych czynników na wzrost jednolatek buka wykazała, że najwyższą wysokością charakteryzowały się rośliny hodowane na poletkach z nawożeniem organicznym – ale bez ściółkowania. Parametr ten – średnio dla czterech replikacji doświadczenia – wyniósł 31,8 cm. Z kolei ściółkowanie zastosowane na poletkach z nawożeniem organicznym powodowało zauważalne (ale nieistotne obniżenie wysokości sadzonek).

Średnica (grubość) szyi korzeniowej jednorocznych sadzonek buka mieściła się w zakresie 4,25–6,13 mm. Podobnie jak było w przypadku wysokości roślin, istotne oddziaływanie na ten wskaźnik wzrostu odnotowano tylko ze strony nawożenia organicznego. Największą średnicą (6,25 mm) cechowały się sadzonki buka w uprawie szkółkarskiej na nieściółkowanych poletkach z nawożeniem organicznym. Brak wpływu ściółkowania na średnicę w szyi korzeniowej stwierdzono także w równoległe przeprowadzonych w tej samej szkółce doświadczeniach z jednolatkami sosny zwyczajnej [Klimek i in. 2011].

Negatywne oddziaływanie ściółkowania na wzrost i rozwój sadzonek stwierdzono przykładowo w zagranicznych w badaniach terenowych i szklarniowych, w których na początku doświadczenia zastosowano bardzo grubą (miąższości 20 cm) warstwę ściółki [Ibanez i Schupp 2002]. Z piśmiennictwa zagranicznego wynika, że zabieg ściółkowania może zapewniać mniej lub bardziej korzystne warunki wzrostu dla sadzonek różnych gatunków drzew [Sayer 2006]. W doświadczeniach przeprowadzonych na Litwie – w otwartej szkółce leśnej Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wileńskiego [Leski i in. 2009] – stwierdzono istotne oddziaływanie zarówno ściółki sosnowej, jak i dębowej 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 wariancie ze ściółką dębową. Autorzy tego doświadczenia wzrost suchej masy sadzonek w wariantach ze ściółką leśną tłumaczą lepszym rozwojem części nadziemnej, a nie systemu korzeniowego.

Występowanie roztoczy. W szkółkach leśnych w celu rewitalizacji gleb można przeprowadzić zabieg ściółkowania, który przeważnie powoduje znaczny wzrost liczebności roztoczy glebowych [Klimek i in. 2009, 2011]. W niniejszych badaniach, na stanowiskach po przeprowadzeniu wymienionego zabiegu, w okresie jesieni zagęszczenie roztoczy wielokrotnie wzrosło w porównaniu z wiosną – najwyższe było w wariancie OS (13,36 tys. osobn. $\cdot$ m⁻², tab. 3). Wiosną w zgrupowaniach roztoczy wyraźnie dominowały *Actinedida* (58,8–80% wszystkich roztoczy). Jesienią na stanowiskach nieściółkowanych roztocze te stanowiły 21,4–100% roztoczy. Po przeprowadzeniu ściółkowania roztocze z wymienionego rzędu zostały zdominowane przez zaliczane do saprofagów mechowce (*Oribatida*). Ich liczebność w wariantach MS i OS wynosiła odpowiednio 4,21 i 8,91 tys. osobn. $\cdot$ m⁻². Na badanym terenie stosunkowo licznie występowały jeszcze drapieżne *Mesostigmata* – 0,18–1,08 tys. osobn. $\cdot$ m⁻². Natomiast roztocze z rzędów *Acaridida* i *Tarsonemida* występowały nielicznie.

Tabela. 3. Zagęszczenie roztoczy (N w tys. osobn. $\cdot m^{-2}$)
w badanych wariantach doświadczenia wiosną (w) i jesienią (j)
Table 3. Abundance (N in 1000 individuals $\cdot m^{-2}$) of mites
in studied variants in spring (w) and in autumn (j)

Rząd roztoczy Order of mites	Wariant doświadczenia Treatments of the experiment							
	MC		MS		OC		OS	
	w	J	w	j	w	j	w	j
<i>Acaridida</i>	-	-	-	-	-	-	0,12	-
<i>Actinedida</i>	0,60	0,78	0,72	1,69	1,09	0,18	1,14	3,19
<i>Mesostigmata</i>	0,42	-	0,18	1,02	0,24	0,36	0,43	1,08
<i>Oribatida</i>	-	-	-	4,21	0,18	0,24	0,12	8,91
<i>Tarsonemida</i>	-	-	-	0,24	0,06	0,06	-	0,18
<i>Acari</i> (razem) (total)	1,02	0,78	0,90	7,16	1,57	0,84	1,81	13,36

Objaśnienia jak w tab. 2 – For explanations, see the legend of Table 2

PODZIĘKOWANIA

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

- Barzdajn W., Cetel J., Danielewicz W., Zientarski J. *Leśnictwo proekologiczne*. Wydawnictwo AR Poznań, Poznań, 1999, s. 64-69.
- Dziemidek T., Tarasiuk S. *Produkcja szkółkarska buka zwyczajnego Fagus sylvatica L. w szkołkach gruntowych północno-wschodniej Polski*. Sylwan, 1, 2005, s. 15-24.
- 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., Rolbiecki St., 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.
- Klimek A., Rolbiecki St., Rolbiecki R., Długosz J. *Wykorzystanie kompostowanego osadu ściętego i ektopróchnicy leśnej do wzbogacania gleb w rocznym cyklu produkcji sadzonek sosny zwyczajnej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 1, 2011, s. 299-311.
- Leski T., Rudawska M., Aučina A., Skridaila A., Riepišas 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.
- Pierzgałski E., Tyszcza J., Boczoń A., Wiśniewski S., Jeznach J., Żakowicz S. *Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2002, s. 1-63.

- 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.
- 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.
- Tarasiuk S. *Buk zwyczajny (Fagus sylvatica L.) na obrzeżach zasięgu w Polsce: warunki wzrostu i problemy hodowlane*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 1999, s. 5-97.
- Urbański K. *Ekologiczne czynniki produkcji sadzonek w szkółkach leśnych*. Biblioteczka leśniczego, zesz. 89, Wyd. Świat, Warszawa, 1998, 1-15 ss.

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP,

Dr inż. Roman Rolbiecki

Mgr inż. Mariusz Musiał,

Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy

ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz

Tel. 0523749581, e-mail: rolbs@utp.edu.pl

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

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. Cezary Podsiadło