

Stanisław Rolbiecki, Andrzej Klimek, Roman Rolbiecki, Dorota Hilszczańska

**WPLYW NAWOŻENIA ORGANICZNEGO
I ŚCIOŁKOWANIA NA WZROST JEDNOROCZNYCH
SIEWEK SOSNY ZWYCZAJNEJ ORAZ WŁAŚCIWOŚCI
BIOLOGICZNE GLEB W SZKÓLCE LEŚNEJ
W WARUNKACH MIKROZRASZANIA**

***EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION
AND MULCHING ON THE GROWTH
OF ONE-YEAR OLD SCOTS PINE SEEDLINGS
AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS IN FOREST
NURSERY UNDER MICRO-SPRINKLER IRRIGATION***

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu nawożenia organicznego i ściółkowania na wzrost jednorocznych siewek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i biologiczne właściwości gleb w szkółce leśnej w warunkach mikrozaszania. Badania przeprowadzono w latach 2005–2006 w szkółce leśnej Białe Błota (Nadleśnictwo Bydgoszcz) na glebie rdzawej właściwej. Przeprowadzono dwa doświadczenia: pierwsze - w roku 2005, a drugie -- w 2006. Oba doświadczenia założono w dwuczynnikowym układzie zależnym *split-plot*, w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem było nawożenie zastosowane w dwóch wariantach: N₁ - higienizowane osady ściekowe (2/3) + kora (1/3), N₂ – higienizowane osady ściekowe (2/3) + trociny (1/3). Drugim czynnikiem było ściółkowanie stosowane również w dwóch wariantach: S - ściółkowanie próchnicą nadkładową z boru świeżego, C – bez ściółkowania (kontrola). Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 2 m². Łączna liczba poletek w każdym doświadczeniu wynosiła 16 (2 badane czynniki x 2 warianty w każdym z czynników x 4 replikacje). Nawóz organiczny wyprodukowano na bazie higienizowanych osadów ściekowych (2/3) i kory sosnowej (1/3) bądź trocin (1/3). 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 próchnicy nadkładowej pozyskanej z siedliska w typie boru świeżego przeprowadzono po wschodach sosny. Zastosowano dawkę $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawadnianie przeprowadzono na całej powierzchni doświadczalnej, wykorzystując mikrozaszace "Nelson". Terminy nawodnień i dawki polewowe ustalano zgodnie z zaleceniami opracowanymi dla szkółek leśnych na powierzchniach otwartych. Zastosowanie nawożenia organicznego osadami ściekowymi z dodatkiem kory, w porównaniu do nawozu z dodatkiem trocin, zwiększało istotnie wysokość siewek sosny. Siewki sosny uprawiane w warunkach ściółkowania próchnicą nadkładową z boru świeżego były istotnie wyższe od rosnących w warunkach kontrolnych – bez ściółkowania. Odnutowane u siewek sosny ektomikoryzy tworzone były głównie przez *Thelephora terrestris*. Mikoryzy *T. terrestris* dominowały na korzeniach sosny niezależnie od wariantu doświadczenia. Czynnikiem kształtującym ogólną liczebność roztoczy, w tym liczebność mechowców, oraz ich różnorodność gatunkową było ściółkowanie; nie stwierdzono natomiast wpływu nawożenia organicznego z udziałem różnych komponentów na wartość tych wskaźników.

Słowa kluczowe: sosna zwyczajna, nawożenie organiczne, osady ściekowe, mikoryzy, zoomelioracje, szkółka leśna, *Acari*, *Oribatida*, mikrozaszanie

Summary

The purpose of the study was to determine the influence of organic fertilization and mulching on the growth of one-year old Scots pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) and biological properties of soils in forest nursery under conditions of micro-sprinkler irrigation. The experiments were carried out in forest nursery Biale Błota (Forest Inspectorate Bydgoszcz) the rusty soil. Two experiments were conducted: the first one – in 2005, and the second one – in 2006. Both these trials were established as two factorial experiments in split-plot system, in four replications. The first factor was fertilization applied in the two variants: N_1 – treated sewage sludge ($\frac{2}{3}$) + bark ($\frac{1}{3}$) and N_2 – treated sewage sludge ($\frac{2}{3}$) + sawdust ($\frac{1}{3}$). The second factor was mulching with fresh cap-humus from the fresh coniferous forest, used in the two variants: S – mulching with litter and C – without mulching (control). The single plot area was m^2 . Total number of plots in the experiment was 16 (2 investigated factors x 2 variants for a factor x 4 replications). Organic fertilizer was produced on the base of treated sewage sludge ($\frac{2}{3}$) and Scots pine bark ($\frac{1}{3}$) or sawdust ($\frac{1}{3}$). This fertilizer was applied with the dose of $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in spring and mixed with the topsoil (10 cm deep) before Scot pine seed time. Mulching with litter obtained from fresh coniferous forest was done – after emergence of Scots pine seedlings – with the dose of $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Irrigation was done with the use of micro-sprinklers "Nelson". Terms of irrigation and water rates were established according to directives for irrigation in forest nurseries on bare areas. The use of organic fertilization with sewage sludge with the bark additive, increased significantly the height of seedlings, as compared to those which were fertilized with sewage sludge with the sawdust additive. Seedlings cultivated under conditions of mulching with the cap-humus from the fresh coniferous forest were significantly higher than those grown under control conditions (without this mulching). Ectomycorrhizas – noted on Scots pine seedlings – were created mainly by *Thelephora terrestris*. Mycorrhizas of *T. terrestris* were predominant on Scots

pine roots independently from the experimental variant (treatment). Mulching was the factor which influenced on the total number of mites, including the number of oribatid mites and their species diversity. Influence of organic fertilization with different additives on these indices was not detected.

Key words: Scots pine, organic fertilization, sewage sludge, mycorrhizas, amelioration with soil animals, forest nursery, Acari, Oribatida, micro-jet sprinkling

WPROWADZENIE

Mając na uwadze poprawę biologicznego stanu gleb, można wzbogacać szkółki w materię organiczną nawożąc je kompostami oraz zaszczeniać edafonem pochodzącym z gleby leśnej (ściółkowanie). Tego typu zabiegi, wchodzące w zakres szeroko rozumianych melioracji, określane są mianem zoomelioracji [Szujecki 1990]. Powinny one pozytywnie wpłynąć na różnorodność biologiczną gleb i większą efektywność mikoryzacji. Wiadomo bowiem, że wzbogacanie gleb szkółek leśną ściółką wpływa na wzrost mikoryzacji siewek dochodzący nawet do 80% [Szołtyk, Hilszczańska 2003].

Materia organiczna jest składnikiem gleb decydującym o ich przydatności pod produkcję szkółkarską [Niski 1992]. Warunkiem zachowania wysokiej produktywności gleb w szkółkach jest dostarczanie nawozów organicznych, np. w postaci kompostów. W niniejszym doświadczeniu zastosowano kompost wyprodukowany na bazie osadów ściekowych. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych jest zasadne z ekologicznego punktu widzenia [Siuta, Wasiak 2001].

Wcześniejsze doświadczenia, przeprowadzone przez autorów w latach 2003–2005, uwzględniały 3 warianty wodne (nawodnieniowe): kontrolny (bez nawadniania), nawadnianie kropłowe, mikrozaszanie oraz nawożenie organiczne (higienizowane osady ściekowe z dodatkiem torfu wysokiego) [Rolbiecki i in. 2005a, 2005c]. Uzyskane wyniki odnoszono też w innej pracy [R. Rolbiecki i in. 2005b] do rezultatów otrzymanych bez stosowania nawożenia organicznego i ściółkowania, w warunkach deszczowania.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu ściółkowania i nawożenia organicznego (higienizowane osady ściekowe z dodatkiem kory bądź trocin) na cechy siły wzrostu jednorocznych siewek sosny zwyczajnej oraz stopień ich mikoryzacji. Stan biologiczny gleb oceniono za pomocą metody bioindykacyjnej. Organizmami wskaźnikowymi były pospolite i bardzo liczne w glebach leśnych roztocze (*Acari*), a szczególnie saprofagiczne mechowce (*Oribatida*). Dotychczas roztocze te okazały się m. in. dobrymi bioindykatorami stopnia rozkładu i biologicznych właściwości próchnic leśnych [Seniczak 1979] oraz wielu oddziaływań antropogenicznych [Axelsson i in. 1973, Klimek 2000].

Z literatury wiadomo, że mechowce żerują na niektórych grzybach zaliczanych do ektomikoryzowych [Schneider i in. 2004, 2005] i mogą przyczyniać się do ich rozprzestrzeniania [Setälä 1995]. Zwierzęta glebowe żerując na tych

grzybach stymulują ich wzrost [Hanlon i Anderson 1979, 1980], mogą też zaszczerpić glebę zarodnikami grzybów przez defekację i przenoszenie ich na nowe substraty [Lussenhop 1992]. Introdukcja do gleb szkółek fauny glebowej, m. in. saprofagicznych roztoczy, poza zwiększeniem różnorodności biologicznej (przez to równowagi podsystemu glebowego), powinna wpływać na jakość produkcji szkółkarskiej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Ścisłe badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2006 w szkółce leśnej Białe Błota niedaleko Bydgoszczy na glebie rdzawej właściwej. Założono dwa doświadczenia: pierwsze (I) przeprowadzono w roku 2005, a drugie (II) – w roku 2006.

Oba doświadczenia założono w dwuczynnikowym układzie zależnym *split-plot*, w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem było nawożenie organiczne zastosowane w dwóch wariantach: N_1 – higienizowane osady ściekowe ($\frac{2}{3}$) + kora ($\frac{1}{3}$), N_2 - higienizowane osady ściekowe ($\frac{2}{3}$) + trociny ($\frac{1}{3}$). Drugim czynnikiem było ściółkowanie stosowane również w dwóch wariantach: S – ściółkowanie próchnicą nadkładową z boru świeżego, C – bez ściółkowania (kontrola).

Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 2 m². Łączna liczba poletek w każdym doświadczeniu wynosiła 16 (2 badane czynniki x 2 warianty w każdym z czynników x 4 replikacje).

Nawóz organiczny wyprodukowano na bazie higienizowanych osadów ściekowych ($\frac{2}{3}$) i kory sosnowej ($\frac{1}{3}$) bądź trocin ($\frac{1}{3}$). 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 próchnicy nadkładowej pozyskanej z siedliska w typie boru świeżego przeprowadzano po wschodach sosny, w pierwszym roku każdego z doświadczeń, tj. odpowiednio: w doświadczeniu I – w r. 2005, a w doświadczeniu II – w r. 2006. Zastosowano dawkę 100 m³ · ha⁻¹.

Nawadnianie przeprowadzano wykorzystując mikrozaszacze “Nelson”. Terminy nawodnień i dawki polewowe ustalano zgodnie z zaleceniami opracowanymi dla szkółek leśnych na powierzchniach otwartych [Pierzgalski i in. 2002].

Jesienną ocenę stopnia mikoryzacji sadzonek przeprowadzono analizując trzy losowo pobrane korzenie. Mikoryzy oceniano pod mikroskopem stereoskopowym przy powiększeniu 10–50x, klasyfikując je na podstawie kształtu, rozmiaru i zewnętrznych cech mufki grzybniowej [Agerer 1987–1997; Ingleby i in. 1990].

Wzrost jednorocznych siewek sosny określano w październiku 2005 (na roślinach z siewu wiosennego w roku 2005) i 2006 (na siewkach z nasion wysianych wiosną 2006). Mierzono wysokość siewek (cm), średnicę w szyi korzeniowej (mm) oraz oznaczano świeżą masę części nadziemnych (g).

Próbki gleby do badań akarologicznych pobierano w 2006 r. trzykrotnie (w czerwcu, sierpniu i październiku), z każdego poletka w 3 powtórzeniach. Ogółem z jednego wariantu doświadczenia pobrano 36 próbek gleby, każda z $17 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ cm}$ głębokości. Roztocze wyplaszano przez 7 dni metodą Tullgrena, a następnie konserwowano i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono mechowce, łącznie ze stadiami młodocianymi. Określono też ogólną liczebność roztoczy. Przedmiotem analizy było 1066 *Acari*, w tym 588 *Oribatida*. Zagęszczenie roztoczy N podano w przeliczeniu na 1 m^2 gleby, różnorodność gatunkową mechowców określono za pomocą ogólnej liczby gatunków (S), średniej liczby gatunków w próbce (s) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (H) [Magurran 1988].

Przed analizą statystyczną dane liczbowe poddano logarytmowaniu – $\ln(x+1)$ (Berthet, Gerard 1995). Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica – w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia wykorzystano test Fishera-Snedecora oraz test Tukeya dla porównania otrzymanych różnic.

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.

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV–IX) była w dwuletnim okresie badawczym o $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ wyższa od normy ($14,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$), (tab. 1). Sezon wegetacyjny 2005 cechował się niższą temperaturą ($14,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$), a roku 2006 – wyższą ($15,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Spośród poszczególnych miesięcy okresu wegetacji, kwiecień, maj i sierpień charakteryzowały się temperaturami niższymi od normy, a lipiec i wrzesień – wyższymi.

Tabela 1. Temperatura powietrza na tle średniej z wielolecia ($^{\circ}\text{C}$)
Table 1. Air temperature compared to long-term values ($^{\circ}\text{C}$)

| Rok/ Year | Dekada/ Decade | Miesiąc / Month | | | | | | IV–IX |
|--------------|-------------------|-----------------|------|------|------|------|------|-------|
| | | IV | V | VI | VII | VIII | IX | |
| 2005 | 1 | 6,9 | 10,0 | 12,3 | 19,5 | 15,3 | 18,1 | – |
| | 2 | 9,1 | 9,1 | 15,2 | 20,2 | 16,0 | 13,6 | – |
| | 3 | 6,2 | 17,1 | 17,3 | 18,5 | 17,4 | 12,9 | – |
| | 1–3 | 7,4 | 12,2 | 14,9 | 19,4 | 16,3 | 14,8 | 14,2 |
| 2006 | 1 | 5,3 | 12,9 | 11,8 | 22,7 | 17,6 | 15,2 | – |
| | 2 | 7,3 | 13,1 | 18,9 | 21,8 | 17,4 | 15,7 | – |
| | 3 | 8,7 | 11,4 | 19,7 | 22,7 | 15,0 | 14,6 | – |
| | 1–3 | 7,1 | 12,5 | 16,8 | 22,4 | 16,6 | 15,2 | 15,1 |
| 2005–2006 | | 7,2 | 12,3 | 15,8 | 20,9 | 16,4 | 15,0 | 14,6 |
| Norma / Norm | | 7,7 | 13,1 | 16,2 | 18,2 | 17,8 | 13,0 | 14,3 |

Suma opadów okresu wegetacji (IV–IX) w latach 2005–2006 była niższa od normy i wyniosła 259,8 mm (tab. 2). Pierwszy rok badań cechował się mniejszą ilością opadów (203 mm), a drugi – wyższą (316,7 mm). W obu latach badań obfity w opady był maj, natomiast w czerwcu, lipcu i wrześniu zanotowano opady niższe od normy. Bardzo zróżnicowane były opady w sierpniu, bowiem w roku 2005 zanotowano zaledwie 20,9 mm, a w 2006 – aż 114,5 mm. W pierwszym roku badań wystąpiły 3 dekady bezopadowe (1/VII, 3/VIII i 1/IX), natomiast w obfitszym w opady roku 2006 nie zanotowano deszczu w 5 dekadach: 1/IV, 2/IV, 3/VI, 1/VII i 2/IX.

Tabela 2. Opady atmosferyczne na tle średniej z wielolecia (mm)

Table 2. Rainfall amount compared to long-term values (mm)

| Rok/ Year | Dekada/ Decade | Miesiąc / Month | | | | | | IV–IX |
|--------------|-------------------|-----------------|------|------|------|-------|------|-------|
| | | IV | V | VI | VII | VIII | IX | |
| 2005 | 1 | 3,8 | 46,6 | 20,9 | 0 | 19,3 | 0 | – |
| | 2 | 1,5 | 13,2 | 6,1 | 2,5 | 1,6 | 7,9 | – |
| | 3 | 18,5 | 9,7 | 3,7 | 37,7 | 0 | 10,0 | – |
| | Σ ₁₋₃ | 23,8 | 69,5 | 30,7 | 40,2 | 20,9 | 17,9 | 203,0 |
| 2006 | 1 | 0 | 9,6 | 6,6 | 0 | 74,6 | 37,3 | – |
| | 2 | 0 | 20,0 | 15,2 | 25,9 | 23,4 | 0 | – |
| | 3 | 45,0 | 33,9 | 0 | 4,5 | 16,5 | 4,2 | – |
| | Σ ₁₋₃ | 45,0 | 63,5 | 21,8 | 30,4 | 114,5 | 41,5 | 316,7 |
| 2005–2006 | | 34,4 | 66,5 | 26,2 | 35,3 | 67,7 | 29,7 | 259,8 |
| Norma / Norm | | 26,6 | 40,7 | 54,8 | 65,4 | 51,4 | 44,3 | 283,2 |

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost siewek. Nawożenie osadami ściekowymi z dodatkiem kory (wariant N₁), w porównaniu do wariantu N₂ – z dodatkiem trocin, zwiększało istotnie wysokość siewek w każdym roku badań (tab. 3). Siewki sosny uprawiane w warunkach ściółkowania próchnicą nadkładową z boru świeżego (wariant S) były istotnie wyższe od rosnących w warunkach kontrolnych (bez ściółkowania).

Podobne wysokości 1-roczych siewek sosny (w zakresie 12,0–12,2 cm) stwierdzono w doświadczeniu wcześniejszym, przeprowadzonym w latach 2003–2004 [Rolbiecki i in. 2005a,b], niższe natomiast (9,1–10,5 cm) zanotowano w badaniach na gruncie porolnym w Kruszynie Krajeńskim k. Bydgoszczy [Rolbiecki i in. 2005c], a jeszcze niższe (w zakresie 7,6–9,5 cm) – na gruncie porolnym w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego [Rolbiecki i in. 2007b].

Tabela 3. Wpływ nawożenia i ściółkowania na wysokość siewek (cm)
Table 3. Influence of fertilization and mulching on the height of seedlings (cm)

| Wyszczególnienie / Specification | | Rok badań / Year of study | | Średnio / Mean |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|-------------|----------------|
| (I) | (II) | 2005 | 2006 | |
| N ₁ | S | 12,15 | 11,60 | 11,87 |
| | C | 11,33 | 11,30 | 11,31 |
| | Średnio / Mean | 11,74 | 11,45 | 11,59 |
| N ₂ | S | 10,42 | 10,70 | 10,56 |
| | C | 10,00 | 10,70 | 10,35 |
| | Średnio / Mean | 10,21 | 10,70 | 10,45 |
| NIR _{0,05} | dla / for (I) | 0,621 | 0,583 | 0,542 |
| | dla / for (II) | 0,421 | r.n. / n.s. | 0,211 |

(I) Nawożenie: N₁ – higienizowane osady ściekowe (2%) + kora (1/2), N₂ – higienizowane osady ściekowe (2%) + trociny (1/2);

(II) Ściółkowanie: S – ściółkowanie próchnicą nadkładową z boru świeżego, C – bez ściółkowania (kontrola).

Nie stwierdzono istotnego wpływu badanych czynników (nawożenia organicznego i ściółkowania) na kształtowanie się średnicy siewki (tab. 4). Wystąpiła jednak u siewek rosnących na poletkach ściółkowanych ektopróchnicą wyraźna tendencja do większej średnicy. Podobnie, siewki uprawiane na poletkach nawożonych osadami ściekowymi z dodatkiem kory (wariant N₁), cechowały się większą średnicą w porównaniu do roślin nawożonych osadem z domieszką trocin. Trzeba jednak zaznaczyć, że różnice te nie były statystycznie udowodnione. We wcześniejszych badaniach z udziałem autorów [Rolbiecki 2005a], średnica jednorocznych siewek sosny nawożonych kompostem o innym składzie (higienizowane osady ściekowe 80% + torf wysoki 20 %) mieściła się w zbliżonym zakresie (3,0-3,3 mm), zależnie od systemu nawadniania (kropłowego bądź mikrozaszrania). Dla porównania, 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 zastosowanej metody (systemu) nawadniania, natomiast 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 i in. 2007b], średnica jednorocznych siewek 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 mikrozaszczacami i nawożenia organicznego (skład: 80 % higienizowanych osadów ściekowych + 20 % torfu wysokiego).

Tabela 4. Wpływ nawożenia i ściółkowania na średnicę siewki (mm)
Table 4. Influence of fertilization and mulching on the seedling diameter (mm)

| Wyszczególnienie / Specification | | Rok badań / Year of study | | Średnio / Mean |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|-------------|----------------|
| (I) | (II) | 2005 | 2006 | |
| N ₁ | S | 3,25 | 3,30 | 3,30 |
| | C | 3,02 | 3,10 | 3,11 |
| | Średnio / Mean | 3,13 | 3,20 | 3,16 |
| N ₂ | S | 3,15 | 3,10 | 3,12 |
| | C | 2,97 | 2,90 | 2,93 |
| | Średnio / Mean | 3,06 | 3,00 | 3,03 |
| NIR _{0,05} | dla / for (I) | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. |
| | dla / for (II) | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. |

Objaśnienia – jak pod tab. 3.

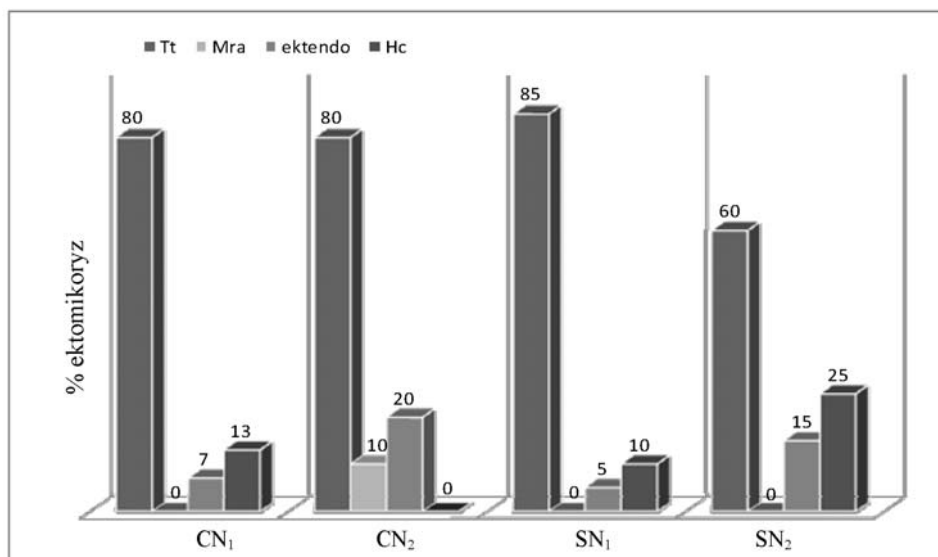
Jednoroczna siewka sosny charakteryzowała się, średnio dla lat i obu badanych czynników, świeżą masą części nadziemnych wynoszącą 2,18 g (tab. 5). Nie zanotowano statystycznie udowodnionego oddziaływania czynników doświadczenia na wielkość tego wskaźnika. Dla porównania, w doświadczeniu z tymi samymi czynnikami, przeprowadzonym w r. 2005 w AR Szczecin na gruncie porolnym w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego, świeża masa części nadziemnych jednorocznej siewki sosny wahała się w zakresie od 0,70 do 2,20 g, zależnie od badanych czynników [Rolbiecki 2007a].

Tabela 5. Wpływ nawożenia i ściółkowania na świeżą masę części nadziemnych siewki (g)
Table 5. Influence of fertilization and mulching on the fresh mass of above-ground parts of a seedling (g)

| Wyszczególnienie / Specification | | Rok badań / Year of study | | Średnio / Mean |
|----------------------------------|----------------|---------------------------|-------------|----------------|
| (I) | (II) | 2005 | 2006 | |
| N ₁ | S | 2,41 | 2,00 | 2,20 |
| | C | 2,38 | 2,08 | 2,23 |
| | Średnio / Mean | 2,39 | 2,04 | 2,21 |
| N ₂ | S | 2,21 | 2,04 | 2,12 |
| | C | 2,40 | 2,08 | 2,24 |
| | Średnio / Mean | 2,30 | 2,06 | 2,18 |
| NIR _{0,05} | dla / for (I) | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. |
| | dla / for (II) | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. | r.n. / n.s. |

Objaśnienia – jak pod tab. 3

Ektomikoryzy sosny. Odnotowane u siewek sosny ektomikoryzy tworzone były głównie przez *Thelephora terrestris* (rys. 1). Udział mikoryz *Hebeloma crustuliniforme* najwyższy był na korzeniach z wariantu SN₂, zaś u siewek z wariantu CN₂ nie stwierdzono tych mikoryz.



Rysunek 1. Udział morfotypów mikoryzowych u jednorocznych sadzonek sosny (Tt – *Thelephora terrestris*, Mra – *Mycelium Radicis atrovirens*, ekstendo-ektendomikoryzy, Hc – *Hebeloma crustuliniforme*)

Figure 1. Percentage by mycorrhizal morphotype of one-year old Scots pine seedlings (Tt – *Thelephora terrestris*, Mra – *Mycelium Radicis atrovirens*, ekstendo-ektendomikoryzy, Hc – *Hebeloma crustuliniforme*)

Udział ektendomikoryz był wyższy u siewek w wariantach CN₂ i SN₂ niż CN₁ i SN₁. Mikoryzy tworzone przez *Mycelium radicis atrovirens* odnotowano jedynie na korzeniach siewek rosnących w wariantach CN₂.

Mikoryzy *Thelephora terrestris* dominowały na korzeniach sosny niezależnie od rodzaju wariantu doświadczenia. Dominacja *T. terrestris* może być wynikiem zdolności tego gatunku do rozwoju w glebie słabo napowietrzanej, często nawadnianej i o dużej zawartości azotu [Castellano, Molina 1989; Hilszczańska i in. 2008]. Niektórzy autorzy uważają, że *T. terrestris* nie należy do optymalnego typu mikoryz, gdyż nie promują adaptacji i wzrostu sadzonek w takim stopniu jak inne grzyby mikoryzowe, np. *Suillus bovinus* [Bendig 1995]. Niemniej jednak Lehto [1992], w czasie krótkoterminowego doświadczenia (52 dni) uzyskała wyniki wskazujące, że w warunkach suszy *Thelephora terrestris* wpływała pozytywnie na wzrost i rozwój siewek sosny. Pozytywną rolę *T. terrestris* w adaptacji sadzonek sosny wysadzonych na grunty porolne wykazali również Hilszczańska i in. [2008].

Udział ektomikoryz tworzonych przez *Hebeloma crustuliniforme* potwierdza hydrofilny charakter tego grzyba, który najczęściej występuje na korzeniach

siewek w szkółkach, na których stosowane jest obfite nawadnianie [Hilszczańska 2001].

Udział ektendomikoryz tworzonych głównie przez grzyby rodzaju *Wilcoxina*, należące do workowców wskazuje na dużą zawartość azotu w podłożach, gdyż mikoryzy tego typu często występują u drzew iglastych w szkółkach, gdzie stosowane jest wysokie nawożenie azotowe [Danielson 1991]. Mikoryzy tworzone z udziałem wspomnianych gatunków grzybów licznie stwierdzano także u sadzonek świerka w szkółkach [Menkis i in. 2005; Rudawska i in. 2006]. Po wysadzeniu sadzonek na stanowiska stałe, szybko zastępowane są przez inne grzyby ektomikoryzowe. Mogą utrzymywać się na korzeniach przez dłuższy okres czasu jedynie w środowisku o znikomym udziale innych konkurencyjnych gatunków grzybów mikoryzowych [Danielson, Prudel 1990].

Występowanie roztoczy. W ostatnich latach coraz częściej docenia się istotną rolę różnorodności organizmów glebowych w ekosystemach, a szczególnie drobnych zwierząt glebowych, jako ich integralnej części [Huhta 2007]. To nowoczesne podejście do środowiska glebowego powinno być wykorzystane w jego kształtowaniu, np. do rewitalizacji gleb za pomocą różnych zabiegów melioracyjnych, w tym zoomelioracji. Chociaż pozytywny wpływ mezofauny glebowej na procesy rozkładu materii organicznej jest bezsprzeczny [Verhoef, Brussaard 1990], to efekty tego oddziaływania na rośliny nie zawsze są wyraźnie widoczne [Huhta i in. 1998].

Zabiegiem melioracyjnym, który korzystnie wpływa na liczebność i różnorodność gatunkową fauny glebowej w szkółce leśnej i na gruncie porolnym jest ściółkowanie połączone z nawadnianiem, przeprowadzone wczesną wiosną jeszcze przed wysianiem nasion drzew [Klimek i in. 2008; Rolbiecki in. 2008; Rolbiecki i in. 2006]. Zastosowanie tego zabiegu w praktyce szkółkarskiej może być jednak nieco kłopotliwe, ponieważ utrudnia mechaniczny wysiew nasion. Dlatego też w niniejszym doświadczeniu ściółkowanie – mające na celu głównie introdukcję edafonu – przeprowadzono w czerwcu, tuż po wzejściu siewek. W tym okresie roku istnieje jednak niebezpieczeństwo zbyt silnego przesuszenia ściółki leśnej, które może pogorszyć udatność zoomelioracji. W 2005 r. na terenie szkółki Białe Błota w badaniach wstępnych [Rolbiecki i in. 2006] po przeprowadzeniu ściółkowania w czerwcu odnotowano niskie zagęszczenie roztoczy, zwłaszcza saprofagicznych mechowców, które są szczególnie wrażliwe na suszę [Lindberg, Bengtsson 2005]. Niekorzystne warunki pogodowe w tym roku wpłynęły najprawdopodobniej na niską udatność zoomelioracji.

W niniejszym doświadczeniu zagęszczenie roztoczy na stanowiskach nieściółkowanych było niskie (1,25–2,06 tys. osobn. · m⁻²), natomiast na powierzchniach ściółkowanych wyraźnie wyższe (6,52–7,99 tys. osobn. · m⁻², tab. 4). Zbliżoną liczebność roztoczy stwierdzono w doświadczeniu ze ściółkowaniem przeprowadzonym wczesną wiosną [Klimek i in. 2008]. Na stanowiskach nieściółkowanych CN₁ i CN₂ udział mechowców w zgrupowaniach roztoczy wyno-

sił średnio 3,5%, a na ściółkowanych był znacznie wyższy – 66,6%. Tak wysoki udział mechowców jest charakterystyczny dla gleb borów sosnowych [Klimek 2000].

Zagęszczenie mechowców w uprawie nieściółkowanej było wyjątkowo niskie (0,02–0,12 tys. osobn. · m⁻²). Stan biologiczny gleb szkółki znacznie się poprawił po ściółkowaniu – liczebność saprofagicznych mechowców wielokrotnie wzrosła i osiągnęła poziom 4,20–5,50 tys. osobn. · m⁻², a różnice w liczebności i różnorodności gatunkowej pomiędzy uprawą ściółkowaną a nieściółkowaną były istotne statystycznie.

Na stanowiskach SN₁ i SN₂ stwierdzono odpowiednio 25 i 21 gatunków mechowców. Stosunkowo wysokie wartości wykazały na tych stanowiskach wskaźniki *s* i *H*. Ściółkowanie wczesną wiosną [Rolbiecki i in. 2005], w przypadku wskaźników różnorodności gatunkowej i liczebności mechowców, dało wyraźnie gorszy efekt niż ten zabieg wykonany w czerwcu po wzejściu siewek sosny. Wysoka wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona (2,31–2,59), na poziomie notowanym w glebach leśnych [Klimek 2000], może być przesłanką świadcząca o stabilizowaniu się zgrupowań *Oribatida*. Jest oczywistym, iż dopiero drugi rok badań da odpowiedź na pytanie, który z zabiegów ściółkowania, przeprowadzony przed czy po wysiewie nasion, daje lepsze efekty poprawiając aktywność biologiczną gleb szkółek.

Z przeprowadzonej analizy statystycznej wynika, że czynnikiem kształtującym ogólną liczebność roztoczy, w tym liczebność mechowców, oraz ich różnorodność gatunkową było wyłącznie ściółkowanie. Nie stwierdzono natomiast wpływu nawożenia organicznego z udziałem różnych komponentów na wartość tych wskaźników. Podobne wyniki autorzy uzyskali na gruncie porolnym w jednorocznej uprawie sosny [Rolbiecki i in. 2007].

Tabela 6. Zagęszczenie roztoczy (*N* w tys. osobn. · m⁻²) oraz liczba gatunków (*S*), średnia liczba gatunków w próbce (*s*) i wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (*H*) dla zgrupowań mechowców w badanych wariantach doświadczenia

Table 6. Abundance (*N* in 1000 individuals · m⁻²) of mites, number of *Oribatida* species (*S*), average number of species (*s*) and Shannon index (*H*) for gatherings of oribatid mites at studied variants of the experiment

| Wskaźnik – grupa roztoczy Index – group of mites | Wariant doświadczenia/ Experimental treatment | | | | S (p) |
|---|--|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| | CN ₁ | SN ₁ | CN ₂ | SN ₂ | |
| <i>N</i> – <i>Acari</i> | 1,25 ^(a) | 6,52 ^(b) | 2,06 ^(a) | 7,99 ^(b) | <0,001 |
| <i>N</i> – <i>Oribatida</i> | 0,02 ^(a) | 4,20 ^(b) | 0,12 ^(a) | 5,50 ^(b) | <0,001 |
| <i>S</i> – <i>Oribatida</i> | 1 | 25 | 3 | 21 | - |
| <i>s</i> – <i>Oribatida</i> | 0,03 ^(a) | 3,72 ^(b) | 0,17 ^(a) | 3,75 ^(b) | <0,001 |
| <i>H</i> – <i>Oribatida</i> | 0,00 | 2,59 | 0,96 | 2,31 | - |

Objaśnienia: ^(a) – te same litery oznaczają brak istotnych różnic, S – efekt ściółkowania.

WNIOSKI

1. Zastosowanie nawożenia organicznego osadami ściekowymi z dodatkiem kory, w porównaniu do nawozu z dodatkiem trocin, zwiększało istotnie wysokość siewek sosny.

2. Siewki sosny uprawiane w warunkach ściółkowania próchnicą nadkładową z boru świeżego były istotnie wyższe od rosnących w warunkach kontrolnych - bez ściółkowania.

3. Odnotowane u siewek sosny ektomikoryzy tworzone były głównie przez *Thelephora terrestris*. Mikoryzy *T. terrestris* dominowały na korzeniach sosny niezależnie od rodzaju wariantu doświadczenia.

4. Czynnikiem kształtującym ogólną liczebność roztoczy, w tym liczebność mechowców, oraz ich różnorodność gatunkową było ściółkowanie, nie stwierdzono natomiast wpływu nawożenia organicznego z udziałem różnych komponentów na wartość tych wskaźników.

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.

Badania zostały dofinansowane z budżetu województwa kujawsko-pomorskiego w ramach Regionalnego Funduszu Badań i Wdrożeń.

BIBLIOGRAFIA

- Agerer R. *Colour Atlas of Ectomycorrhizae*. Einhorn Verlag, Schwabisch- Gmünd. 1987–1997.
- Aleksandrowicz-Trzczińska M. *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, 2004, s. 5–15.
- Axelsson B., Lohm U., Lundkvist H., Persson T., Sköglund J., Wiren A. *Effects of nitrogen fertilisation on the abundance of soil fauna populations in a Scots pine stand*. Research Notes, Royal Coll. of Forestry, 14, 1973, s. 5–10.
- Bending GD., Read DJ. *The structure and function of the vegetative mycelium of ectomycorrhizal plants. V. Foraging behaviour and translocation of nutrients from exploited organic matter*. New Phytol. 130, 1995, s. 401–409.
- Berthet P., Gerard G.. *A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari) I. The distribution pattern*. Oikos 16, 1995, s. 214–227.
- Castellano MA., Molina R. *Mycorrhizas*. In: landis TD, Tinus RW, McDonald SE, Barnett Jp (eds). *The container tree manual, vol 5: The biological component: nursery pests and mycorrhizas*. USDA Forest Service Agriculture Handbook 674, Washington DC, 1989, s. 101–167.

- Danielson R. M. *Temporal changes and effects of amendments on the occurrence of sheathing (ecto-)mycorrhizae of conifers growing in oil sands tailings and coal spoil*. Agric. Ecosyst. Environ. 35, 1991, s. 261–281.
- Danielson R. M., Prudel M. *Ectomycorrhizae of spruce seedlings growing in disturbed soils and in undisturbed mature forests*. In: Allen, M.F., Williams, S.E. (Eds.) Abstracts in the Proceedings of the 8th North American Conference on Mycorrhizae. Jackson, Wyoming, 1990, s. 68.
- Hanlon R. D., Anderson J. M. *The effects of Collembola grazing on microbial activity in decomposing leaf litter*. Oecologia 38, 1979, s. 93–99.
- Hanlon R. D., Anderson J. M. *The influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing leaf litter*. Soil Biol. Biochem. 12, 1980, s. 255–261.
- Hilszczańska D. *Wpływ wilgotności podłoża na rozwój mikoryz siewek sosny zwyczajnej Pinus sylvestris L.* Praca doktorska, SGGW, Warszawa, 2001.
- Hilszczańska D., Małecka M., Sierota Z. *Changes in nitrogen level and mycorrhizal structure of Scots pine seedlings inoculated with Thelephora terrestris*. Annals of Forest Science 65 (409), 2008, s. 1–6.
- Huhta V. *The role of soil fauna in ecosystems: A historical review*. Pedobiologia 50, 2007, s. 489–495.
- Huhta V., Persson T., Setälä H. *Functional implications of soil fauna diversity in boreal forests*. Appl. Soil Ecol. 10, 1998, s. 277–288.
- Ingleby K., Mason P.A., Last F.T., Fleming L.V. *Identification of ectomycorrhizas*. ITE Research Publication no. 5, Institute of Terrestrial Ecology: London, 1990, s. 1–110.
- 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, s. 1–93.
- 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.
- Lehto, T. *Effect of drought on Picea sitchensis seedlings inoculated with mycorrhizal fungi*. Scand. J. For. Res. 7, 1992, s. 177–182.
- Lindberg N., Bengtsson J. *Population responses of oribatid mites and collembolans after drought*. Applied Soil Ecology 28, 2005, s. 163–174.
- Lussenhop J. *Mechanisms of microarthropod-microbial interactions in soil*. Adv. Ecol. Res. 23, 1992, s. 1–33.
- Magurran A. E. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman & Hall, London 1988, s. 1–179.
- Menkis A., Vasilauskas R., Taylor A. F. S., Stenlid J., Finlay R. *Fungal communities in mycorrhizal roots of conifer seedlings in forest nurseries under different cultivation systems, assessed by morphotyping, direct sequencing and mycellial isolation*. Mycorrhiza 16(1), 2005, s. 33–41.
- Niski A. *Nawożenie organiczne*. W: Szkółkarstwo leśne (pr. zbior. pod red. R. Sobczaka), Wyd. Świat, rozdz. III(1), 1992, s. 35–43.
- Pierzgalski E., Tyszcza J., Boczoń A., Wiśniewski S., Jeznach J., Żakowicz S. *Wytyczne nawadniania szkólek leśnych na powierzchniach otwartych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2002, s. 1–63.
- Rolbiecki R., Podsiadło C., Klimek A., Rolbiecki St. *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*. Infrastructure and Ecology of Rural Areas, 3/2007, 2007a, s. 131–140.
- Rolbiecki R., Podsiadło C., Klimek A., Rolbiecki St. *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. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, 3/2007, 2007b, s. 187–195.
- Rolbiecki R., Podsiadło C., Klimek A., Rolbiecki St. *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*. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, 3, 2007c, s. 131–140.
- Rolbiecki R., Rolbiecki S., Klimek A., Hilszczańska D. *Wstępne wyniki badań wpływu deszczowania i mikronawodnień na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach zoomielioracji*. *Rocz. AR Pozn. CCCLXV, Melior. Inż. Środ.* 26, 2005, s. 371–377.
- Rolbiecki R., Rolbiecki St., Klimek A., Hilszczańska D. *Wpływ mikronawodnień i nawożenia organicznego na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) z udziałem zabiegu zoomielioracji*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 506, 2005a, s. 335–343.
- Rolbiecki R., Rolbiecki St., Klimek A., Hilszczańska D. *Wstępne wyniki badań wpływu deszczowania i mikronawodnień na produkcję jednorocznych sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach zoomielioracji*. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLXV, Melioracje i Inżynieria Środowiska* 26, 2005b, s. 371–377.
- Rolbiecki R., Rolbiecki St., 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 zoomielioracji (Badania wstępne)*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4/2005, 2005c, s. 131–143.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Klimek A. *Porównanie wpływu deszczowania i mikronawodnień na produkcję dwuletnich sadzonek brzozy brodawkowatej w warunkach zoomielioracji*. *Rocz. AR Pozn. CCCLXX, Roln.* 66, 2006, s. 315–321.
- Rudawska M., Leski T., Trocha L. K., Gornowicz R. *Ectomycorrhizal status of Nowary spruce seedlings from bare-root nurseries*. *For. Ecol. Manage.* 236, 2006, s. 375–384.
- Seniczak S. *Fauna mechowców (Acari, Oribatei) jako indykator biologicznych właściwości próchnic leśnych*. *Pr. Kom. Nauk. PTG V/37*, 1979, s. 157–166.
- 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.
- Setälä H. *Growth of birch and pine seedlings in relation to grazing by soil fauna on ectomycorrhizal fungi*. *Ecology*, Vol. 76, No. 6, 1995, s. 1844–1851.
- Siuta J., Wasiak G. *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe*. *Inżynieria Ekologiczna* Nr 3, 2001, s. 13–42.
- Szabla K., Pabian R. *Szkołkarstwo kontenerowe. Nowe technologie i techniki w szkołkarstwie leśnym*. CILP, Warszawa, 2003, s. 212.
- Szołtyk G., Hilszczańska D. *Rewitalizacja gleb w szkołkach leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, DGLP, Warszawa, 2003, s. 1–44.
- Szujecki A. *Ekologiczne aspekty odtwarzania ekosystemów leśnych na gruntach porolnych*. Sylwan 3-12, Warszawa 1990, s. 23–40.
- Verhoef H. A., Brussaard L. *Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems: the contribution of soil animals*. *Biogeochemistry*, 11, 1990, s. 175–211.

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP,
Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
Tel. 0523749552, E-mail: rolbs@utp.edu.pl

Dr hab. inż. Andrzej Klimek, prof. UTP,
Zakład Agroturystyki i Kształtowania Krajobrazu UTP w Bydgoszczy
ul. Ks. Kordeckiego 20, 85-224 Bydgoszcz
Tel. 0523749409, E-mail: klimek@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

Dr inż. Dorota Hilszczańska
Zakład Fitopatologii Leśnej
Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie
Sękocin Las, Raszyn
E-mail: D.Hilszczanska@ibles.waw.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Cezary Podsiadło*