

Roman Rolbiecki, Stanisław Rolbiecki, Andrzej Klimek, Dorota Hilszczańska

**WPLYW MIKRONAWODNIEN
I NAWOŻENIA ORGANICZNEGO
NA PRODUKCJĘ DWULETNIICH SADZONEK
SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
W SZKÓLCE LEŚNEJ
Z UDZIAŁEM ZABIEGU ZOOMELIORACJI**

***EFFECT OF MICROIRRIGATION
AND ORGANIC FERTILIZATION
ON THE TWO-YEARS' OLD SEEDLING PRODUCTION
OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN FOREST
NURSERIES WITH THE USE OF ZOO-MELIORATION***

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu mikronawodnień (mikrozraszania i nawadniania kropłowego) oraz nawożenia organicznego (kompost wyprodukowany na bazie osadów ściekowych) na cechy siły wzrostu i stopień mikoryzacji dwuletnich sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) produkowanych z udziałem zabiegu zoomielioracji. Ścisłe dwuletnie (2004–2005) badania polowe przeprowadzono w szkółce leśnej Nadleśnictwa Bydgoszcz w Białych Błotach na glebie rdzawej wytworzonej z piasku luźnego. Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie zastosowane w trzech wariantach wodnych: bez nawadniania (kontrola), nawadnianie kropłowe, mikrozraszanie. Czynnikiem drugiego rzędu stanowiło nawożenie, zastosowane w dwóch wariantach: nawożenie mineralne (standard stosowany w szkółkach leśnych), nawożenie organiczne (kompost).

Nawadnianie istotnie zwiększyło wzrost dwuletnich siewek sosny. Nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości roślin nawadnianych kropłowo bądź mikrozaszczami. Zastosowanie kompostu z osadów ściekowych zwiększyło istotnie wysokość i średnicę pędu siewek. Stwierdzono statystycznie udowodnione współdziałanie nawożenia organicznego (kompostu) i nawadniania. Nawadniane kropłowo i nawożone kompostem siewki sosny były wyższe i cechowały się większą średnicą pędu. Czynniki doświadczenia różnicowały stan symbiozy mikoryzowej dwuletnich siewek sosny. Dominującym gatunkiem grzybów tworzących mikoryzy na korzeniach był *Thelephora terrestris*. Zastosowane w doświadczeniu systemy nawodnień korzystnie wpłynęły na zagęszczenie roztoczy (*Acari*), w tym mechowców (*Oribatida*), nie stwierdzono natomiast wpływu nawożenia organicznego na te stawonogi.

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

Summary

The study determined the influence of microirrigation (microjet sprinkling and drip irrigation) and organic fertilization (compost prepared on the base of sewage sludge) on growing vigour and degree of mycorrhiza of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings as well as occurrence of soil mites (*Acari*) after treatment of edafon inoculation. Two-year (2004–2005) field experiments were carried out in forest nursery at Białe Blota, Forest Inspectorate of Bydgoszcz. Investigations were conducted on a brown podzolic soil formed from loose sandy soil. The first order factor was irrigation used in three treatments: without irrigation (control), drip irrigation, microjet sprinkling. The second order factor was fertilization, used in two variants: mineral fertilization (standard applied in forest nurseries), organic fertilization (compost). The plot area was 4 m² and contained 4 rows (4m length) of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. Total number of plots in each experiment was 24 (3 x 2 x 4).

Organic fertilizer was produced on the base of sewage sludge (80%) and highmoor peat (20%). This fertilizer was spread in spring (dose: 100 t · ha⁻¹) and mixed with the topsoil (10 cm deep) before establishing of exact field experiments. Introduction of edaphon consisted in the mixing of topsoil (2 cm deep) with an organic matter obtained from the surface of partial cutting in habitat of fresh coniferous forest.

Drip irrigation was done with the use of drip lines „T-Tape” (in-line emitters spaced 20 cm apart). Micro-jet irrigation was done with the use of micro-jets “Hadar”. Terms of irrigation and water rates were established according to “Directives for irrigation of forest nurseries on open areas”.

In late autumn the growth of plants was evaluated. The height of seedlings (cm) and shoot diameter (mm) were measured. The soil samples for investigation on mites were taken twice a year (in May and October). The samples of 17 cm² and 3 cm deep were taken from all plots in 3 replications. Mites were extracted from the material in high gradient Tullgren funnels. Oribatid mites (including the juvenile stages) were determined to species. Other mites were determined to order. The root systems of the seedlings were studied using a stereomicroscope (magnification 10–50x). To standardize the sample, lateral roots were taken from three

different levels of the entire root system from each plant (top, middle and bottom), cut into small pieces (ca. 1cm), and mixed in a Petri dish containing water. The percentage of mycorrhizal short roots for each plant was assessed by counting at least 200 short roots from the mixture of segmented roots under the stereomicroscope. Morphotype data were recorded on overall morphology and colour.

The experimental data has been statistically processed by variation analysis. Fisher-Snedecor test was used to determine a significance of influence of experimental factors and Tukey test was used to define significant differences between the combinations.

Studied irrigation systems significantly increased the height of two-years' old Scots pine seedlings. There were no significant differences in the seedling height between the two irrigation systems studied (drip irrigation and micro-jet sprinkling). Fertilization of the seedlings with compost significantly increased the height and diameter of seedlings. Significant interaction of irrigation and organic fertilization was observed. Drip-irrigated Scots pine seedlings grown on plots fertilized with compost were characterized by increased height and diameter. Experimental factors differentiated the mycorrhizal development of 2-years' old Scots pine seedlings. Dominant morphotype belonged to *Thelephora terrestris*. Studied irrigation systems advantageously affected the abundance of mites (*Acari*), including *Oribatida*. An influence of fertilization on these arthropods was not detected.

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

WSTĘP

W opinii leśników praktyków sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) powinna być podstawowym gatunkiem wprowadzanym na słabe grunty porolne [Kocjan 1997]. W szkółkach produkuje się przeważnie sadzonki jednoroczne tego gatunku. Niekiedy jednak uzasadniona jest także produkcja starszych, dobrze wyrosniętych sadzonek. Może to wynikać z potrzeby ich użycia – jako materiału sadzeniowego – w szczególnie trudnych warunkach odnowieniowych np. na silnie zachwaszczających się gruntach porolnych, bądź glebach będących pod wpływem imisji przemysłowych itp. [Kłoskowska 1992].

Efekty produkcji szkółkarskiej związane są głównie z warunkami glebowymi. Siewki drzew powinny rosnąć w glebach o korzystnych właściwościach fizyczno-biologicznych i zasobnych w składniki pokarmowe. Zastosowanie nawodnień umożliwi systematyczne uzupełnianie wody dawkami optymalnymi dla młodych roślin i ułatwia utrzymanie odpowiedniej wilgotności dla edafonu, który ma ogromne znaczenie w procesach humifikacji i mineralizacji oraz w przyswajaniu przez rośliny substancji pokarmowych. Jednym z najważniejszych zabiegów melioracyjnych w szkółkach leśnych jest w tej sytuacji nawadnianie, wykonywane jeszcze dość często przy użyciu deszczowni. Poszukuje się jednak metod nawadniania bardziej energo- i wodooszczędnych, które sprosta-

łyby jednocześnie specyficznym wymaganiom produkcji szkółkarskiej [Jeznach, Pierzgański 1996].

Organizmy glebowe decydują o procesach glebowych i żyzności gleby. W glebach starszych szkółek obserwuje się zmniejszenie różnorodności biologicznej, m.in. grzybów ektomikoryzowych [Aleksandrowicz-Trzcńska 2004]. Na ogół jest to związane z nadmierną alkalizacją gleby, nawożeniem, stosowaniem pestycydów i mechaniczną uprawą gleby. Zasadne wydaje się więc zaszczerpienie gleb szkółek edafonem pochodzącym z gleby leśnej. Zabieg ten może pozytywnie wpłynąć na równowagę biologiczną i większą efektywność mikoryzacji. Wprowadzanie do gleb, np. na zalesionych terenach porolnych [Mazur, Tracz 1996], żywej fauny i stwarzanie dla niej odpowiednich warunków rozwoju jest określane mianem zoomelioracji [Szujecki 1990]. Na rozwój mikoryz i na liczebność fauny glebowej, poza nawadnianiem, może też wpływać nawożenie organiczne. W niniejszym doświadczeniu zastosowano kompost wyprodukowany na bazie osadów ściekowych. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych jest zasadne z ekologicznego punktu widzenia [Siuta, Wasiak 2001], ponieważ jest to najprostszy i najtańszy sposób likwidowania uciążliwych dla środowiska odpadów.

Celem badań było określenie wpływu mikronawodnień (mikrozraszania, nawadniania kropłowego) i nawożenia organicznego na cechy siły wzrostu, stopień mikoryzacji siewek sosny zwyczajnej oraz na występowanie roztoczy (*Acari*) glebowych po zabiegu zoomelioracji.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Ścisłe dwuletnie (2004–2005) badania polowe przeprowadzono w szkółce leśnej Nadleśnictwa Bydgoszcz w Białych Błotach na glebie rdzawej właściwej wytworzonej z piasku luźnego.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w dwuczynnikowym układzie zależnym „split-plot”, w czterech replikacjach [Bruchwald 1997]. Pojedyncze poletko o powierzchni 4 m² obejmowało 4 rzędy roślin o długości 4 m. Łączna liczba poletek w każdym z dwóch doświadczeń wynosiła 24 (3 x 2 x 4). Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie zastosowane w trzech następujących wariantach wodnych: O – bez nawadniania (kontrola), K – nawadnianie kropłowe, M – mikrozraszanie. Czynnikiem drugiego rzędu stanowiło nawożenie, zastosowane w dwóch wariantach: N₁ – nawożenie mineralne (standard stosowany w szkółkach leśnych), N₂ – nawożenie organiczne (kompost).

Do nawodnień kropłowych używano linii kroplującej „T-Tape” z emitarami rozmieszczonymi co 20 cm. Do mikrozraszania stosowano mikrozraszacze

„Hadar” produkcji izraelskiej o średnicy dyszy 1,3 mm (z zieloną wkładką typu „B”). Terminy wykonywania nawodnień ustalano na podstawie „Wytocznych nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych” [Pierzgalski i in. 2002].

Nawóz organiczny, wyprodukowany na bazie osadów ściekowych (80%) i torfu wysokiego (20%), rozrzucono wczesną wiosną i przemieszano z wierzchnią warstwą gleby do głębokości 10 cm, przed założeniem ścisłych eksperymentów polowych w ilości $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zabieg zoomelioracji polegał na rozrzuconiu na powierzchni gleby 1 cm warstwy podściółki leśnej pozyskanej z boru świeżego i zmieszaniu jej z wierzchnią 2-centymetrową warstwą gleby szkółki.

Pomiary biometryczne (cechy siły wzrostu) siewek sosny obejmowały wysokość siewek [cm] i średnicę pędu [mm]. Pomiary te wykonywano jesienią roku 2004 (na roślinach z siewu wiosennego w roku 2003) oraz 2005 (na siewkach z nasion wysianych wiosną 2004).

Wykonano jesienną ocenę stopnia mikoryzacji sadzonek w kolejnych latach badań. Mikoryzy oceniano pod mikroskopem stereoskopowym przy powiększeniu 10–50x i klasyfikowano na podstawie kształtu, koloru, rozmiaru i zewnętrznych cech mufki grzybniowej [Agerer 1987–1997; Ingleby i in. 1990].

Wycinki gleby do badań akarologicznych pobierano dwa razy w roku (w maju i październiku) z każdego poletka z $17 \text{ cm}^2 \times 3 \text{ cm}$ głębokości w 3 powtórzeniach. Roztocze wyplaszano metodą Tullgrena, a następnie konserwowano i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono saprofagiczne mechowce (*Oribatida*), łącznie ze stadiami młodocianymi.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, odpowiednio dla układu doświadczenia. Obliczenia statystyczne wykonano komputerowo, bazując na pakiecie ANW i ANS, wykorzystując test Fishera-Snedecora w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia oraz test Tukey’a dla porównania otrzymanych różnic [Bruchwald 1997].

Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV–IX) kształtowała się w latach 2004–2005 poniżej normy wieloletniej i wyniosła $13,8^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Pierwszy rok badań charakteryzował się niższą temperaturą ($13,4^{\circ}\text{C}$) i niższymi od średnich z wielolecia opadami (244 mm, tj. 87% normy). Drugi rok badań był cieplejszy (temperatura powietrza $14,2^{\circ}\text{C}$) i suchszy (opady 203 mm, czyli 73%). Zależnie od opadów kształtowały się sezonowe dawki nawodnieniowe, wynosząc średnio dla okresu badań 65 mm w nawadnianiu kropłowym i 87 mm w mikrozaszaniu. Większe ilości wody zastosowano w roku 2005 (79 mm w nawadnianiu kropłowym i 105 mm w mikrozaszaniu), mniejsze natomiast w roku 2004 (odpowiednio: 51 i 70 mm).

Tabela 1. Warunki meteorologiczne i dawki wody w sezonie wegetacyjnym (IV–IX)**Table 1.** Meteorological data and water rates during the vegetation season (IV–IX)

Lata badań Years of study	Opady (mm) Rainfall (mm)	Temperatura (°C) Temperature (°C)	Dawki wody – Water rates (mm)	
			K	M
2004	244	13,4	51	70
2005	203	14,2	79	105
2004-2005	223	13,8	65	87
1987-2006	279	14,5	–	–

K, M – odpowiednio – poletka: nawadniane linią kroplującą i przy użyciu mikrozaszaczki
K, M – drip-irrigated plots and microjet-sprinkled plots, respectively

WYNIKI I DYSKUSJA

Nawadnianie istotnie zwiększyło wzrost siewek sosny, średnio dla lat i wariantów nawożenia, z 26,4 cm (nienawadniana kontrola) do 33,6 cm przy mikrozaszaczaniu i 34,8 cm w nawadnianiu kropłowym (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic we wzroście (wysokości) siewek nawadnianych kropłowo bądź mikrozaszaczami, chociaż warto zauważyć, że rośliny nawadniane linią kroplującą były nieco wyższe od nawadnianych przy użyciu mikrozaszaczki. Otrzymane wyniki potwierdzają w pewnym stopniu rezultaty innych badań [Lamhamedi i in. 2001; Stowe i in. 2001], gdzie wykazano, że zmniejszone nawadnianie (*reducing irrigation*) sprzyjało poprawie wzrostu siewek. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Hilszczańską [2001], siewki sosny uprawiane na poletkach nawadnianych codziennie były niższe (7,2 cm) od rosnących na poletkach nawadnianych raz na tydzień (8,3 cm). Wyniki innego doświadczenia [Bergeron i in. 2004] również wskazują, że istnieje możliwość zmniejszenia ilości wody stosowanej w nawadnianiu szkółek bez jednoczesnego, istotnego (niekorzystnego) oddziaływania na wzrost i fizjologię siewek (sadzonek).

Zastosowanie kompostu z osadów ściekowych wpłynęło istotnie na wzrost siewek sosny. Rośliny rosnące na obiektach nawożonych tym nawozem były – średnio w okresie badań – wyższe o 8,6 cm od uprawianych w warunkach kontrolnych. Potwierdza to tym samym wysoką produktywność gleby w szkółce leśnej. Skutecznym warunkiem jej zachowania może być dostarczanie nawozów organicznych, np. w postaci kompostów [Niski 1992].

Wystąpiła interakcja pomiędzy nawożeniem organicznym a nawadnianiem. Nawadniane siewki sosny rosnące na poletkach nawożonych kompostem (warianty: KN₂ i MN₂) były wyższe od uprawianych w warunkach kontrolnych (z nawadnianiem, ale bez kompostu – KN₁ i MN₁). Wyniki te – współdziałanie pomiędzy nawadnianiem i nawożeniem organicznym w kształtowaniu wzrostu – znajdują potwierdzenie we wcześniejszych ustaleniach dotyczących produkcji jednorocznych siewek sosny na gruncie porolnym [Rolbiecki i in. 2005a] oraz w szkółce leśnej [Rolbiecki i in. 2005b].

Tabela 2. Wpływ nawadniania i nawożenia na wysokość dwuletnich siewek sosny (cm)
Table 2. Effect of irrigation and fertilization on the two-years' old Scots pine seedling height (cm)

Nawadnianie Irrigation	Nawożenie Fertilization	Lata badań / Years of study		Średnio Mean
		2004	2005	
O	N ₁	19,4	26,3	22,9
	N ₂	29,5	30,5	30,0
K	N ₁	27,4	33,0	30,2
	N ₂	36,7	42,1	39,4
M	N ₁	26,4	31,6	29,0
	N ₂	34,6	42,1	38,4
Wpływ nawadniania (I) / Effect of irrigation (I)				
O	–	24,5	28,4	26,4
K	–	32,1	37,6	34,8
M	–	30,5	36,8	33,6
Wpływ nawożenia (II) / Effect of fertilization (II)				
–	N ₁	24,4	30,3	27,3
–	N ₂	33,6	38,2	35,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		(I) 4,337	(I) 3,052	(I) 2,566
		(II) 1,615	(II) 2,373	(II) 1,338
		(I) x (II) 4,559	(I) x (II) 4,216	(I) x (II) 3,045
		(II) x (I) 2,798	(II) x (I) 4,110	(II) x (I) 2,318

O, K, M – odpowiednio – poletka: kontrolne (bez nawadniania), nawadniane linią kroplującą nawadniane przy użyciu mikrozaszaczki

O, K, M – without irrigation (control plots), drip-irrigated plots and microjet-sprinkled plots, respectively

N₁, N₂ – odpowiednio – poletka: bez nawożenia organicznego i z nawożeniem organicznym (kompostem)

N₁, N₂ – without organic fertilization and with organic fertilization (compost), respectively

Nie stwierdzono statystycznie udowodnionego wpływu mikronawodnień (stosowanych w drugim roku uprawy) na średnicę pędu siewek sosny (tab. 3). W cytowanych już wcześniejszych badaniach, przeprowadzonych na plantacjach jednorocznych sosny zwyczajnej [Rolbiecki i in. 2005a; Rolbiecki i in. 2005b], zastosowanie mikronawodnień istotnie zwiększyło średnicę pędu siewek.

Nawożenie organiczne, niezależnie od wariantu wodnego, oddziaływało z kolei istotnie na zwiększenie średnicy, a stwierdzona w stosunku do siewek uprawianych bez kompostu różnica, średnio dla dwóch lat, wynosiła 1,5 mm (20%).

Wystąpiło współdziałanie nawadniania i nawożenia organicznego w kształtowaniu średnicy pędu siewki. Większe wartości tej cechy – tak w poszczególnych latach badań, jak i całym okresie – stwierdzono na poletkach nawożonych kompostem i nawadnianych systemem kropłowym. Podobna interakcja nawadniania i nawożenia organicznego miała miejsce na plantacji, w pierwszym roku po wysiewie nasion [Rolbiecki i in. 2005a; Rolbiecki i in. 2005b].

Tabela 3. Wpływ nawadniania i nawożenia na średnicę pędu dwuletnich siewek sosny (mm)
Table 3. Effect of irrigation and fertilization on the two-years' old Scots pine seedling diameter (mm)

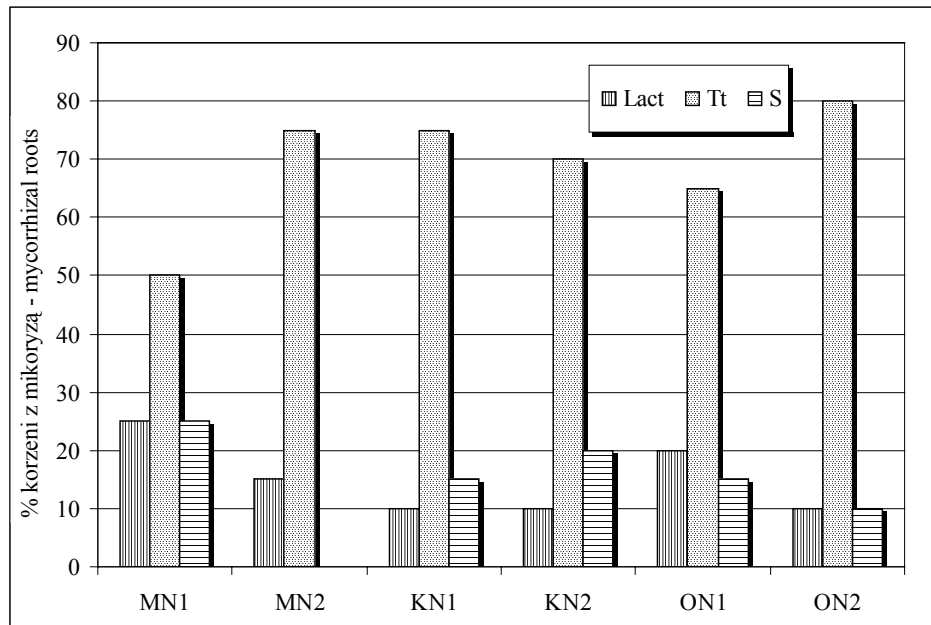
Nawadnianie Irrigation	Nawożenie Fertilization	Lata badań / Years of study		Średnio Mean
		2004	2005	
O	N ₁	6,5	7,6	7,0
	N ₂	10,1	8,4	9,3
K	N ₁	7,3	7,8	7,5
	N ₂	8,8	9,2	9,0
M	N ₁	7,2	8,2	7,7
	N ₂	7,8	8,8	8,3
Wpływ nawadniania (I) / Effect of irrigation (I)				
O	–	8,3	8,0	8,2
K	-	8,1	8,1	8,3
M		7,5	8,5	8,0
Wpływ nawożenia (II) / Effect of fertilization (II)				
–	N ₁	7,0	7,9	7,4
–	N ₂	8,9	8,8	8,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		(I) n.s.	(I) n.s.	(I) n.s.
		(II) 1,443	(II) 0,443	(II) 0,250
		(I) x (II) 2,565	(I) x (II) 1,328	(I) x (II) 1,099
		(II) x (I) 2,500	(II) x (I) 0,767	(II) x (I) 0,433

Objaśnienia – pod tabelą 2

Explanations – see Table 2

Thelephora terrestris był dominującym gatunkiem grzybów tworzącym mikoryzy na korzeniach dwuletnich siewek sosny (rys. 1). Zbliżony procent jego mikoryz obserwowano w każdym (z wyjątkiem MN₁) wariancie doświadczenia. W tym wariancie stwierdzono natomiast podobny procent mikoryz wytworzonych przez *Laccaria laccata* i *Suillus* sp.

Uzyskane wyniki pokazały, że tworzenie, rozwój i w efekcie liczba mikoryz mogą się zmieniać wraz ze zmianą warunków wilgotnościowych gleby. Występowanie ektomikoryz *T. terrestris* w największym nasileniu w wariancie bez nawadniania wskazuje, że mikoryzy tego gatunku lepiej rozwijają się w warunkach mniejszej wilgotności, chociaż trzeba wyraźnie zaznaczyć, że obficie występował on na wszystkich poletkach, niezależnie od wariantu nawozowego i nawodnieniowego. W badaniach przeprowadzonych przez Stenstrom [za Hilszczańską 2001] nad wpływem nawadniania na tworzenie ektomikoryz u sosny w warunkach *in vitro*, *L. laccata* i *T. terrestris* nie były wrażliwe na nawadnianie. Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu częściowo potwierdziły brak wrażliwości grzybni *T. terrestris* na zwiększoną wilgotność gleby poletek nawadnianych.



Rysunek 1. Występowanie mikoryz u dwuletnich sadzonek sosny zwyczajnej w zróżnicowanych wariantach nawadniania i nawożenia. Lact – mikoryzy *Laccaria laccata*, Tt – mikoryzy *Thelephora terrestris*, S – mikoryzy *Suillus* sp. O, K, M oraz N₁, N₂: – patrz – pod tabelą 2.

Figure 1. Frequencies of mycorrhizal morphotypes in different treatments of irrigation and fertilization on 2 years' old seedlings of Scots pine. Lact – Mycorrhizas of *Laccaria laccata*, Tt- mycorrhizas of *Thelephora terrestris*, S-mycorrhizas of *Suillus* sp. O, K, M and N₁, N₂: see Table 2.

Roztocze, a szczególnie mechowce, licznie występują w glebach borów sosnowych – 100–200 tys. osobn. · m⁻² [Klimek 2000]. W glebach szkótek leśnych, podobnie jak na polach uprawnych, na skutek oddziaływania zabiegów agrotechnicznych żyją mało zróżnicowane gatunkowo i nieliczne zgrupowania tych stawonogów [Rolbiecki i in. 2005c]. Po zastosowanym zabiegu zoomelioracji niską liczebność roztoczy stwierdzono na stanowiskach nienawadnianych – 2,09–2,31 tys. osobn. · m⁻² (tab. 4). Wyraźnie wyższe zagęszczenie tych stawonogów odnotowano na stanowiskach nawadnianych, a szczególnie w przypadku łącznego oddziaływania mikrozaszrania i nawożenia organicznego – 12,87 tys. osobn. · m⁻².

Na układ zagęszczenia roztoczy na stanowiskach badawczych w głównej mierze rzutowały saprofagiczne mechowce. Roztocze te były najliczniejsze na stanowisku MN₂ – 3,80 tys. osobn. · m⁻². Z układu liczebności *Oribatida* w badanych wariantach doświadczenia wynika, iż na ich zagęszczenie wyraźnie

wpływa nawadnianie, co potwierdzono statystycznie. Nie odnotowano natomiast wyraźnego wpływu nawożenia organicznego na te roztocze. Na badanych stanowiskach stwierdzono występowanie od 8 do 15 gatunków mechowców. Nawadnianie oraz nawożenie organiczne nie wpłynęło na różnorodność gatunkową tych roztoczy.

Tabela 4. Zagęszczenie roztoczy (N w tys. osobn. \cdot m^{-2}) oraz liczba gatunków (S), średnia liczba gatunków w próbie (s) i wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H) dla zgrupowań *Oribatida* w różnych systemach nawadniania i nawożenia

Table 4. Abundance (N in 1000 individuals \cdot m^{-2}) of mites, number of *Oribatida* species (S), average number of species (s) and Shannon index (H) under different irrigation and fertilization systems

Wskaźnik – grupa roztoczy Index – group of mites	Powierzchnia / Plot					
	ON ₁	ON ₂	KN ₁	KN ₂	MN ₁	MN ₂
$N - Acari$	2,31	2,09	9,37*	5,25*	6,16*	12,87*
$N - Oribatida$	0,93	0,59	3,04*	2,63*	2,41*	3,80*
$S - Oribatida$	12	8	11	15	15	12
$s - Oribatida$	0,8	0,6	1,4	1,3	1,3	1,2
$H - Oribatida$	1,64	1,32	1,59	1,35	1,47	1,28

* istotność różnic między stanowiskiem ON₁ a pozostałymi stanowiskami, $p = 0,05$ – significant between plot ON₁ and a certain plot at $p = 0,05$

WNIOSKI

1. Nawadnianie istotnie zwiększyło wzrost dwuletnich siewek sosny. Nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości roślin nawadnianych kropłowo bądź mikrozaszczacami.

2. Zastosowanie kompostu z osadów ściekowych zwiększyło istotnie wysokość siewek sosny.

3. Stwierdzono statystycznie udowodnione współdziałanie nawożenia organicznego (kompostu) i nawadniania w kształtowaniu wysokości siewek.

4. Nie stwierdzono istotnego wpływu stosowanych w drugim roku uprawy mikronawodnień na średnicę pędu siewek sosny.

5. Nawożenie organiczne (kompost), niezależnie od wariantu wodnego, oddziaływało istotnie na zwiększenie średnicy pędu dwuletnich siewek sosny.

6. Wystąpiło współdziałanie nawadniania i nawożenia organicznego w kształtowaniu średnicy siewki. Większe wartości tej cechy stwierdzono na poletkach nawożonych kompostem i nawadnianych systemem kropłowym.

7. Dominującym gatunkiem grzybów tworzących mikoryzy na korzeniach dwuletnich siewek sosny był *Thelephora terrestris*.

8. Zastosowane w doświadczeniu systemy nawodnień korzystnie wpłynęły na zagęszczenie roztoczy, w tym mechowców, nie stwierdzono natomiast wpływu nawożenia organicznego na te stawonogi.

PODZIĘKOWANIE

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 zastosowanego w doświadczeniu.

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.
- Bergeron O., Lamhamedi M.S., Margolis H.A., Bernier P.Y., Stowe D. *Irrigation control and physiological responses of nursery-grown black spruce seedlings (1+0) cultivated in air-slit containers*. HortScience, 39, 3, 2004, s. 599–605.
- Bruchwald A. *Statystyka matematyczna dla leśników*. Wyd. SGGW, Warszawa, 1997, s. 1–255.
- Hilszczańska D. *Stan symbiozy mikoryzowej i wzrost inokulowanych siewek sosny Pinus sylvestris L. rosnących w szklarni w warunkach różnej wilgotności podłoża*. Sylwan, 7, 2001, s. 89–95.
- Ingleby K., Mason P.A., Last F.T., Fleming L.V. *Identification of ectomycorrhizas*. ITE research publication no. 5, Institute of Terrestrial Ecology, London: HMSO. 1990.
- Jeznach J., Pierzgałski E. *Przyrodnicze i techniczne trendy rozwoju mikronawodnień*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 438, 1996, s. 175–182.
- Klimek A. *Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida)*. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy, Rozprawy 99, 2000, s. 1–93.
- Kłóskowska A. *Produkcja sadzonek na powierzchni otwartej*. W: Szkołkarstwo leśne (pr. zbior. pod red. R. Sobczaka), Wyd. Świat, Rozdz. IV, 1992, s. 51–89.
- Kocjan H. *Możliwości wzbogacania najuboższych biocenoz leśnych na gruntach porolnych*. Przegląd Przyrodniczy VIII, 1/2, 1997, s. 43–46.
- Lamhamedi M.S., Lambany G., Margolis H.A., Renaud M., Veilleux L. *Growth, physiology and leachate losses in Picea glauca seedlings (1+0) grown in air-slit containers under different irrigation regimes*. Can. J. For. Res. 31, 2001, s. 1968–1980.
- Mazur S., Tracz H. *O znaczeniu i sposobach zoo- i fitomelioracji zalesianych gruntów porolnych*. Post. Techn. Leśn. 60, Warszawa, 1996, s. 26–31.
- Niski A. *Nawożenie organiczne [w:] Szkołkarstwo leśne (pr. zbior. pod red. R. Sobczaka), Wyd. Świat, rozdz. III(1), 1992, s. 35–43*.
- Pierzgałski E., Tyszka J., Boczoń A., Wiśniewski S., Jeznach J., Żakowicz S. *Wytyczne nawadniania szkótek leśnych na powierzchniach otwartych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2002, s. 1–63.
- 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 zoomelioracji (Badania wstępne)*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4/2005, Kraków 2005a, s. 131–143.
- 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 zoomelioracji*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 506, Warszawa 2005b, 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*. Roczn. AR Pozn. CCCLXV, Melior. Inż. Środ. 26, Poznań 2005c, s. 371–377.
- Siuta J., Wasiak G. *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe*. Inżynieria Ekologiczna Nr 3, 2001, s. 13–42.
- Stowe D.C., Lamhamedi M.S., Margolis H.A. *Water relations, cuticular transpiration, and bud characteristics of air-slit containerized Picea glauca seedlings in response to controlled irrigation regimes*. Can. J. For. Res. 31, 2001, s. 2200–2212.
- Szujecki A. *Ekologiczne aspekty odtwarzania ekosystemów leśnych na gruntach porolnych*. Sylvan 3-12, Warszawa 1990, s. 23–40.

Dr inż. Roman Rolbiecki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
Tel. 0523749547, E-mail: rolbr@utp.edu.pl

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
Tel. 0523749552, E-mail: rolbs@utp.edu.pl

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