

MARTA ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA

Stan mikoryz i wzrost naturalnych odnowień sosny zwyczajnej chronionych chemicznie przed osutką*

Mycorrhizae and growth of Scots pine natural regeneration chemically treated against *Lophodermium* needle cast

ABSTRACT

Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2009. Stan mikoryz i wzrost naturalnych odnowień sosny zwyczajnej chronionych chemicznie przed osutką. Sylwan 153 (3): 171-181.

The effect of two fungicides Falcon 460 EC and Gwarant 500 SC used at recommended rates and concentrations to protect seedlings in the natural regeneration of Scots pine against *Lophodermium* needle cast was investigated. Also, the effect of the fungicides on the status of mycorrhizae and growth of seedlings was assessed. Single or twofold application of Falcon or Gwarant to pine seedlings during the growing season may appear insufficient to provide complete protection against *Lophodermium* needle cast, especially when the threat of infection is higher. Falcon was found to be more effective in protecting pine seedlings against *Lophodermium* needle cast in comparison with Gwarant. None of the tested fungicides had a limiting effect on the formation of mycorrhizae and growth of seedlings. Both fungicides had a slight limiting effect on the formation of complex dichotomous and coraloid structures only in one-year-old pines.

KEY WORDS

ectomycorrhiza, fungicides, natural regeneration, *Lophodermium* needle cast, Scots pine.

ADDRESSES

Marta Aleksandrowicz-Trzcńska – e-mail: marta_aleksandrowicz_trzcinska@sggw.pl

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; SGGW; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

Wstęp

Realizacja obowiązujących zasad hodowli lasu, wskazujących na potrzebę doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych, powoduje, że coraz częściej stosuje się naturalne odnowienie lasu. Poważnym zagrożeniem dla nalotów sosnowych, nierzadko prowadzącym do przepadania samosiewów, jest wiosenna osutka, choroba powodowana przez zespół grzybów z dominującym *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar [Andrzejczyk 2002]. Przy niedużym zagrożeniu chorobą skuteczną ochronę mogą zapewnić zabiegi hodowlane. W sytuacji silnego zagrożenia odnowień naturalnych sosny należałoby rozważyć zastosowanie ochrony chemicznej. Zarówno porażenie siewek przez osutkę, jak i zaburzenia w tworzeniu i funkcjonowaniu mikoryz, będące skutkiem stosowania fungicydów, mogą mieć niekorzystny wpływ na wzrost samosiewów, utrzymujący się nawet przez kilka następnych sezonów wegetacyjnych.

Podjęte badania oceniały skuteczność działania fungicydów (Falconu 460 EC i Gwarantu 500 SC) w zwalczaniu osutki sosny, ich wpływu na stan mikoryz oraz wzrost nalotów. Badaniami prowadzonymi przez trzy kolejne sezony wegetacyjne objęto odnowienia naturalne, w wieku od 1 do 4 lat. W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki uzyskane z doświadczeń przeprowadzonych w ostatnim roku badań. Rezultaty wcześniejszych badań zawiera praca Aleksandrowicz-Trzcńskiej [2007a].

* Badania zostały sfinansowane przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

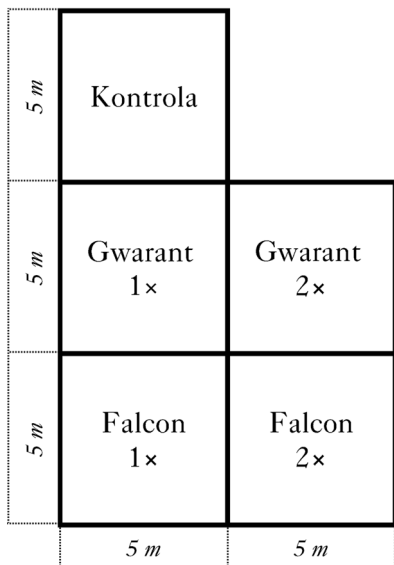
Metodyka badań

Obiektem badań były dwa zręby zupełne, założone na siedlisku boru świeżego (Bśw), odnowione naturalnie sosną zwyczajną. W Nadleśnictwie Gostynin wybrano nalot w pierwszym roku po obsiewie nasion, występujący na wrębie o szerokości 60 m. W Nadleśnictwie Brzeziny doświadczenie przeprowadzono w czwartym sezonie wzrostu samosiewu, powstałego na kolejnym zrębie w ostępie.

Doświadczenia w obu nadleśnictwach składały się z pięciu wariantów. Wariantami były siewki traktowane jedno- lub dwukrotnie Falconem 460 EC lub Gwarantem 500 SC w sezonie wegetacyjnym. Kontrolę stanowiły siewki niechronione chemicznie. W odnowieniach wyznaczono stałe powierzchnie próbne, reprezentujące różne położenie w stosunku do drzewostanu obsiewającego. Powierzchnia próbna składała się z pięciu działek, będących kwadratami o boku 5 m, odpowiadającym pięciu wariantom doświadczenia (ryc. 1). W odnowieniu w Nadleśnictwie Gostynin wyznaczono 10 stałych powierzchni próbnych, usytuowanych po 5 w dwóch rzędach, odległych od siebie o 20 m i o 10 m od ścian otaczających drzewostanów. Odległość między powierzchniami w rzędach wynosiła 25 m. W Nadleśnictwie Brzeziny powierzchnie próbne rozmieszczono w trzech rzędach, odległych od siebie o 25 m i prostopadłych do ściany drzewostanu obsiewającego. W jednym rzędzie znajdowały się trzy powierzchnie próbne (odległe od siebie o 10 m – pierwsza od drugiej i 20 m druga od trzeciej), a na zrębie – dziewięć.

Pierwszy zabieg fungicydami wykonano w połowie lipca, a drugi na początku września. Falcon zastosowano w stężeniu 0,15%, a Gwarant w stężeniu 0,5%. W Nadleśnictwie Gostynin (sosna jednoroczna) zużyto 500 litrów cieczy roboczej na hektar, a w Nadleśnictwie Brzeziny (sosna czteroletnia) – 1000 l/ha. Charakterystykę fungicydów przedstawiono w tabeli 1.

W końcu sezonu wegetacyjnego oceniono zagęszczenie nalotów. W Nadleśnictwie Gostynin policzono wszystkie siewki (odrębnie w bruzdzie i na skibie) na transektach o szerokości 1 m, biegnących przez środek powierzchni próbnych. W Nadleśnictwie Brzeziny policzono wszystkie siewki na powierzchniach próbnych, jednocześnie zmierzono wysokość 1125 siewek z wariantu (po 125 sosen równomiernie rozmieszczonych na działce).



Ryc. 1.

Schemat powierzchni próbnej

Sample plot design

Kontrola – siewki kontrolne; Falcon 1x – siewki jednokrotnie traktowane Falconem; Falcon 2x – siewki dwukrotnie traktowane Falconem; Gwarant 1x – siewki jednokrotnie traktowane Gwarantem; Gwarant 2x – siewki dwukrotnie traktowane Gwarantem

Kontrola – untreated seedlings; Falcon 1x – seedlings treated once with Falcon; Falcon 2x – seedlings treated twice with Falcon; Gwarant 1x – seedlings treated once with Gwarant; Gwarant 2x – seedlings treated twice with Gwarant

Tabela 1.

Charakterystyka fungicydów
Fungicide description

Nazwa handlowa preparatu	Zawartość substancji czynnej w 1 litrze środka	Klasa toksyczności	Producent
Falcon 460 EC	spiroksamina 250 g tebukonazol 167 g triadimenol 43 g	III	Bayer CropScience AG – Niemcy
Gwarant 500 SC	chlorotalonil 500 g	IV	Arysta Agro Polska Sp. z o.o.

Siewki (Nadleśnictwo Gostynin) i próby glebowe (Nadleśnictwo Brzeziny) do oceny stopnia zmikoryzowania zostały pobrane po około sześciu tygodniach od ostatnich zabiegów. W Nadleśnictwie Gostynin pobrano po 40 siewek z każdego wariantu, 20 rosnących w bruzdzie i 20 na skibie. W Nadleśnictwie Brzeziny w każdym wariantcie próbnikiem o średnicy 3,6 cm pobrano z głębokości 0-10 cm po 27 prób.

W laboratorium korzenie płukano na sitach i analizowano pod mikroskopem stereoskopowym. Metodą liczenia określono udział wierzchołków autotroficznych i mikoryzowych z podziałem na morfotypy. Z każdej próby glebowej i z każdej siewki oceniono poddano 100 korzeni krótkich. Dla sosen z Nadleśnictwa Gostynin zmierzono ponadto grubość w szyi korzeniowej, długość pędu oraz metodą Böma [1985] określono długość korzeni. Metoda ta polega na losowym ułożeniu korzeni na siatce kwadratów o dowolnej długości boku (w prezentowanych badaniach bok kwadratów wynosił 0,5 cm) i określeniu liczby linii, które przecinają korzenie. Długość korzeni obliczono według wzoru:

$$L = 11/14 \cdot n \cdot a$$

gdzie:

- L – długość korzeni w cm,
- n – liczba przecięć siatki kwadratów,
- a – długość boku kwadratu ($a=0,5$ cm).

Wiosną następnego sezonu wegetacyjnego oceniono porażenie siewek przez osutkę. Na każdej działce 10 kolejnych siewek kwalifikowano do jednej z 4 klas porażenia: 0 – siewki zdrowe, 1 – udział igieł porażonych do 25%, 2 – udział igieł porażonych 26-50%, 3 – udział igieł porażonych 51-75%, 4 – udział igieł porażonych powyżej 75%. Na podstawie otrzymanych danych obliczono stopień porażenia (SP) siewek przez osutkę na poszczególnych działkach i w wariantach według wzoru:

$$SP = \sum(n_i \cdot k_i) / N$$

gdzie:

- n_i – liczba siewek w danej klasie porażenia,
- k_i – klasa porażenia,
- N – liczba ocenianych siewek.

Dane empiryczne cech biometrycznych siewek i ich zagęszczenia oraz udziału wierzchołków autotroficznych, mikoryzowych i martwych zostały poddane analizom statystycznym (analiza wariancji i test Duncana). Przyjęty poziom istotności wynosił 0,05.

Wyniki

Łącznie na korzeniach siewek sosny w odnowieniach naturalnych w Nadleśnictwie Gostynin i Brzeziny stwierdzono 10 morfotypów mikoryz:

1. Mikoryzy jasne wydłużone, mufka gładka, czasami z odrobiną białej grzybni, sporadycznie obserwowano białe ryzomorfy.
2. Mikoryzy jasnbrązowe kiedy młode, starsze ciemniejsze, najczęściej skrócone z gładką mufką.
3. Mikoryzy jasne z niezbyt obfitą białą grzybnią, ryzomorfy białe, cienkie, czasami bardzo liczne.
4. Mikoryzy jasne, pokryte białym kutnerem, znikającym po dotknięciu, ryzomorfy białe płaskie.
5. Mikoryzy jasne, srebrzysto-szara grzybnia obficie przerastała podłoże, ryzomorfy białoszare.
6. Mikoryzy czarne, mufka gładka, czasem bardzo gruba.
7. Mikoryzy brązowe z obfitą szaro-fioletową grzybnią, ryzomorfy grube, brązowe.
8. Mikoryzy z białą błyszczącą lub białą z różowym odcieniem bardzo grubą mufką, ryzomorfy białe, grube, liczne.
9. Mikoryzy tworzone przez *Cenococcum geophilum* Fr.:Fr.
10. Mikoryzy tworzone przez *Piloderma*.

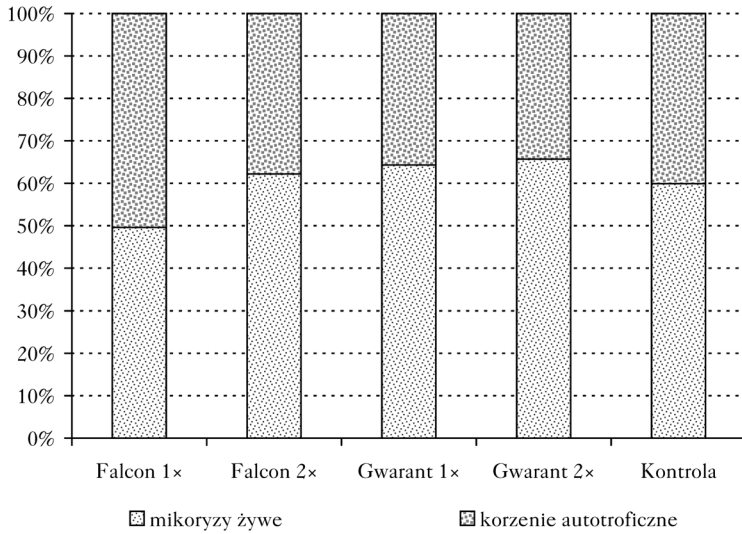
W Nadleśnictwie Gostynin wystąpiły tylko dwa morfotypy mikoryz (1 i 2), oba były porównywalnie liczne. W Nadleśnictwie Brzeziny dominował morfotyp 3, morfotypy 1, 2 i 4 obserwowano często, a pozostałe morfotypy (5-10) – sporadycznie. Średnio w doświadczeniu przeprowadzonym w Nadleśnictwie Gostynin udział wierzchołków mikoryzowych wynosił 60,3%, a autotroficznych 39,7%. Na korzeniach jednorocznych siewek nie stwierdzono mikoryz martwych. W Nadleśnictwie Brzeziny wystąpiło 85,8% mikoryz żywych, 12,0% martwych oraz 2,2% korzeni autotroficznych. W żadnym z doświadczeń nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w udziale mikoryz żywych, martwych i wierzchołków autotroficznych (Nadleśnictwo Gostynin $p=0,4230$, Nadleśnictwo Brzeziny: mikoryzy żywe $p=0,2814$, martwe $p=0,1062$, wierzchołki autotroficzne $p=0,3870$) (ryc. 2 i 3).

Korzystniejszą strukturą form wierzchołków mikoryzowych charakteryzowały się sosny czteroletnie z Nadleśnictwa Brzeziny (tab. 2 i 3). Na ich korzeniach obserwowano mikoryzy typu grono niewystępujące u jednolatek, a udział mikoryz koralowatych był czterokrotnie większy niż u siewek z Nadleśnictwa Gostynin. Traktowanie fungicydami sosen czteroletnich nie wpłynęło na strukturę form wierzchołków mikoryzowych (tab. 3). Natomiast u siewek jednorocznych najkorzystniej struktura ta kształtowała się dla sosen z wariantu kontrolnego. Zanotowano tu największy udział form złożonych wielokrotnie dychotomicznie rozgałęzionych i koralowatych, a najmniej mikoryz prostych (tab. 2).

Grubość w szyi korzeniowej jednorocznych siewek sosny wynosiła średnio 1,71 mm. Sosny jednokrotnie traktowane Falconem były istotnie grubsze w szyi korzeniowej (1,95 mm, $p=0,0159$) od pozostałych siewek chronionych chemicznie, lecz nie różniły się istotnie od sosen kontrolnych (1,77 mm). Zmienność grubości w szyi korzeniowej wynosiła od 24,5 do 39,6% (tab. 4).

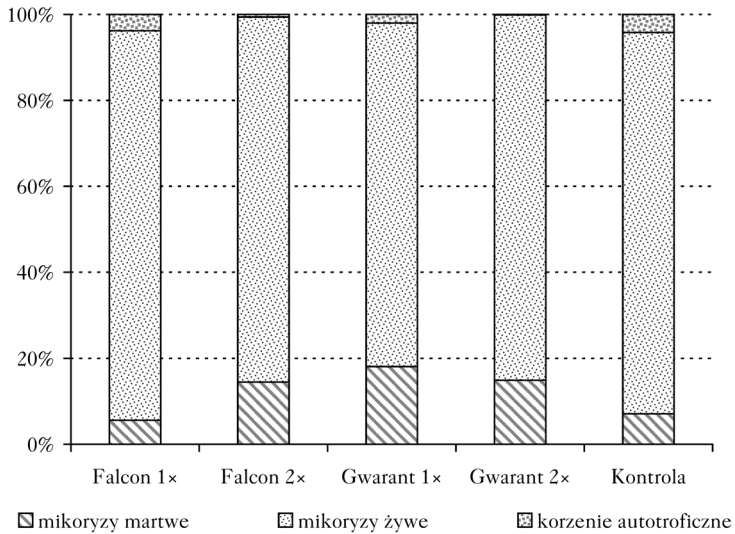
Największą długością pędu charakteryzowały się sosny jednokrotnie traktowane Falconem (6,5 cm), a najmniejszą – jednokrotnie opryskiwane Gwarantem (6,1 cm). Nie stwierdzono jednak różnic istotnych statystycznie w wartości tej cechy między wariantami ($p=0,7453$). Współczynnik zmienności wynosił średnio 24,8% (tab. 4).

Średnia długość korzeni dla siewek z doświadczenia wynosiła 144,3 cm. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w wielkości tej cechy między wariantami ($p=0,3009$). Współczynnik zmienności zawierał się w przedziale 43,2-52,8% (tab. 4).



Ryc. 2.

Struktura korzeni krótkich nalotów sosny w pierwszym roku wzrostu (Nadleśnictwo Gostynin)
Structure of short roots of pine seedlings in a natural regeneration in the first year of growth (Gostynin Forest District)



Ryc. 3.

Struktura korzeni krótkich nalotów sosny po czwartym roku wzrostu (Nadleśnictwo Brzeziny)
Structure of short roots of pine seedlings in a natural regeneration after four years of growth (Brzeziny Forest District)

Średnia wysokość sosen z wariantu kontrolnego w końcu czwartego sezonu wzrostu wynosiła 34,5 cm. Wyższe były sosny traktowane dwukrotnie Falconem (37,5 cm), niższe zaś opryskiwane Gwarantem jedno- (31,8 cm) i dwukrotnie (34,6 cm) oraz jednokrotnie Falconem (33,6 cm). Różnice te okazały się nieistotne statystycznie ($p=0,4942$). Współczynnik zmienności wysokości zawierał się w przedziale 31-43%.

Tabela 2.

Struktura form wierzchołków mikoryzowych jednorocznego nalotu sosny (Nadleśnictwo Gostynin)
Structure of mycorrhizal tip forms in one-year-old seedlings in a natural regeneration of pine (Gostynin Forest District)

Wariant	Udział mikoryz [%]			
	pojedynczych	dychotomicznych	wielokrotnie dychotomicznych	korolowatych
Falcon 1×	75,6	19,5	4,0	0,9
Falcon 2×	69,3	20,2	8,8	1,7
Gwarant 1×	69,0	19,6	8,6	2,8
Gwarant 2×	68,5	21,0	9,0	1,5
Kontrola	65,1	20,5	11,1	3,3
Średnia	69,5	20,2	8,3	2,0

Tabela 3.

Struktura form wierzchołków mikoryzowych czteroletniego nalotu sosny (Nadleśnictwo Brzeziny)
Structure of mycorrhizal tip forms in four-year-old seedlings in a natural regeneration of pine (Brzeziny Forest District)

Wariant	Udział mikoryz [%]				
	pojedynczych	dychotomicznych	wielokrotnie dychotomicznych	korolowatych	typu grono
Falcon 1×	58,7	15,9	15,6	9,7	0,1
Falcon 2×	66,2	16,7	10,5	6,5	0,1
Gwarant 1×	68,9	13,5	9,3	8,3	0,0
Gwarant 2×	59,6	17,0	12,4	10,9	0,1
Kontrola	63,3	17,7	10,7	8,0	0,3
Średnia	63,3	16,2	11,7	8,7	0,1

Tabela 4.

Cechy biometryczne jednorocznych siewek sosny (Nadleśnictwo Gostynin)
Biometrical parameters of one-year-old pine seedlings (Gostynin Forest District)

Cecha Wariant	Grubość w szyi korzeniowej		Długość pędu		Długość korzeni	
	x [mm]	v [%]	x [cm]	v [%]	x [cm]	v [%]
Falcon 1×	1,95 b	39,6	6,5 a	24,3	154,4 a	52,8
Falcon 2×	1,66 a	28,9	6,4 a	26,4	142,2 a	43,2
Gwarant 1×	1,52 a	24,5	6,1 a	23,2	126,1 a	47,6
Gwarant 2×	1,65 a	30,4	6,2 a	24,8	157,0 a	49,6
Kontrola	1,77 ab	34,4	6,4 a	25,7	141,8 a	48,3
Średnio	1,71	33,6	6,3	24,8	144,3	48,9

x – średnia; v – współczynnik zmienności. Ta sama litera w kolumnach oznacza brak różnic istotnych statystycznie między średnimi w teście Duncana przy $p=0,05$

x – mean; v – coefficient of variance. The same letter indicates that differences are not significant statistically in Duncan test, $p=0,05$

Zagęszczenie jednorocznych siewek było istotnie wyższe w brzdach ($56,7 \text{ szt./m}^2$) niż na skibach ($15,0 \text{ szt./m}^2$) ($p=0,0000$). Najniższe zagęszczenie obserwowano w wariantcie z jednokrotnym traktowaniem Gwarantem, lecz różnice między wariantami w wielkości tej cechy były nieistotne statystycznie ($p=0,1507$). Współczynnik zmienności był bardzo wysoki i w większości wariantów przekraczał 100% (tab. 5).

Zagęszczenie sosen czteroletnich wynosiło od 5 szt./m^2 w wariantcie z dwukrotnym zabiegem Falconem do 10 szt./m^2 w kontroli. Różnice te okazały się jednak nieistotne statystycznie

($p=0,1352$). Współczynnik zmienności zagęszczenia siewek był wysoki i wynosił nawet 122% dla siewek dwukrotnie traktowanych Falconem. Działki położone najbliżej (10-25 m) od drzewostanu obsiewającego we wszystkich wariantach, charakteryzowały się większym zagęszczeniem siewek w porównaniu z działkami położonymi w głębi zrębu. Różnice nie były jednak istotne statystycznie. Wyjątek stanowi wariant z siewkami traktowanymi dwukrotnie Falconem, gdzie zagęszczenie siewek na działkach oddalonych od ściany drzewostanu obsiewającego o 70-85 m, wynosiło średnio jedynie 0,7 szt./m² i było istotnie mniejsze od zagęszczenia na pozostałych działkach tego wariantu ($p=0,0000$) (tab. 6).

Lustracja nalotów wykonana wiosną (w drugim roku wzrostu siewek) w Nadleśnictwie Gostynin nie wykazała porażenia siewek sosny przez osutkę. Choroba wystąpiła w nieznacznym nasileniu w Nadleśnictwie Brzeziny. Większe porażenie stwierdzono na powierzchniach próbnych położonych najbliżej (10-25 m) drzewostanu obsiewającego. Dla siewek kontrolnych, niechronionych chemicznie, stopień porażenia wyniósł 1,7 w czterostopniowej skali, podczas gdy na działkach rozmieszczonych w większej odległości od drzewostanu obsiewającego tylko 0,4. Przeprowadzenie jednego lub dwóch zabiegów fungicydami zapewniło pełną ochronę przed chorobą tylko na powierzchniach położonych w największej odległości (70-85 m) od drzewostanu obsiewającego (tab. 7).

Tabela 5.

Zagęszczenie siewek [szt./m²] w odnowieniu naturalnym sosny w pierwszym roku wzrostu (Nadleśnictwo Gostynin)

Density of seedlings [pcs/m²] in a natural regeneration of pine in the first year of growth (Gostynin Forest District)

Wariant	Zagęszczenie siewek			
	w bruździe	na skibie	w wariacie	
			x	v [%]
Falcon 1×	63,6	14,8	39,2 a	138,3
Falcon 2×	55,2	15,4	35,3 a	113,5
Gwarant 1×	41,7	15,2	28,5 a	98,9
Gwarant 2×	58,5	17,4	38,0 a	114,1
Kontrola	64,5	12,2	38,4 a	132,3
Średnia	56,7	15,0	35,9	123,3

Oznaczenia jak w tabeli 4

Description as in table 4

Tabela 6.

Zagęszczenie siewek [szt./m²] w odnowieniu naturalnym sosny po czterech latach wzrostu (Nadleśnictwo Brzeziny)

Density of seedlings [pcs/m²] in a natural regeneration of pine after four years of growth (Brzeziny Forest District)

Wariant	Zagęszczenie siewek na pow. położonych w odleg. (m) od drzewostanu obsiewającego			Średnia dla wariantu	
	10-25	35-50	70-85	x	v [%]
Falcon 1×	10,7	4,4	7,4	7,5 a	81
Falcon 2×	9,5	4,9	0,7*	5,0 a	122
Gwarant 1×	9,5	2,5	5,0	5,7 a	105
Gwarant 2×	15,8	7,9	5,8	9,8 a	85
Kontrola	12,9	9,7	7,6	10,0 a	85
Średnia dla powierzchni	11,7	5,9	5,3	7,6	95,6

* istotnie statystycznie mniejsze; pozostałe oznaczenia jak w tabeli 4

* statistically significantly lower; description as in table 4

Tabela 7.

Stopień porażenia sosny przez osutkę w odnowieniu naturalnym w Nadleśnictwie Brzeziny
Infection level of seedlings by *Lophodermium* needle cast in a natural regeneration of pine in the territory of the Brzeziny Forest District

Wariant	Średnia dla wariantu	Stopień porażenia sosny przez osutkę na pow. próbnych położonych w odległości [m] od drzewostanu obsiewającego		
		10-25	35-50	70-85
Falcon 1×	0,1	0,2	0,1	0,0
Falcon 2×	0,1	0,3	0,1	0,0
Gwarant 1×	0,3	0,8	0,2	0,0
Gwarant 2×	0,2	0,4	0,0	0,0
Kontrola	0,8	1,7	0,4	0,4

Dyskusja

Doświadczenie przeprowadzone w odnowieniu naturalnym sosny w Nadleśnictwie Gostynin nie pozwoliło na ocenę skuteczności działania ochronnego zastosowanych fungicydów Falconu i Gwarantu. Odnowienie powstało wprawdzie na zrębie (60 m), stwarzającym korzystne warunki mikroklimatyczne do wystąpienia osutki (wysoka wilgotność i ocienienie), jednak nie obserwowano objawów porażenia zarówno na sosnach chronionych chemicznie, jak i kontrolnych. Być może zdecydowały o tym inne czynniki: warunki pogodowe, brak źródła inokulum (w nadleśnictwie nie występowały uprawy porażone osutką).

W Nadleśnictwie Brzeziny obserwowano objawy wystąpienia choroby w różnym nasileniu w zależności od lokalizacji siewek na zrębie. Sosny rosnące w odległości 10-25 m od ściany drzewostanu obsiewającego, na skutek ocienienia, większej wilgotności oraz dwukrotnie większego zagęszczenia charakteryzowały się wyższym stopniem porażenia przez osutkę w porównaniu z siewkami rosnącymi w głębi zrębu.

Zabieg wykonany jedno- lub dwukrotnie Falconem lub Gwarantem, w przypadku większego zagrożenia chorobą, w peryferyjnych częściach zrębu, ograniczył stopień porażenia siewek, lecz nie dał pełnej ochrony. W takiej sytuacji liczbę zabiegów należy dobrać kierując się zarówno względami ekonomicznymi, jak i ochronnymi. W świetle doświadczeń uzyskanych w szkółkach leśnych, skuteczną ochronę sosny przed osutką, zwłaszcza przy dużym zagrożeniu chorobą, zapewnia dopiero przeprowadzenie 5 zabiegów, wykonywanych co 3-4 tygodnie, od połowy lipca nawet do listopada [Duda 2007].

Lepsze wyniki w ochronie siewek uzyskano w wariantach z zastosowaniem Falconu. Skuteczność tego fungicydu, przy stosunkowo niedużym zagrożeniu chorobą, była porównywalna bez względu na liczbę wykonanych zabiegów (1 lub 2). W przypadku Gwarantu wykonanie drugiego oprysku w sezonie znacznie ograniczyło stopień porażenia. Większa skuteczność Falconu w porównaniu z Gwarantem w ochronie siewek przed osutką nie jest zaskakująca. Falcon jest nowoczesnym trójskładnikowym, systemicznym fungicydem, podczas gdy Gwarant zawiera jedną substancję czynną, działającą tylko powierzchniowo.

Przeprowadzone badania pokazują, że jedno- lub dwukrotne traktowanie czteroletniej sosny Falconem lub Gwarantem nie wpływa na wzrost nalotów. Wysokość w poszczególnych wariantach doświadczenia, wynosząca od 31,8 cm do 37,5 cm przy istniejącym, stosunkowo dużym zagęszczeniu i siedlisku Bśw, wskazuje na dobry wzrost sosny w porównaniu z wynikami uzyskanymi w badaniach innych autorów [Andrzejczyk i in. 2003; Andrzejczyk, Drozdowski 2003]. Podobne wyniki uzyskano dla jednorocznych siewek.

Gwarant 500 SC i Falcon 460 EC są środkami stosowanymi z dobrym skutkiem w ochronie siewek sosny przed osutką w szkółkach. Chlorotalonil, substancja czynna Gwarantu, może wpływać inhibująco na rozwój mikoryz [Hong 1976], nie powodować zmian w ich stanie [Aleksandrowicz-Trzcińska 2002] lub w niższych dawkach nawet stymulować rozwój związków mikoryzowych [Trappe i in. 1984]. Falcon dotychczas nie był badany pod kątem wpływu na mikoryzy. Również nie testowano w tym zakresie poszczególnych substancji czynnych tego fungicydu: spiroksaminy, tebukonazolu i triadimenolu. Zauważono jednak, że Falcon zastosowany w ochronie sosny poddanej zabiegowi sterowanej mikoryzacji polskim biopreparatem z grzybem *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél. (włośnianka rosista) w kilku szkółkach nie ograniczał tworzenia mikoryz [Aleksandrowicz-Trzcińska 2007b]. W prezentowanych badaniach Gwarant i Falcon, zastosowane jedno- lub dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym w zalecanych dawkach i stężeniach, nie powodowały zmian w poziomie kolonizacji mikoryzowej sosen zarówno jednorocznych, jak i czteroletnich.

Dychotomia korzeni mikoryzowych jest charakterystyczną cechą sosny i rzadko lub wcale nie występuje u innych gatunków drzew [Rudawska 1993]. Miarą niekorzystnego wpływu fungicydów na mikoryzy może być redukcja widlastych rozgałęzień korzeni [South, Kelley 1982; Iloba 1983]. U jednorocznych siewek (Nadleśnictwo Gostynin) traktowanych fungicydami obserwowano ograniczenie tworzenia form złożonych mikoryz wielokrotnie dychotomicznych i koralowatych. Zależności takiej nie stwierdzono u czteroletnich sosen z Nadleśnictwa Brzeziny. Otrzymane wyniki wskazują na większą wrażliwość na fungicydy sosen młodszych. Podobne prawidłowości wykazywali również inni autorzy. Iloba [1983] uważa, że odporność roślin na pestycydy zwiększa się z wiekiem, a Sobotka [1968] twierdzi, że negatywny wpływ środków chemicznych na formowanie mikoryz ustępuje pod koniec drugiego sezonu wegetacyjnego.

W przyjętym programie ochrony siewek sosny, przy wykonaniu jedynie dwóch zabiegów w sezonie wegetacyjnym presja (na środowisko, mikroorganizmy glebowe, mikoryzy, roślinę gospodarza) środków czynnych badanych fungicydów nie była duża, jeśli porównamy ją z presją wywieraną przez środki stosowane w pełnym programie ochrony, jaki wykonuje się w szkółkach leśnych. Fakt ten z pewnością obniżał możliwość niekorzystnego wpływu Falconu i Gwarantu na związki mikoryzowe tworzone przez sosny w odnowieniu naturalnym.

Wnioski

- ✦ Przy niedużym zagrożeniu ze strony osutki sosny silniejsze porażenie siewek występuje w odnowieniu sąsiadującym (do 25 m) z drzewostanem obsiewającym, co jest spowodowane ocienieniem, większą wilgotnością i zagęszczeniem siewek.
- ✦ Jedno- lub dwukrotne traktowanie sosny Falconem 460 EC lub Gwarantem 500 SC może okazać się niewystarczające dla zapewnienia pełnej ochrony przed osutką, zwłaszcza w przypadku silniejszego zagrożenia chorobą.
- ✦ Falcon zapewnia bardziej skuteczną ochronę przed osutką sosny w porównaniu z Gwarantem. Przeprowadzone badania wskazują, że przy niedużym zagrożeniu chorobą wystarczające jest przeprowadzenie tylko jednego zabiegu. W przypadku Gwarantu wykonanie drugiego oprysku w sezonie znacznie obniża stopień porażenia siewek.
- ✦ Falcon 460 EC i Gwarant 500 SC zastosowane jedno- lub dwukrotnie w zalecanych dawkach i stężeniach, w ochronie naturalnych odnowień sosny przed osutką, nie spowodowały zmian w poziomie kolonizacji mikoryzowej siewek.
- ✦ Związki mikoryzowe sosny jednorocznej były bardziej wrażliwe na testowane fungicydy w porównaniu z mikoryzami formowanymi przez sosny czteroletnie. Oba fungicydy działały

nieznacznie ograniczająco na tworzenie form złożonych wielokrotnie dychotomicznych i korolowych tylko u sosen jednorocznych.

✚ Nie stwierdzono wpływu badanych fungicydów na wzrost zarówno sosny jednorocznej, jak i czteroletniej.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2002. Wpływ fungicydów na wzrost i kolonizację mikoryzową sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) hodowanych w kontenerach. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2007a Wpływ fungicydów stosowanych w ochronie odnowień naturalnych sosny przed osutką na stan mikoryz i wzrost siewek. Sylwan 151 (8): 27-34
- Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2007b Wpływ środków chemicznych stosowanych w szkółkach leśnych w ochronie różnych gatunków drzew na mikoryz tworzone przez *Hebeloma crustuliniforme* pochodzący ze sterowanej mikoryzacji. W: Kowalski S. [red.]. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. CILP. 152-160.
- Andrzejczyk T. 2002. Odnowienie naturalne sosny (3). Las Polski 3: 20-21.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S. 2003. Rozwój naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej na powierzchni przygotowanej pługiem dwuodkładnicowym. Sylwan 147 (5): 28-35.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S., Szeligowski H. 2003. Wpływ przygotowania gleby na zagęszczenie, wzrost i jakość samosiewów sosny w warunkach podokapowych. Sylwan 147 (3): 19-27.
- Böhm W. 1985. Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL Warszawa. 199-202.
- Duda B. 2007. Ochrona szkółek i drzew przed patogenami grzybowymi. W: Głowacka B. [red.]. Środki ochrony roślin zalecane do stosowania w leśnictwie w roku 2007. IBL Analizy i Raporty 7: 43-49.
- Hong L.T. 1976. Mycorrhizal short root development on *Pinus caribaea* seedlings after fungicidal treatment. Malaysian For. 39: 147-156.
- Iloba C. 1983. The influence of age and application methods on the susceptibility of pine and spruce ectomycorrhization to thiram treatment. Trop. Ecol. 24 (2): 153-161.
- Rudawska M. 1993. Mikoryza. W: Biologia sosny zwyczajnej. Sorus, Poznań-Kórnik. 137-182.
- Sobotka A. 1968. Vliv aplikace nekterych biocidu v lesnich školkách na krátkéboční koreny jednoletých semenáčku borovice lesní. Vyzk. Ust. Lesn. Hospod. Myslív. 36: 63-76.
- South D. B., Kelley W. D. 1982. The effect of selected pesticides on short – root development of greenhouse – grown *Pinus taeda* seedlings. Can. J. For. Res. 12: 29-35.
- Trappe J. M., Molina R., Castellano M. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and mycorrhiza formation to pesticides. Ann. Rev. Phytopathol. 22: 331-359.

SUMMARY

Mycorrhizae and growth of Scots pine natural regeneration chemically treated against *Lophodermium* needle cast

The aim of the research was to evaluate the effect of two fungicides Falcon 460 EC and Gwarant 500 SC used to protect Scots pine against *Lophodermium* needle cast on the state of mycorrhizae and seedling growth. The treatments were applied at recommended rates and concentrations once or twice during the growing season. The subject of the research was one-year-old and four-year-old natural regenerations of Scots pine in the territory of the Gostynin Forest District and Brzeziny Forest District, respectively.

The density of seedlings and level of infection by *Lophodermium* was evaluated on ten permanent sample plots representing different distances from the shelterwood. Also biometric parameters of pine seedlings were measured: root collar diameter, shoot and root length (one-year pines) and height length (four-year pines). Collection of seedlings with roots (Gostynin Forest District) and soil samples (Brzeziny Forest District) enabled assessment of mycorrhizal colonisation level of pines. With a low threat posed by *Lophodermium*, the infection is stronger in seedlings neighbouring (up to 25 m) with the shelterwood which is a result of shading

conditions, higher air humidity and seedling density. Single or twofold application of Falcon 460 EC or Gwarant 500 SC to pine seedlings may appear insufficient to provide complete protection against *Lophodermium* needle cast, particularly when the threat of infection is higher. Falcon more effectively protects seedlings against the needle cast disease in comparison with Gwarant. The carried out studies indicate that with a low threat of the disease, a single treatment performed in mid June is satisfactory. In the case of Gwarant the level of seedling infection after the second spraying during the growing season is markedly lower.

Falcon 460 EC and Gwarant 500 SC applied once or twice during the growing season to the natural regeneration of Scots pine at recommended rates and concentrations against *Lophodermium* needle cast did not cause changes in the level of mycorrhizal colonization of seedlings. Mycorrhizal associations in one-year-old pines were more susceptible to the tested fungicides in comparison with mycorrhizae formed by four-year-old pines. Both fungicides had a slight limiting effect on the formation of complex dichotomous and coralloid structures. None of the tested fungicides caused changes in the growth of both one- and four-year-old pine seedlings.