

Tadeusz Andrzejczyk¹✉, Marta Aleksandrowicz-Trzcńska², Henryk Żyburka¹

Wpływ cięć rębnych na zagęszczenie, wzrost i stan zdrowotny odnowień naturalnych sosny w warunkach Nadleśnictwa Tuszyma

The effect of final cuts on the density, growth and health condition of pine natural regeneration in the territory of the Tuszyma Forest District

Abstract. The paper analyses the density, height and height increment and the degree of needle cast (*Lophodermium seditiosum*) infection of natural pine regenerations in a typical clear-cutting area (60 m wide), the first cutting area (first strip cut, ca 40 m wide) surrounded by stands and undercanopy area, applying the regeneration clear felling, shelterwood felling and soil scarification using a rotary plough, respectively. The studies embraced 2–4 year-old pine regeneration at 12 regeneration sites located in fresh coniferous forest (Bśw) and mixed fresh coniferous forest (BMśw) habitats with typical rusty and rusty podzolic soils. The studies were conducted in the south-eastern region of Poland (Tuszyma Forest District) with the mean atmospheric precipitation sum of ca 650 mm.

It was demonstrated that the form of regenerative cutting had a significant effect on the quantity and quality of pine regeneration. The greatest number and the best growth of seedlings in the the first four years were in the first cutting areas, while the best healthiness – in clear-cutting areas. The most serious needle cast infection of pine occurred in first cutting areas. The health condition of pine regeneration in open areas (clear-cutting and the first cutting areas) improved over time, while it did not change in the areas under the shelter of the canopy. The differences in the height of seedlings in the first cutting areas and in clear-cutting areas gradually disappeared. The self-seedlings growing in a close neighbourhood of stands demonstrated slower growth rate and greater needle cast infection than those growing in more distant locations in the clear-cutting area. The density of seedlings in younger regeneration was the highest in the neighbourhood of timber stand, whereas in older regeneration (4 years-old) the density was uniform over the entire area. In order to enhance the growth and reduce the infection of needle cast in pine regenerations in the first cutting areas, it is necessary to increase their width to the maximal allowable 60 m with a concurrent thinning of the stand on the manipulation strip from the west side of the cutting area, which will provide better area ventilation.

Key words: Scots pine, natural regeneration, pine needle cast, regeneration cut.

1. Wstęp i cel badań

W ostatnich latach w naszym leśnictwie wzrasta zainteresowanie samosiewnym odnowieniem sosny. Sprzyjają mu nie tylko warunki przyrodnicze (dominacja siedlisk borowych, częsty urodzaj nasion sosny), ale także rosnące przekonanie leśników–praktyków co do skuteczności tego sposobu odnowienia i znacznych korzyści ekonomicznych.

Efekty naturalnego odnowienia sosny zależą od wielu czynników środowiskowych, a także od zastosowanych rozwiązań hodowlanych i ochronnych. Zasadnicze znaczenie mają warunki siedliskowe odnawianej powierzchni, rodzaj cięć odnowieniowych, kształt, wielkość i usytuowanie powierzchni zrębowej, liczba i rozmieszczenie nasienników. Ważnym czynnikiem, który niejednokrotnie może przesądzać o odnowieniu naturalnym sosny, są szkody od osutki sosny, która jest

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa, ✉ Fax: +48 22 5938113; e-mail: tadeusz.andrzejczyk@wl.sggw.pl

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa

szczególnie niebezpieczna w pierwszych latach po obsiewie.

Celem niniejszej pracy¹ jest określenie wpływu stosowania różnych cięć odnowieniowych (cięcia zupełne na zrębach typowych, cięcia zupełne na wrębach i cięcia częściowe) na zagęszczenie, wzrost i stopień porażenia siewek przez *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Miller – sprawcę osutki sosny.

2. Teren i obiekt badań

Nadleśnictwo Tuszyma (RDLP Krosno) położone jest w Krainie przyrodniczo-leśnej Małopolskiej (VI), na terenie dwóch dzielnic: Niziny Sandomierskiej (10) i Wysoczyzny Sandomierskiej (11). Obszar ten leży w sandomiersko-rzeszowskiej dzielnicy klimatycznej (Trampler et al. 1990), charakteryzującej się klimatem stonunkowo ciepłym (średnia roczna temperatura – 7,7°C) i wilgotnym w podgórskich nizinach i kotlinach. Na tle kraju szczególnie korzystnie kształtuje się ilość i rozkład opadów atmosferycznych w roku: średnio ok. 650 mm i przeciętnie 175 dni z opadami.

W Nadleśnictwie Tuszyma naturalne odnowienie sosny od kilkunastu lat jest podstawowym sposobem odnowienia tego gatunku, szczególnie na siedliskach Bśw i BMśw. W tym celu wykorzystany jest obsiew boczny na zrębach zupełnych lub wrębach, a także odnowienie podokapowe, przy stosowaniu cięć częściowych.

Do badań wytypowano odnowienia naturalne sosny w wieku od 2 do 4 lat, powstałe w trzech różnych warunkach środowiskowych:

1) pod osłoną drzewostanu matecznego, przy zastosowaniu cięć częściowych na pasach (5 obiektów – oznaczonych symbolem P);

2) na powierzchni otwartej zrębu zupełnego, przy zastosowaniu cięć zupełnych na pasach o szerokości 60 m; od strony wschodniej powierzchnia odnowieniowa sąsiadowała z wcześniej założoną uprawą (3 obiekty – oznaczone symbolem Z);

3) na powierzchni otwartej wrębu o szerokości ok. 40 m (od strony zachodniej i wschodniej pozostającego w sąsiedztwie dojrzałego drzewostanu sosnowego), przy zastosowaniu cięć zupełnych (4 obiekty – oznaczone symbolem W).

Łącznie badania były prowadzone w 12 obiektach. Ich wykaz i krótką charakterystykę przedstawiono w tabeli 1. Dziewięć obiektów położonych było na siedlisku BMśw, o glebie rdzawej właściwej, a pozostałe trzy – na siedlisku Bśw, o glebie rdzawej bielicowej. We wszystkich badanych drzewostanach występowała czernicowa pokrywa glebowa. Na zrębach zupełnych i wrębach w większości badanych obiektów gleba była przygotowana w bruzdy za pomocą pługa aktywnego, a w jednostkowych przypadkach (obiekt W 4) – w pasy za pomocą frezu leśnego.

Odnowienie podokapowe powstało w wyniku celowych zabiegów hodowlanych: cięcia obsiewnego i przygotowania gleby pługiem aktywnym lub frezem leśnym.

Tabela 1. Wykaz obiektów badawczych na terenie Nadleśnictwa Tuszyma

Table 1. Specification of research sites in the territory of the Tuszyma Forest District

Symbol obiektu Site symbol	Leśnictwo, oddział Forest District, compartment	Rodzaj powierzchni* Type of area*	Wiek odnowienia (lata) Seedling age (years)	Typ siedliskowy lasu** Forest habitat type**	Liczba pomiarów Number of measurements
Z1	Przyłęk 23b1	Zrąb	2	Bśw	1
Z2	Kamionka 295g	Zrąb	3, 4	BMśw	2
Z3	Przyłęk 121f	Zrąb	4	BMśw	1
W1	Przyłęk 23b4	Wrąb	2	Bśw	1
W2	Kamionka 307a	Wrąb	2, 3	BMśw	2
W3	Kamionka 311a	Wrąb	3	BMśw	1
W4	Przeclaw 121d	Wrąb	4	BMśw	1
P1	Przyłęk 41f	Podokapowa	2	Bśw	1
P2	Przyłęk 133h	Podokapowa	3	BMśw	1
P3	Przeclaw 152b	Podokapowa	3	BMśw	1
P4	Przyłęk 121b	Podokapowa	4	BMśw	1
P5	Przeclaw 121d	Podokapowa	4	BMśw	1

* **zrąb** – clear cutting area, **wrąb** – first cutting area, **podokapowa** – undercanopy area

** **Bśw** – fresh coniferous, **BMśw** – mixed fresh coniferous

¹ Badania zostały przeprowadzone w ramach grantu finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych

Tabela 2. Cechy taksacyjne drzewostanów matecznych z podokapowym odnowieniem sosny

Table 2. Parameters of mother stands with the undercanopy pine regeneration

Symbol obiektu Site symbol	Wiek w 2006 r. [lata] Age in 2006 [years]	Liczba drzew Number of trees N/ha	Przeciętna Average		Klasa bonitacji Site index	Zapas grubizny Merchantable timber volume m ³ /ha	Czynnik zadrzewienia Stocking index
			pierśnica dbh cm	wysokość height m			
			P1	107			
P2	102	132	36,0	23,5	II.3	140	0,42
P3	92	60	37,4	23,2	II.0	68	0,20
P4	112	93	38,5	24,0	II.2	116	0,34
P5	102	140	32,9	23,5	II.2	126	0,37

Cięcie obsiewne polegało na stosunkowo silnym i równomiernym przeredzeniu drzewostanu. Pomiarzy wykonane w badanych drzewostanach wykazały, że w wyniku cięcia czynnik zadrzewienia drzewostanu został zredukowany najczęściej do poziomu 0,3–0,4, a liczba drzew do 130–140 sztuk na hektarze (tab. 2). Bardzo silne cięcie (redukcja czynnika zadrzewienia do 0,2) w oddz. 152b (P3) stanowiło wyjątek.

3. Metodyka badań

W każdym obiekcie pomiary i ocenę stanu odnowień przeprowadzono na czterech transektach o szerokości 1 m i długości równej szerokości pasa zrębowego. Początek transektu znajdował się przy zachodnim brzegu powierzchni zrębowej. W warunkach podokapowych transekty miały długość 50 m i były zakładane w poprzek pasa manipulacyjnego. Odległość między poszczególnymi transektami wynosiła 50 m. W obrębie każdego metra bieżącego transektu (1 m²) określono liczbę siewek sosny z podziałem na klasy porażenia przez osutkę oraz pomierzono, w ostatnim i poprzednim roku, wysokość pięciu kolejnych siewek znajdujących się najbliżej dolnego lewego rogu kwadratu.

Stopień porażenia siewek przez osutkę sosny oceniono na podstawie procentowego udziału porażonych igieł, według następującej skali: 0 – brak porażenia, 1 – do 25%, 2 – 26–50%, 3 – 51–75%, 4 – >75%.

Badania terenowe zostały przeprowadzone wiosną 2006 i 2007 roku. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono średnie wartości zagęszczenia, wysokości, przyrostu wysokości i wskaźnika porażenia przez osutkę WO (liczone jako średnia arytmetyczna) dla poszczególnych obiektów oraz w kolejnych strefach każdej powierzchni zrębowej (według kierunku W–E). Na wrębach wyróżniano trzy strefy o szerokości 12–13 m, natomiast na zrębach – 5 lub 6 stref o szerokości 10 m.

Na podstawie analizy wariancji i testu istotności różnic między średnimi LSD (przy 5% poziomie istotności) porównano kształtowanie się badanych cech sosny dla danego wieku pomiędzy poszczególnymi rodzajami powierzchni odnowieniowych (warianty badawcze), obiektami i strefami w obrębie powierzchni zrębowych. Obliczenia statystyczne wykonano przy wykorzystaniu pakietu Statgraphics 4.0.

4. Wyniki

Zagęszczenie i przeżywalność odnowień

Zagęszczenie siewek w badanych obiektach było bardzo zróżnicowane, co w dużym stopniu wynikało z rodzaju powierzchni odnowieniowej i związanej z nim dostępności nasion. Średnie zagęszczenie odnowień w poszczególnych obiektach, przy uwzględnieniu ich wieku i rodzaju powierzchni odnowieniowej, przedstawiono w tabeli 3.

Na zrębach zupełnych zagęszczenie odnowień, niezależnie od wieku, było dość wyrównane i jednocześnie najmniejsze spośród analizowanych warunków środowiskowych. Na poszczególnych powierzchniach badawczych wahało się od 3,5 do 5,8 sztuk/m². Przeżywalność roczna odnowień trzyletnich (określona na podstawie porównania liczby siewek w wieku trzech i czterech lat) w obiekcie Z2 wyniosła 60%.

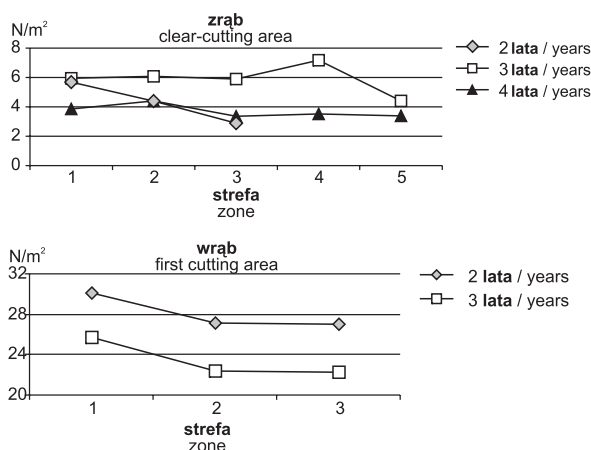
Na wrębach zagęszczenie siewek było na ogół kilkakrotnie większe niż na zrębach i jednocześnie wykazywało znacznie większe zróżnicowanie między obiektami. Wraz z wiekiem daje się tu zauważyć wyraźny trend szybkiego zmniejszania się liczby siewek. I tak siewek dwuletnich było średnio od 16 do 42 szt./m², trzyletnich – od 20 do 27 szt./m², a czteroletnich – 10 szt./m². W obiekcie W2, gdzie pomiary wykonywano w dwóch kolejnych latach, przeżywalność dwuletnich siewek wynosiła zaledwie 46%.

W warunkach podokapowych zagęszczenie siewek sosny było większe niż na zrębach, lecz znacznie mniejsze niż na wrębach. Wahało się od 2,5 do ponad 9 szt./m²

Tabela 3. Średnie zagęszczenie siewek sosny (szt./m²) w badanych obiektach

Table 3. Mean density of pine seedlings (trees/m²) at the investigated sites

Rodzaj powierzchni Type of area	Symbol obiektu Site symbol	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)		
		2	3	4
Zrąb Clear-cutting area	Z1	4,3		
	Z2		5,8	3,5
	Z3			4,4
	\bar{x}	4,3	5,8	3,9
Wrąb First cutting area	W1	15,9		
	W2	42,3	19,6	
	W3		27,1	
	W4			10,0
\bar{x}	28,1	23,4	10,0	
Powierzchnia podokapowa Undercanopy area	P1	9,3		
	P2		4,6	
	P3		7,1	
	P4			2,5
	P5			9,2
\bar{x}	9,3	5,8	6,1	



Rycina 1. Średnie zagęszczenie siewek w określonym wieku w poszczególnych strefach na zręb (rysunek górny) i na wręb (rysunek dolny) (strefa 1: odległość od drzewostanu od zachodniej strony do 10 m, strefa 2: odległość 10–20 m, itd.)

Figure 1. Mean density of seedlings of a given age in individual zones in the clear-cutting area (top graph) and the first cutting area (bottom graph) (zone 1: a distance from the stand from the west side of up to 10 m, zone 2: a distance of 10–20 m, etc.)

i nie wykazywało zależności od ich wieku. Maksymalne wartości odnotowano w obiektach z odnowieniem zarówno w wieku dwóch, jak i czterech lat.

Analiza wariancji i test istotności różnic między średnimi (tab. 4) wykazały, że zagęszczenie odnowień w danym wieku różniło się istotnie, zarówno między wariantami (rodzajem powierzchni odnowieniowej), jak i między poszczególnymi obiektami.

W celu poznania przestrzennej zmienności zagęszczenia siewek w obrębie powierzchni odnowieniowej analizowano ich liczebność w 10–13-metrowych strefach, wydzielonych na podstawie odległości od ściany drzewostanu rębego, położonego od strony zachodniej. W badanych obiektach, stosownie do szerokości pasa zrębowego, wyróżniono od 3 do 5 stref. Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 1 i w tabeli 5.

Na zrębach zupełnych zagęszczenie dwuletnich siewek malało wraz ze zwiększającą się odległością od ściany drzewostanu, wykazując istotne różnice między strefami. Natomiast w przypadku trzy- i czteroletnich siewek zagęszczenie we wszystkich strefach było stosunkowo wyrównane i nie wykazywało istotnych różnic statystycznych. Na wrębach zaznaczyła się tendencja do większego zagęszczenia siewek w sąsiedztwie drzewostanu rębego od strony zachodniej (strefa 1), lecz różnice między strefami nie były statystycznie istotne.

Wysokość

Średnia wysokość siewek w wieku dwóch lat w badanych obiektach kształtowała się w zakresie 10–21 cm. Największą wysokość siewki osiągnęły na wrębach (przeciętnie ok. 17 cm), a najmniejszą – pod okapem drzewostanu (ok. 11 cm). W wieku trzech lat średnia wysokość odnowień na zrębach wynosiła od 32 do 44 cm (średnio 33 cm); na wrębach – od ok. 37 do 60 cm (średnio 44 cm), a pod okapem – od 19 do 32 cm (średnio 26 cm). Odnowienia czteroletnie na zrębach osiągnęły wysokość średnio ponad 66 cm, na wrębach 78 cm i pod okapem ok. 40 cm (tab. 6).

Z analizy wariancji wynika, że średnia wysokość siewek w tym samym wieku różniła się istotnie między poszczególnymi obiektami i między wariantami (tab. 7). Różnice wystąpiły nie tylko wtedy, gdy obiekty różniły się warunkami ekologicznymi (formą cięć rębnych), ale także wtedy, gdy postępowanie hodowlane było takie samo. Z uzyskanych danych wynika generalna prawidłowość, że niezależnie od wieku, największą wysokość osiągnęły odnowienia rosnące na wrębach, następnie na typowych zrębach, a najmniejszą – pod okapem drzewostanu. Różnice między obiektami w obrębie tej samej formy cięć mogły wynikać z pewnej odmienności siedliskowej, presji roślinności runa, różnego zagęszczenia, stopnia porażenia przez osutkę i innych czynników.

Tabela 4. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego zagęszczenia siewek w poszczególnych obiektach i wariantach odnowieniowych

Table 4. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean density of seedlings at the individual sites and in regeneration variants

Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	Obiekt porównań Site for comparison	F	P	Istotność różnic między średnimi dla obiektów i wariantów* Significance of differences between means for sites and variants*			
2	obiekty sites	335,82	0,0000	<u>Z1</u>	<u>P1</u>	<u>W1</u>	<u>W2</u>
	warianty variants	171,39	0,0000	<u>zrąb</u>	<u>podokap.</u>	<u>wrąb</u>	
3	obiekty sites	274,29	0,0000	<u>P2</u>	<u>Z2</u>	<u>P3</u>	<u>W2</u> <u>W3</u>
	warianty variants	468,30	0,0000	<u>podokap.</u>	<u>zrąb</u>	<u>wrąb</u>	
4	obiekty sites	247,31	0,0000	<u>P4</u>	<u>Z2</u>	<u>Z3</u>	<u>P5</u> <u>W4</u>
	warianty variants	59,08	0,0000	<u>zrąb</u>	<u>podokap.</u>	<u>wrąb</u>	

*Linia ciągłą podkreślono obiekty i warianty, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates sites and variants whose means do not differ significantly

Tabela 5. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego zagęszczenia siewek w poszczególnych strefach powierzchni odnowieniowej

Table 5. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean height of seedlings in the individual zones of the regeneration area

Wariant Variant	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	F	P	Istotność różnic między średnimi dla stref* Significance of differences between the means for zones*			
Zrąb Clear-cutting area	2	4,31	0,0157	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	
	3	2,25	0,0648	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u> <u>4</u>
	4	1,54	0,1904	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>1</u> <u>2</u>
Wrąb First cutting area	2	0,74	0,4797	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	
	3	2,38	0,0949	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	

*Linia ciągłą podkreślono strefy, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates zones whose means do not differ significantly

Z rysującego się trendu wzrostu wysokości odnowień w różnych warunkach ekologicznych wynika, że różnica między wysokością siewek rosnących na wrębach i na typowych zrębach wraz z wiekiem ulega zmniejszeniu, podczas gdy różnica między wysokością siewek rosnących na powierzchniach otwartych (zręby i wręby) i pod okapem drzewostanu wzrasta.

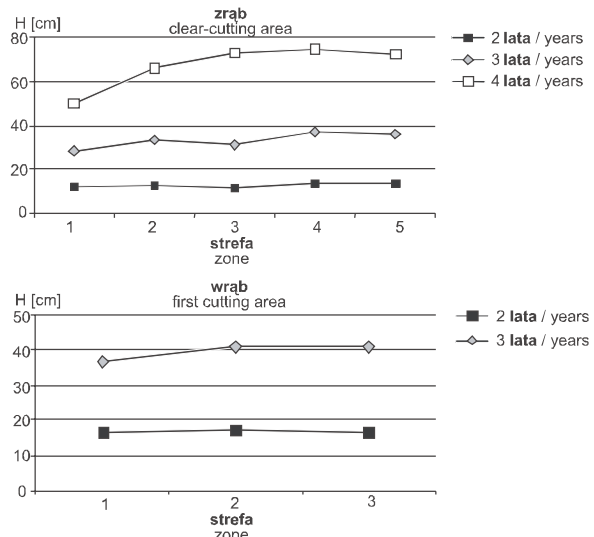
Analizując bardziej szczegółowo wyniki uzyskane na poszczególnych powierzchniach odnowieniowych należy zwrócić uwagę na obiekt W4, w którym odnowienia miały wyraźnie większą wysokość niż w innych obiektach. Wydaje się, że dobry wzrost sosny wynikał tu ze sposobu przygotowana gleby. We wszystkich

obiekcie były wyorywane bruzdy za pomocą pługa aktywnego, natomiast w obiektach P5 i W4 (zlokalizowanych w tym samym wydzielaniu) gleba była przygotowana w pasy za pomocą frezarki.

Należy także wyjaśnić, dlaczego dla obiektów Z2 i W2 podano dwie różne wartości średniej wysokości odnowień w wieku trzech i dwóch lat. Na powierzchniach tych pomiary były wykonane dwukrotnie: wiosną 2006 i 2007 roku. Za każdym razem mierzono wysokość losowo wybranych siewek wraz z ich przyrostem w ostatnim roku. Średnia wysokość trzyletnich siewek określona na podstawie pomiarów w 2006 roku była znacznie niższa (szczególnie w obiekcie Z2) niż średnia

Tabela 6. Średnia wysokość siewek sosny (cm) z uwzględnieniem wieku w badanych obiektach
Table 6. Mean height (cm) of pine seedlings taking into consideration their age in the investigated sites

Rodzaj powierzchni	Symbol obiektu	Wiek siewek (lata)		
		Seedlings age (years)		
Type of area	Site symbol	2	3	4
Zrąb Clear-cutting area	Z1	11,3		
	Z2	12,8	31,9	
			43,9	69,5
	Z3		37,3	57,7
	\bar{x}	12,3	33,1	66,5
Wrąb First cutting area	W1	13,2		
	W2	18,9		
		20,9	37,2	
	W3	18,6	41,4	
	W4		58,6	78,3
\bar{x}	16,9	44,0	78,3	
Powierzchnia podokapowa Undercanopy area	P1	10,4		
	P2	11,4	28,8	
	P3		18,8	
	P4		23,9	37,2
	P5		32,1	40,3
\bar{x}	10,8	25,9	39,7	



Rycina 2. Średnia wysokość siewek (w cm) w określonym wieku w poszczególnych strefach zrębu (rysunek górny) i wrębu (rysunek dolny)

Figure 2. Mean height (cm) of seedlings of a given age in individual zones in the clear-cutting area (top drawing) and the first cutting area (bottom drawing)

Tabela 7. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniej wysokości siewek w poszczególnych obiektach i wariantach odnowieniowych

Table 7. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean height of seedlings at the individual sites and in regeneration variants

Wiek siewek (lata)	Przedmiot porównań	F	P	Istotność różnic między średnimi dla obiektów i wariantów*							
				Significance of differences between means for sites and variants*							
Seedlings age (years)	Site for comparison			P1	Z1	P2	Z2	W1	W3	W2	
2	Obiekty Sites	218,16	0,0000								
	Warianty Variants	424,57	0,0000								
3	Obiekty Sites	380,85	0,0000								
	Warianty Variants	755,15	0,0000								
4	Obiekty Sites	382,85	0,0000								
	Warianty Variants	563,17	0,0000								

*Linia ciągłą podkreślono obiekty i warianty, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates sites and variants whose means do not differ significantly

uzyskana z pomiarów w 2007 roku. Różnice te wynikają głównie stąd, że za pierwszym razem pomiar dotyczył populacji odnowień o większym zagęszczeniu, która w następnym roku została znacznie zredukowana ze względu na zamieranie siewek (przeżywalność siewek na po-

wierzchniach tych wyniosła odpowiednio 60 i 46%). Ponieważ zamierały głównie siewki osłabione, słabiej rosnące i tym samym niższe, powtórny pomiar dotyczył populacji siewek wyższych. Na powstałe różnice pewien wpływ mógł mieć także sposób pozyskania danych (po-

Tabela 8. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniej wysokości siewek w poszczególnych strefach powierzchni odnowieniowej

Table 8. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean height of seedlings in the individual zones of the regeneration area

Wariant Variant	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	F	P	Istotność różnic między średnimi dla stref* Significance of differences between the means for zones*				
				3	1	2	5	4
Zrąb Clear-cutting area	2	3,66	0,0057	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
	3	9,73	0,0000	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
	4	36,86	0,0000	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Wrąb First cutting area	2	1,76	0,1717	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u>		
	3	23,58	0,0000	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>2</u>		

*Linia ciągłą podkreślono strefy, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates zones whose means do not differ significantly

miary za każdym razem były wykonywane na jedno-razowych powierzchniach próbnych). Ze względu na bardzo liczną próbę siewek uwzględnioną przy pomiarach, czynnik ten nie miał, jak się wydaje, większego znaczenia.

Średnią wysokość odnowień analizowano, podobnie, jak zagęszczenie, w poszczególnych strefach powierzchni odnowieniowej na zrębie typowym i wrębie (ryc. 2). W warunkach zrębu zupełnego, począwszy już od pierwszych lat życia siewek, zaznaczył się istotny wpływ odległości od drzewostanu rębego na ich wysokość (tab. 8). Najmniejszą wysokość uzyskały siewki rosnące w bezpośrednim sąsiedztwie drzewostanu, a największą – w odległości większej niż 30 m od drzewostanu.

W poszczególnych strefach wrębu o szerokości ok. 40 m średnia wysokość odnowień dwuletnich nie różniła się istotnie między sobą, natomiast odnowień trzyletnich była istotnie mniejsza w strefie 1., tj. w sąsiedztwie drzewostanu usytuowanego od strony zachodniej (tab. 8). Średnia wysokość siewek w dwóch pozostałych strefach (środkowej i wschodniej) nie różniła się istotnie. Uzyskane wyniki wskazują, że na wąskich wrębach należy się liczyć z negatywnym wpływem drzewostanu rosnącego od strony zachodniej na wzrost odnowień sosny, co może być wynikiem cienia opadów i niepełnego światła.

Przyrost wysokości

Średni roczny przyrost wysokości odnowień sosny określono w wieku trzech i czterech lat (tab. 9). W pierwszym przypadku jego wartość na poszczególnych powierzchniach badawczych wynosiła od 16,3 do 22,8 cm, a w drugim – od 8,2 do 25,6 cm. Wyraźne zahamowanie przyrostu wysokości w obiekcie P5 było

Tabela 9. Średni przyrost wysokości sosny w określonym wieku z uwzględnieniem rodzaju powierzchni odnowieniowej

Table 9. Mean height increment of pine seedlings of a given age taking into consideration the type of regeneration area

Rodzaj powierzchni Type of area	Symbol obiekту Site symbol	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	
		3	4
Zrąb Clear-cutting area	Z2	19,1	25,6
	Z3		20,4
	\bar{x}	19,1	24,2
Wrąb First cutting area	W2	16,3	
	W3	22,8	
	W4		19,7
	\bar{x}	19,6	19,7
Powierzchnia podokapowa Undercanopy area	P1	17,4	
	P4		13,9
	P5		8,2
	\bar{x}	17,4	9,3

spowodowane dodatkowym ocienieniem i konkurencją o wodę pozostawionej dolnej warstwy dębów (o pokryciu ok. 30%) pod okapem drzewostanu sosnowego o czynniku zadrzewienia 0,4.

Z analizy wariancji (tab. 10) wynika, że średni przyrost wysokości zarówno siewek młodszych, jak i starszych różnił się istotnie w poszczególnych obiektach badawczych. Porównując kształtowanie się analizowanej cechy w trzech rodzajach powierzchni odnowieniowych (wariantach), stwierdzono, że u siewek w wieku trzech lat istotne różnice między przyrostem wysokości wystąpiły między powierzchnią podokapową (przyrost najmniejszy) a powierzchniami otwartymi

Tabela 10. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego przyrostu wysokości siewek w poszczególnych obiektach i wariantach odnowieniowych

Table 10. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean height increment of seedlings at the sites and in regeneration variants

Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	Przedmiot porównań Site for comparison	F	P	Istotność różnic między średnimi dla obiektów i wariantów*			
				Significance of differences between means for sites and variants*			
3	Obiekty Sites	75,28	0,0000	W2	P1	Z2	W3
	Warianty Variants	13,77	0,0000	podokap.	zrąb	wrąb	
4	Obiekty Sites	276,69	0,0000	P5	P4	W4	Z3
	Warianty Variants	484,73	0,0000	podokap.	wrąb	zrąb	

*Linia ciągłą podkreślono obiekty i warianty, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates sites and variants whose means do not differ significantly

Tabela 11. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego przyrostu wysokości siewek w poszczególnych strefach powierzchni odnowieniowej

Table 11. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the mean height increment of seedlings in the individual zones of the regeneration area

Wariant Variant	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	F	P	Istotność różnic między średnimi dla stref*				
				Significance of differences between the means for zones*				
Zrąb Clear-cutting area	3	16,67	0,0000	1	3	2	4	5
	4	51,28	0,0000	1	2	3	5	4
Wrąb First cutting area	3	18,61	0,0000	1	2	3		

*Linia ciągłą podkreślono strefy, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates zones whose means do not differ significantly

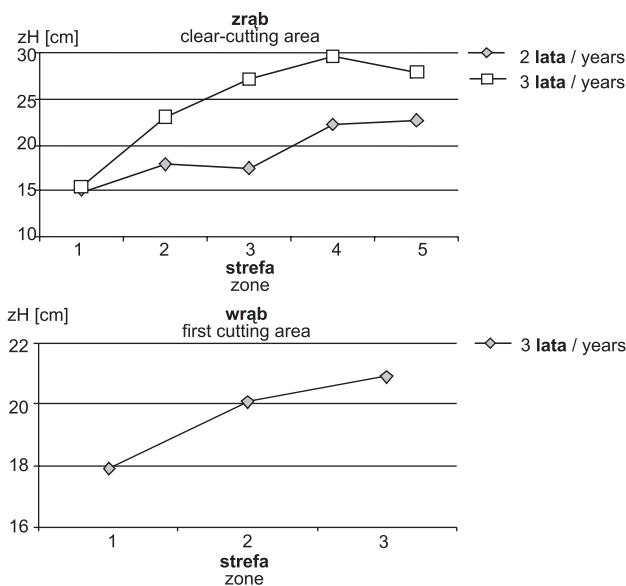
**Rycina 3. Średni roczny przyrost wysokości sosny w określonym wieku w poszczególnych strefach zrąbu (rysunek górny) i wrąbu (rysunek dolny)**

Figure 3. Annual mean height increment of pine seedlings of a given age in individual zones in the clear-cutting area (top drawing) and the first cutting area (bottom drawing)

(zręby typowe i wręby). Przyrost wysokości na zrębach typowych i wrębach nie różnił się istotnie. U siewek w wieku czterech lat stwierdzono istotne różnice między wszystkimi badanymi wariantami: najmniejszy przyrost wysokości był w warunkach podokapowych, średni – na wrębie, a największy – na typowym zrębie.

Zarówno w warunkach typowego zrębu zupełnego, jak i wrębu stwierdzono istotny wpływ odległości od ściany drzewostanu na przyrost wysokości. Na zrębie zupełnym w pierwszej strefie położonej najbliżej drzewostanu (w odległości do 10 m) przyrost wysokości miał najmniejszą wartość, a następnie – wraz z rosnącą odległością od drzewostanu – stopniowo wzrastał, osiągając największe wartości w strefach 4. i 5., tj. w odległości 30–50 m od drzewostanu (ryc. 3). Prawidłowość ta dotyczyła zarówno przyrostu wysokości sosny w wieku trzech, jak i czterech lat.

W warunkach wrębu istotnie mniejszy przyrost wysokości uzyskały siewki rosnące w bezpośrednim sąsiedztwie drzewostanu znajdującego się od strony zachodniej (ryc. 3). W dalszych dwóch strefach przyrost wysokości był wyraźnie większy i nie wykazywał między sobą istotnych różnic statystycznych (tab. 11).

Stopień porażenia siewek przez osutkę

Kształtowanie się średniego wskaźnika porażenia nalołów sosnowych przez osutkę (WO) w poszczególnych obiektach badawczych z uwzględnieniem ich wieku i rodzaju powierzchni odnowieniowej przedstawiono w tabeli 12.

Z uzyskanych danych wynika, że siewki młodsze (w wieku 2 i 3 lat) były w większym stopniu porażone niż siewki 4-letnie. Spośród rozpatrywanych rodzajów powierzchni odnowieniowych największe porażenie stwierdzono na wrębach, mniejsze – na zrębach typowych, a najmniejsze – w warunkach podokapowych. Poszczególne rodzaje powierzchni odnowieniowych różniły się

istotnie między sobą średnią wartością wskaźnika WO, niezależnie od wieku siewek (tab. 13).

Wraz z wiekiem odnowień na typowych zrębach zupełnych i wrębach daje się zauważyć tendencję do stopniowego zmniejszania się stopnia porażenia siewek przez osutkę. Natomiast w warunkach podokapowych stopień porażenia odnowień w wieku od 2 do 4 lat utrzymuje się na stałym, podobnym poziomie.

Stwierdzono istotne różnice w stopniu porażenia siewek w poszczególnych strefach powierzchni zrębowej (tab. 14). I tak na zrębach zupełnych wyraźnie gorszy stan zdrowotny odnowień był w pobliżu drzewostanu

Tabela 12. Wskaźnik porażenia siewek przez osutkę sosny na poszczególnych powierzchniach badawczych

Table 12. Needle cast infection index for seedlings in individual research sites

Rodzaj powierzchni Type of area	Symbol obiektu Site symbol	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)		
		2	3	4
Zrąb Clear-cutting area	Z1	2,29		
	Z2		2,20	1,22
	Z3			1,66
	\bar{x}	2,29	2,20	1,33
Wrąb First cutting area	W1	2,35		
	W2	2,97	3,35	
	W3		2,81	
	W4			1,94
\bar{x}	2,65	3,08	1,94	
Powierzchnia podokapowa Undercanopy area	P1	1,69		
	P2		1,54	
	P3		1,94	
	P4			1,56
	P5			1,86
\bar{x}	1,69	1,76	1,80	

Tabela 13. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego wskaźnika porażenia siewek przez osutkę sosny w poszczególnych wariantach badawczych

Table 13. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the needle cast infection index for seedlings in the individual research variants

Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	F	P	Istotność różnic między wariantami* Significance of differences between variants*		
			podokap.	zrąb	wrąb
2	299,86	0,0000	_____	_____	_____
3	520,11	0,0000	_____	_____	_____
4	104,07	0,0000	_____	_____	_____

*Linia ciągła podkreślono obiekty i warianty, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates sites and variants whose means do not differ significantly

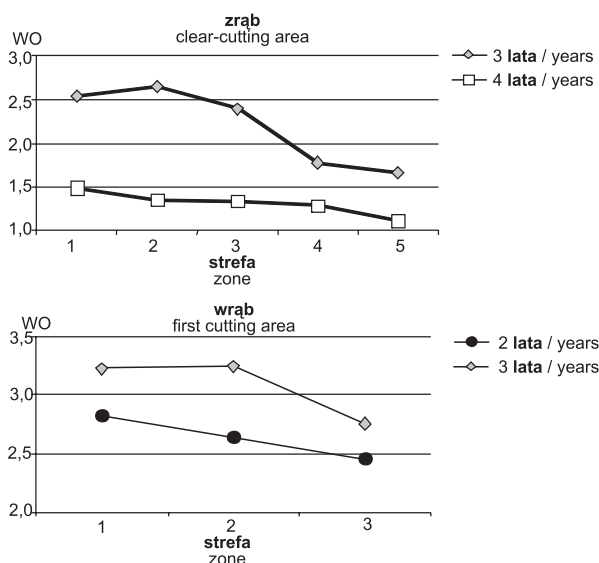
Tabela 14. Wyniki analizy wariancji i testu istotności różnic dla średniego stopnia porażenia siewek przez osutkę sosny w poszczególnych strefach powierzchni odnowieniowej

Table 14. Results of the analysis of variance and test of differences significance in the needle cast infection index for seedlings in the individual zones of the regeneration area

Wariant Variant	Wiek siewek (lata) Seedling age (years)	F	P	Istotność różnic między średnimi dla stref* Significance of differences between means for zones*				
Zrąb Clear-cutting area	3	25,00	0,0000	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
	4	6,20	0,0001	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>
Wrąb First cutting area	2	17,55	0,0000	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>		
	3	27,69	0,0000	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u>		

*Linia ciągłą podkreślono strefy, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

The continuous line indicates zones whose means do not differ significantly



Rycina 4. Stopień porażenia (WO) siewek przez osutkę sosny w określonym wieku w poszczególnych strefach zrębu (rysunek górny) i wrębu (rysunek dolny)

Figure 4. The degree of needle cast infection (WO) of pine seedlings of a given age in individual zones in the clear-cutting area (top drawing) and the first cutting area (bottom drawing)

rębny i stopniowo poprawiał się wraz z rosnącą odległością od drzewostanu osłaniającego. Najmniejsze porażenie na wszystkich powierzchniach, niezależnie od wieku odnowień, stwierdzono w strefach najdalej położonych od drzewostanu. Podobną prawidłowość stwierdzono także na wrębach. Zdrowotność siewek w tych warunkach zmieniała się zgodnie z kierunkiem wschód–zachód: najmniej porażone były siewki we wschodniej części wrębu, najbardziej – w części zachodniej (ryc. 4).

5. Dyskusja

Odnowienie naturalne sosny może być inicjowane za pomocą obsiewu bocznego na powierzchni otwartej lub obsiewu górnego – pod okapem drzewostanu. Wybór sposobu postępowania zależy m.in. od kategorii ochronności lasu, przyjętego sposobu zagospodarowania lasu i

celu hodowlanego. Oba sposoby inicjowania odnowienia mają zastosowanie w lasach Nadleśnictwa Tuszyna. Zagęszczenie, wzrost i stan zdrowotny siewek rozpatrywano w trzech różnych warunkach środowiskowych: 1) pod osłoną drzewostanu matecznego, 2) na powierzchni otwartej typowego zrębu zupełnego, założonego w kolejnym nawrocie cięć w pasie ostępowym, i 3) na powierzchni otwartej wrębu o szerokości ok. 40 m, pozostającego od strony zachodniej i wschodniej w otoczeniu rębny drzewostanu sosnowego. Przeprowadzone badania pozwoliły na wykazanie szeregu istotnych różnic stanu odnowień w zależności od przyjętych rozwiązań hodowlanych i warunków ekologicznych na powierzchni odnowieniowej.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że o zagęszczeniu odnowień sosny decydował głównie sposób cięć rębnych i usytuowanie powierzchni odnowieniowej względem obsiewającego drzewostanu.

Generalnie najwięcej nalotów pojawiło się na wrębach, co wynikało z możliwości obsiewu nasion z drzew matecznych występujących po obu stronach powierzchni odnowieniowej. Wprawdzie w naszych warunkach dominują wiatry zachodnie, jednak w okresie wiosennym stosunkowo często występują także wiatry z kierunku wschodniego, pozwalające na równomierne pokrycie powierzchni wrębu przez nasiona. Liczebność siewek na typowych zrębach zupełnych o szerokości 50–60 m oraz w warunkach podokapowych była do siebie zbliżona, lecz wyraźnie mniejsza niż na wrębach. Na zrębie zupełnym ograniczony był dostęp nasion do powierzchni leżącej w dalszej odległości od ściany drzewostanu (Andrzejczyk 2000), natomiast w warunkach podokapowych czynnikiem ograniczającym nie był deficyt nasion, lecz gorsze warunki do ich skielkowania z powodu mniejszego udziału odsłoniętej gleby mineralnej niż na zrębie (utrudniona skaryfikacja gleby w warunkach podokapowych) oraz mniejszej przeżywalności siewek z powodu znacznej konkurencji korzeniowej starych drzew. W analogicznych warunkach środowiskowych zagęszczenie odnowień sosny tego samego wieku wykazywało nieraz znaczne różnice na poszczególnych obiektach badawczych. Mogły one wynikać zarówno z dostępności nasion, sposobu przygotowania gleby, a także różnic mikrosiedliskowych i presji roślinności runa.

Z uzyskanych danych wynika, że na zrębach zupełnych w pierwszych latach po obsiewie zagęszczenie siewek maleje wraz ze zwiększającą się odległością od ściany drzewostanu. Natomiast zagęszczenie starszych siewek (3 i 4-letnich) na całej szerokości zrębu było już bardziej wyrównane, a w przypadku niektórych obiektów – najmniejsze w strefie położonej najbliższej drzewostanu (w odległości do 10 m). Dane te są w pełni zgodne z wcześniejszymi wynikami badań nad odnowieniem naturalnym sosny, z których wynikało, że wraz z wiekiem (począwszy od trzeciego roku), zagęszczenie odnowień naturalnych sosny na zrębie stopniowo wyrównuje się (Andrzejczyk 2000). W dużym stopniu był to efekt mniejszej przeżywalności siewek w bliskim sąsiedztwie drzewostanu matecznego z powodu wzmoczonej konkurencji korzeniowej starych drzew o wodę. Na wrębach była większa liczebność siewek w sąsiedztwie drzewostanu rębego od strony zachodniej, lecz różnice między strefami nie były statystycznie istotne.

Samosiewy sosny w pierwszych latach życia (2–4 lata) miały najlepszy wzrost na wrębach, następnie – na typowych zrębach zupełnych, a najgorszy – pod okapem drzewostanu matecznego. Już w tym okresie rozwoju odnowień dało się stwierdzić, że z wiekiem ich wysokość na wrębach i zrębach zupełnych wyrównuje się, natomiast wzrasta różnica między wysokością siewek rosnących na powierzchni otwartej i powierzchni podokapowej. Stosunkowo niski przyrost na wysokość sie-

wek w warunkach podokapowych wynikał głównie z konkurencji korzeniowej starych drzew o wodę i z ocienienia. Natomiast słabnący z wiekiem przyrost wysokości siewek na wrębach w porównaniu z siewkami rosnącymi na zrębach to wynik stosunkowo dużego i utrzymującego się w kolejnych latach porażenia siewek przez osutkę sosny, a także silnej konkurencji między siewkami na skutek ich bardzo dużego zagęszczenia. Warto zauważyć, że w pierwszych latach życia siewki na wrębach uzyskały wyraźnie większą wysokość niż odnowienia na zrębach typowych. Był to, jak się wydaje, efekt dużego ich zagęszczenia. Potencjał wzrostowy tych siewek inwestowany był głównie w przyrost wysokości, podczas gdy przyrost pędu na grubość był mocno ograniczony. Na podkreślenie zasługuje również to, że odnowienia naturalne sosny na terenie Nadleśnictwa Tuszycy, w analogicznym wieku i w podobnych warunkach ekologicznych, charakteryzowały się wyraźnie większą (w niektórych przypadkach nawet dwukrotnie większą) wysokością w porównaniu z odnowieniami w innych regionach kraju (Andrzejczyk et al. 2003, Andrzejczyk et Drozdowski 2003). Dobry wzrost samosiewów sosny na tym obszarze jest wynikiem przede wszystkim korzystnych warunków wilgotnościowych. Roczna suma opadów atmosferycznych wynosi tu ok. 650 mm i jest większa od wartości progowej (550 mm), przyjmowanej jako warunek rozwoju naturalnego odnowienia sosny pod okapem drzewostanu (Tomczyk 1993). Warunki wilgotnościowe, które na dużym obszarze Polski są czynnikiem ograniczającym, w Nadleśnictwie Tuszycy w pełni pozwalają na powstanie i długotrwały rozwój odnowień sosny pod okapem drzewostanu. Tym samym pozwalają na hodowlę dwugeneracyjnych drzewostanów sosnowych, które należałoby szczególnie preferować w lasach o charakterze ochronnym.

W badanych obiektach nasilenie cięć obsiewnych było stosunkowo duże; czynnik zadrzewienia drzewostanu był redukowany z reguły do poziomu 0,3–0,4. Takie nasilenie cięć pozwala nie tylko na dobry wzrost i rozwój odnowień sosny w fazie nalotów, ale także w fazie podrostów, a nawet utworzenie w przyszłości drugiego piętra w drzewostanie (Andrzejczyk 2003, 2007, Barzdajn et al. 1997, Gil et al. 2004). Jednocześnie silne cięcia obsiewne pozwalają na stosunkowo dokładne przygotowanie gleby w warunkach podokapowych, co daje gwarancję lepszego obsiewu powierzchni odnowieniowej.

Na zrębie zupełnym, począwszy już od pierwszych lat życia siewek, zaznaczył się istotny wpływ odległości od drzewostanu rębego na ich wysokość i przyrost wysokości. Wraz ze wzrostem odległości od drzewostanu wyraźnie poprawiał się wzrost siewek. W warunkach wrębu w pierwszych latach życia wysokość sosny nie różniła się istotnie w poszczególnych strefach powierzchni, natomiast już trzyletnie odnowienia wyka-

zywały lepszy wzrost w środkowej i wschodniej części wrębu. Uzyskane wyniki wskazują, że na wąskich wrębach należy się liczyć z negatywnym wpływem drzewostanu leżącego od strony zachodniej na wzrost odnowień sosny, co może być wynikiem cienia opadów i niedostatku światła pełnego.

Na podkreślenie zasługuje stosunkowo duże zróżnicowanie stopnia porażenia siewek przez osutkę w badanych wariantach środowiskowych. Niezależnie od wieku najbardziej porażone były odnowienia rosnące na wrębach. Wartość wskaźnika porażenia siewek w tych warunkach na poszczególnych powierzchniach wynosiła od 1,94 do 3,35. Oznacza to, że w przypadku obiektu o najmniejszym porażeniu przez osutkę przeciętna siewka miała od 25 do 50% igieł zasiedlonych przez *L. sediciosum*, a w przypadku obiektu o największym porażeniu – od 50 do 75% i więcej. Znacznie mniejsze porażenie siewek stwierdzono na typowych zrębach zupełnych. Zarówno na zrębach jak i wrębach stwierdzono tendencję do poprawy zdrowotności nalotów sosnowych wraz z ich wiekiem. Ogólnie największą zdrowotnością charakteryzowały się siewki w warunkach podokapowych, a stopień porażenia ich przez osutkę nie wykazywał większych zmian wraz z wiekiem. Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ odległości od drzewostanu osłaniającego na stan zdrowotny odnowień sosny w warunkach powierzchni otwartej. I tak na zrębach zupełnych stopień porażenia nalotów przez osutkę w pobliżu drzewostanu rębego był znacznie większy niż w dalszej odległości od drzewostanu. Najmniejsze porażenie na wszystkich powierzchniach, niezależnie od wieku odnowień, stwierdzono w strefach najdalej położonych od drzewostanu. Podobną prawidłowość stwierdzono także na wrębach. Zdrowotność siewek w tych warunkach zmieniała się zgodnie z kierunkiem wschód–zachód: najbardziej porażone były siewki w zachodniej części wrębu, najmniej – w części wschodniej.

Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają wymagania ekologiczne i warunki rozwoju osutki sosny (Kowalski 1989, Diwani i Miller 1990, Mańka 2005). Rozwojowi grzyba sprzyjają wysokie opady atmosferyczne i podwyższona wilgotność powietrza w miesiącach letnich. Na zrębach wyższa wilgotność powietrza i dłuższe zaleganie rosy ma miejsce w części zachodniej z powodu ocienienia powierzchni przez sąsiadujący drzewostan rębny. Na wąskich wrębach, pozostających z obu stron w otoczeniu dojrzałego drzewostanu większej wilgotności powietrza dodatkowo sprzyja mała przewiewność i zaciśnięcie powierzchni, spowodowana mniejszą dostępnością wiatru. Duże znaczenie dla stopnia porażenia siewek mają także warunki mikrosiedliskowe ich miejsca wzrostu: w zagłębieniach, gdzie utrzymuje się większa wilgotność powietrza, są one bardziej narażone na infekcje niż siewki rosnące w miejscach wywyższonych.

Porażeniu sprzyja także duże zagęszczenie siewek; miało ono miejsce szczególnie na wrębach.

Należy podkreślić, że nawet w rejonach o podwyższonym zagrożeniu wystąpienia choroby, powodowanym tak jak w Nadleśnictwie Tuszyma, stosunkowo dużymi opadami atmosferycznymi i nagromadzeniem materiału infekcyjnego (większość odnowień sosny jest porażonych przez osutkę), nie zachodzi bezwzględna konieczność jej chemicznego zwalczania za pomocą fungicydów. Występowanie osutki w tych warunkach na żadnej powierzchni odnowieniowej nie doprowadziło do przypadnięcia samosiewu sosny. Była ona natomiast naturalnym czynnikiem selekcyjnym i prowadziła do przerzedzenia bardzo przegęszczonych nalotów.

Z przedstawionych danych wynika, że zagęszczenie, wzrost i stan zdrowotny odnowień naturalnych sosny w dużym stopniu zależą od takich rozwiązań hodowlanych jak forma cięć odnowieniowych, usytuowanie powierzchni zrębowej względem otaczających drzewostanów, nasilenie cięć w ramach rębni częściowej, sposób przygotowania gleby. Dobre efekty hodowlane można uzyskać na typowych zrębach zupełnych, a w regionach o stosunkowo dużych opadach atmosferycznych – także w warunkach podokapowych, przy zastosowaniu cięć przygotowawczo-obsiewnych, redukujących czynnik zarzewienia drzewostanu do poziomu 0,3–0,4. Natomiast z uwagi na zagrożenie ze strony osutki sosny należy ograniczyć zakładanie wąskich wrębów (o szerokości do 40 m). Przy konieczności ich stosowania w dużych kompleksach drzewostanów rębnych należy zwiększyć ich szerokość do maksymalnej dopuszczalnej (60 m) i jednocześnie w drzewostanie rębnym od strony zachodniej na pasie manipulacyjnym o szerokości 20–40 m przerzedzić drzewostan w celu lepszej wentylacji wrębu.

6. Podsumowanie i wnioski

1. Rodzaj powierzchni odnowieniowej (zrąb typowy, wrąb, powierzchnia podokapowa) ma istotny wpływ na stan ilościowy i jakościowy naturalnych odnowień sosny. Najlepsze warunki do odnowienia i wzrostu siewek w pierwszych latach występują na wrębach, natomiast najlepszą zdrowotnością odnowienia sosny charakteryzują się w warunkach podokapowych.

2. Z wiekiem różnice wysokości siewek sosny na zrębie zupełnym i wrębie stopniowo zanikają, natomiast zwiększają się między siewkami rosnącymi na powierzchni otwartej (zrąb, wrąb) i pod okapem drzewostanu.

3. Stopień porażenia siewek przez osutkę na zrębie zupełnym z wiekiem zmniejsza się i osiąga niższe wartości niż w warunkach podokapowych.

4. W warunkach powierzchni otwartej na wzrost i stan zdrowotny odnowień sosny istotny wpływ ma od-

ległość od drzewostanu osłaniającego; samosiewy rosnące w strefie leżącej w bezpośrednim sąsiedztwie drzewostanu charakteryzują się gorszym wzrostem i są bardziej porażone przez osutkę sosny niż w dalszych strefach zrębu.

5. Na zrębie zagęszczenie odnowień w pierwszych latach jest największe w sąsiedztwie drzewostanu, lecz z wiekiem w obrębie całej powierzchni wyrównuje się.

6. Dobre efekty hodowlane można uzyskać na typowych zrębach zupełnych, a w regionach o stosunkowo dużych opadach atmosferycznych – także w warunkach podokapowych, przy zastosowaniu cięć przygotowawczo obsiewnych, redukujących czynnik zadrzewienia drzewostanu do poziomu 0,3–0,4.

7. W celu poprawy warunków wzrostu i ograniczenia stopnia porażenia przez osutkę na wrębach należy dążyć do zwiększenia ich szerokości do maksymalnie dopuszczalnej (60 m), przy jednoczesnym przerzedzeniu drzewostanu na pasie manipulacyjnym od strony zachodniej wrębu. Postępowanie takie zapewni lepszą wentylację powierzchni odnowieniowej.

Podziękowania

Autorzy pracy serdecznie dziękują Panu mgr inż. Zygmuntowi Juraszowi – nadleśniczemu Nadleśnictwa Tuszyna za wyrażenie zgody na przeprowadzenie badań i pomoc w ich realizacji.

Literatura

Andrzejczyk T. 2000. Wpływ odległości od ściany drzewostanu na zagęszczenie i przeżywalność nalotów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na zrębach zupełnych i gniazdach. *Sylwan*, 1: 27–42.

- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstawanie, struktura, hodowla. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Andrzejczyk T. 2007. Wpływ osłony drzewostanu górnego i cięć odsłaniających na wzrost i przyrost wysokości podrostów podokapowych sosny w Lasach Pilskich. *Sylwan*, 3: 43–51.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S. 2003. Rozwój naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej na powierzchni przygotowanej pługiem dwuodkładnicowym. *Sylwan*, 5: 28–35.
- Andrzejczyk T., Drozdowski S., Szeligowski H. 2003. Wpływ przygotowania gleby na zagęszczenie, wzrost i jakość samosiewów sosny w warunkach podokapowych. *Sylwan*, 3: 19–27.
- Barzdajn W., Drogoszewski B., Zientarski J. 1997. Naturalne odnawianie drzewostanów sosny zwyczajnej. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 60: 15–21.
- Diwani S. A., Miller C. S. 1990. Sources of inoculum of *Lophodermium seditiosum* on *Pinus sylvestris*. *European Journal of Plant Pathology*, 20: 1–7.
- Gil W., Kopyrk W., Zachara T. 2004. Growth dynamics of Scots pine natural regeneration under the shelter of the stand in Polish lowland – a case study Ostrów Mazowiecka. *Folia Forestalia Polonica, Ser. A – Forestry*, 46: 21–28.
- Kowalski T. 1989. Osutka sosny. PWRiL, Poznań.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia leśna. PWRiL, Warszawa.
- Tomczyk S. 1993. Naturalne odnowienie sosny. Biblioteczka Leśniczego. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologicznych. PWRiL, Warszawa.