

STAN DOMIESZKI OLSZY SZAREJ (*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH) I JEJ WPŁYW NA WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) W WARUNKACH SUCHEGO OLIGOTROFICZNEGO SIEDLISKA NA POŻARZYSKU

Robert Korzeniewicz^{1✉}, Marta Szulist², Bartosz Perz³, Marlena Baranowska¹

¹Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

²Nadleśnictwo Lubichowo, ul. Leśna 12, 83-240 Lubichowo

³Nadleśnictwo Turek, ul. Chopina 70, 62-700 Turek

ABSTRAKT

Wstęp. W pracy przedstawiono ocenę wpływu domieszki olszy szarej (*Alnus incana* (L.) Moench) na wzrost i kształtowanie się wybranych cech sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w warunkach suchego oligotroficznego siedliska na pożarzysku.

Materiał i metody. Materiał badawczy pochodził z wyodrębnionej części stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu, założonej na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice. Doświadczenie założono na obszarze pożarzyska, współrzędne geograficzne (52°85'N 16°17'E). Eksperyment powstał w układzie blokowym z sześcioma powtórzeniami. Zastosowano pięć wariantów doświadczalnych sosny z olszą: wariant 1 – 100% sosny (So100); wariant 2 – 75% sosny (So75), 25% olszy (Ol25); wariant 3 – 50% sosny (So50), 50% olszy (Ol50); wariant 4 – 25% sosny (So25), 75% olszy (Ol75); wariant 5 – 100% olszy (Ol100). Obserwacje i pomiary biometryczne sosny zwyczajnej wykonano po 21 latach od założenia doświadczenia (wiek biologiczny drzew – 23 lata).

Wyniki. Średnia przeżywalność olszy szarej wynosiła 15,6%, natomiast sosny zwyczajnej 46,6%. Średnia wysokość olszy w całym eksperymencie wynosiła blisko 1,4 m. W tym samym czasie sosna zwyczajna osiągnęła wysokość ponad 9 m. Pod względem wielkości pierśnicy (DBH) najwyższe wartości uzyskano dla sosny zwyczajnej, rosnącej z domieszką 75% olszy szarej, średnio 11,13 cm. Zaobserwowano, że zmniejszenie udziału olszy spowodowało również obniżenie wartości średnich pierśnic sosny zwyczajnej. Analiza wariancji wskazała statystycznie istotne różnice w wielkości pierśnicy sosny rosnącej w różnym zmieszaniu z olszą szarą ($F = 9,779$; $p = 0,000352$).

Wnioski. Olsza szara ma pozytywny wpływ na wzrost sosny zwyczajnej. Wysoki udział olszy szarej (50% i więcej) może powodować zmniejszenie produktywności i ogranicza możliwość pozyskania surowca w cięciach pielęgnacyjnych. Wydłużenie pozytywnego oddziaływania olszy na sosnę można osiągnąć przez wybór rzędowej formy zmieszania oraz zwiększenie jej udziału do 50%.

Słowa kluczowe: hodowla lasu, gatunki domieszkowe, sosna zwyczajna, olsza szara, pożarzysko, Nadleśnictwo Potrzebowice

✉ korzon@up.poznan.pl

WSTĘP

Pożary całkowite gwałtownie i nieodwracalnie zakłócają funkcjonowanie ekosystemów leśnych, pozostawiając długotrwałe i swoiste ślady w glebie (Januszek i in., 1999). Gwałtowna mineralizacja materii organicznej i wypalenie edafonu glebowego powodują degradację gleb (Mocek i in., 2004; Zwoliński i in., 2004). Dlatego rekultywacja pożarzysk wymaga odpowiedniego przygotowania gleby oraz wykorzystania do odnowienia właściwych gatunków drzew i krzewów (Kaczmarek i in., 2011; Olejarski, 2003; Sienkiewicz, 1979). Nawet na najslabszych siedliskach jest wskazane wprowadzanie domieszek, zwłaszcza gatunków liściastych, ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania mikrosiedliskowego (Kocjan, 1993; 2003). Zwiększa to możliwość wykorzystania zdolności produkcyjnych siedliska i utrzymania środowiska glebowego w większej sprawności. Zwiększa też odporność drzewostanów na szkodliwe działanie czynników biotycznych, abiotycznych i antropogenicznych (Mąkosza, 1992).

W praktyce odnawianie drzewostanów na siedliskach oligotroficznych ogranicza się do wykorzystania niewielkiej grupy gatunków: sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) oraz dębów na niewielkich powierzchniach (Ceitel i in., 2003). Rzadziej na ubogie siedliska hodowcy (Jaworski, 2011) proponują topolę osikę (*Populus tremula* L.), a jako domieszkę fitomielioracyjną zalecają olszę szarą (*Alnus incana* (L.) Moench; Ceitel i in., 2003; Ilmurzyński, 1969). W literaturze brakuje praktycznych wskazówek, które pozwoliłyby określić udział domieszek fitomielioracyjnych (w tym olszy szarej) gwarantujący korzystny i trwały wpływ na wzrost oraz produktywność gatunku głównego.

Jednym z pierwszych eksperymentów, który posłużył do badań nad wpływem domieszki olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej – w warunkach suchego oligotroficznego siedliska na pożarzysku – jest doświadczenie polowe, założone wiosną 1994 roku w Nadleśnictwie Potrzebowice, Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (dawnej Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu). W czasie wieloletnich obserwacji badano wpływ domieszki olszy szarej, w zmieniających się

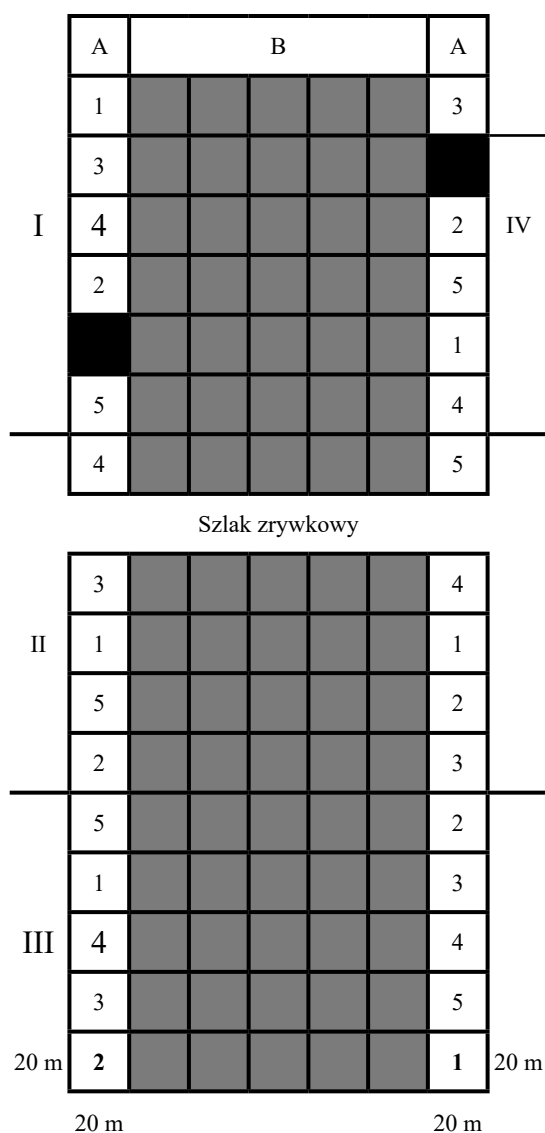
proporcjach, na zdegradowaną pożarem glebę oraz na wzrost sosny zwyczajnej (Barzdajn i in., 2003; 2012; Ceitel i in., 1997; 1999). Cytowani autorzy ustalili, że na pożarzysku – gdzie materia organiczna będąca głównym źródłem azotu dla roślin uległa całkowitej degradacji – wprowadzenie już 25% olszy wywołuje pozytywny wpływ na sosnę, który wyraża się zwiększeniem pierśnic. Jednak wyższy udział olszy szarej zmniejsza produktywność 15-letniej sosny, wyrażoną pierśnicowym polem przekroju.

Głównym celem badań była próba określenia reakcji sosny zwyczajnej na różny udział olszy szarej po upływie 21 lat od założenia doświadczenia i ustalenie przydatności hodowlanej olszy jako gatunku fitomielioracyjnego na siedlisku oligotroficznym.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na której jest realizowany temat badawczy „Interakcja sosny zwyczajnej z olszą szarą we wroście na suchym oligotroficznym siedlisku”. Powierzchnię badawczą założono w Nadleśnictwie Potrzebowice, które jest położone w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, Mezőregion Puszczy Noteckiej (III.17) (Kliczkowska i Zielony, 2012), w oddziale 102b (Ceitel i in., 1997). Doświadczenie zlokalizowano na terenie pożarzyska z 1992 roku. Jest to eksperyment w układzie blokowym z sześcioma powtórzeniami. Poletka eksperymentalne o wymiarach 20×20 m rozmieszczono w blokach losowo. W doświadczeniu zastosowano następujące warianty mieszania sosny zwyczajnej i olszy szarej (Barzdajn i in., 2003; 2012): wariant 1 – 100% sosny (So100); wariant 2 – 75% sosny (So75) i 25% olszy (Ol25); wariant 3 – 50% sosny (So50) i 50% olszy (Ol50); wariant 4 – 25% sosny (So25) i 75% olszy (Ol75); wariant 5 – 100% olszy (Ol100).

Stosunek mieszania poszczególnych gatunków na powierzchni doświadczalnej zaprojektowano w schemacie umożliwiającym porównanie ilościowego wpływu olszy na sosnę (rys. 1). Olsza szara została wykorzystana w roli domieszki czasowej i wprowadzona rzędowo (Barzdajn i in., 2012). Glebę przygotowano, wyorując bruzdy, a dwuletnie nieszkółkowane sadzonki sosny zwyczajnej i olszy szarej sadzono



Rys. 1. Plan powierzchni doświadczalnych: A – doświadczenie „Interakcje sosny zwyczajnej z olszą szarą we wzroście na suchym oligotroficznym siedlisku”; B – doświadczenie „Próba regradacji siedlisk suchych i oligotroficznych”. Zastosowane warianty: 1 – So 100%, 2 – So 75% i Ol 25%, 3 – So 50% i Ol 50%, 4 – Ol 75% i So 25%, 5 – Ol 100% (za Barzdajn i in., 2012 – nieco zmieniony)

Fig. 1. Design of experimental plots: A – experiment “Scots pine and grey alder growth interactions in the dry oligotrophic habitat”; B – experiment “Attempt at dry oligotrophic habitat regradation”. Applied treatment variants: 1 – pine 100%, 2 – pine 75% and alder 25%, 3 – pine 50% and alder 50%, 4 – alder 75% and pine 25%, 5 – alder 100% (after Barzdajn et al., 2012 – with modifications)

łopatą w jamkę. Więźba sadzenia wynosiła 1,5×0,5 m (525 sadzonek na poletko; Barzdajn i in., 2003; 2012). W 2013 roku wykonano w oddziale 102b czyszczenia późne (Plan..., 2014). Zabieg nie był uwzględniony w harmonogramie eksperymentu. Obserwacje i pomiary przeprowadzone dwa lata po zabiegu CP wykazały, że został on ograniczony do wycięcia rozpierczy, głównie na poletkach ze 100-procentowym udziałem sosny, dlatego autorzy zdecydowali się na dalszą analizę i prezentację wyników badań.

Badania biometryczne wykonano jesienią 2015 roku, po 21 latach od założenia uprawy (wiek biologiczny sosny i olszy – 23 lata). U olszy zmierzono wysokość wszystkich drzew z dokładnością do 1 cm. Zmierzono pierśnicę (DBH) wszystkich sosen z dokładnością do 1 mm. Wysokość (h) oraz wysokość osadzenia koron (h_{ok}) sosny zmierzono w wybranych rzędach z dokładnością do 0,1 m. Wyniki pomiarów pozwoliły na wyliczenie smukłości (s) oraz sumy pierśnicowego pola przekroju ($\Sigma Gd_{1,3}$). Za pomocą analizy podstawowych cech biometrycznych (DBH, h , s) oraz wybranych cech budowy korony (h_{ok} , l_k) oceniono wpływ olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej. W podsumowaniu wyników badań zaprezentowano ocenę produktywności sosny rosnącej w różnym zmieszaniu z olszą szarą za pomocą sumy pierśnicowego pola przekroju ($\Sigma Gd_{1,3}$). Analizę statystyczną wyników wykonano w programie Statistica v. 13 (Dell, 2016).

WYNIKI

W doświadczeniu analizowano dwa gatunki, które pełnią odmienną rolę w drzewostanie. Gatunek domieszkowy (olsza szara) jest traktowany jako domieszka przejściowa, która przez relatywnie krótki czas oddziałuje na gatunek główny. Informacje o nim stanowią tło do dalszych rozważań nad oddziaływaniem na wzrost sosny. Aktualne zagęszczenie olszy szarej i sosny zwyczajnej po upływie 21 lat od założenia uprawy przedstawiono w tabeli 1. Zmiany zagęszczenia olszy szarej, niezależnie od wariantu, były większe od zmian odnotowanych wśród sosen. Średnia liczba żywych egzemplarzy olszy szarej w przeliczeniu na jeden hektar wynosiła odpowiednio: z udziałem olszy 25% – 538 szt., 50% – 725 szt., 75% – 1217 szt., 100% – 2988 szt. Ustalono, że w doświadczeniu

Tabela 1. Początkowe i aktualne zagęszczenie sosny zwyczajnej i olszy szarej w 21-letnim drzewostanie (23. rok życia drzew)

Table 1. Initial and current density of Scots pine and grey alder in a 21-year-old stand in different admixture variants (23th year of tree age)

Wariant Variant	Sosna zwyczajna (So) Scots pine (So)			udział share %	Wariant Variant	Olsza szara (Ol) Grey alder (Ol)			udział share %
	liczba drzew, szt./ha number of trees, pcs/ha					liczba drzew, szt./ha number of trees, pcs/ha			
	minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia mean			minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia mean	
So100	4 174	5 421	4 738	100,0	Ol100	2 376	3 531	2 993	100,0
So75	3 750	4 873	4 154	88,5	Ol25	351	1 001	538	11,5
So50	1 923	3 117	2 638	78,5	Ol50	322	1 273	722	21,5
So25	1 552	2 704	2 225	64,6	Ol75	650	1 575	1 221	35,4

średnia przeżywalność olszy wyniosła 15,6%, przy czym była najwyższa (22,8%) w wariantcie z jej udziałem 100%.

W przypadku sosny zwyczajnej liczba żywych egzemplarzy w przeliczeniu na jeden hektar wynosiła odpowiednio: w wariantcie So100 – 4738 szt., So75 – 4154 szt., So50 – 2638 szt., So25 – 2225 szt. Biorąc pod uwagę wykonany zabieg CP, średnia przeżywalność sosny w doświadczeniu wyniosła 46,6% początkowej liczby sadzonek użytych do założenia. Najniższa (36,1%) była w wariantcie z jej 100-procentowym udziałem, natomiast najwyższa w wariantcie z 75-procentową domieszką olszy (blisko 68% z posadzonych drzewek). Początkowy stopień zmieszania badanych gatunków zmieniał się skokowo, co 25% udziału danego gatunku (25%, 50%, 75% oraz 100%). Po 21 latach od założenia doświadczenia nastąpiły zmiany w proporcjach między sosną a olszą ze względu na naturalną śmiertelność obu gatunków, będącą wypadkową zdarzeń losowych, zabiegów hodowlanych (w tym CP) oraz oddziaływania i konkurencji. W tabeli 1 przedstawiono wybrane charakterystyki zagęszczenia początkowego i obecnego obu gatunków w składzie młodnika. Wyraźnie zaakcentowane jest obniżenie udziału olszy szarej w wariantach 2–4, w których była ona domieszką. W skrajnych przypadkach proporcje udziału między gatunkami odwróciły się, jak w wariantcie 4 (So25), gdzie obecnie udział sosny wzrósł do 64,6% z początkowych 25%.

Charakterystykę statystyczną wysokości olszy szarej i sosny zwyczajnej przedstawiono w tabeli 2. Rozpiętość badanej cechy (h) u olszy wahała się w szerokim zakresie, od 0,12 m do 7,7 m. Średnia wysokość tego gatunku w całym doświadczeniu wyniosła blisko 1,4 m, przy czym najwyższe olsze (przeciętnie 1,62 m) wyróżniały wariant z ich 100-procentowym udziałem. Pojedyncze egzemplarze olsz osiągnęły rozmiary znaczące, ponad 7 m. Niezależnie od udziału olszy, rozkłady wysokości (h) charakteryzowały się wysokim współczynnikiem zmienności.

W całym doświadczeniu średnia wysokość sosny przekroczyła 9 m. Najwyższe (9,73 m) były sosny w wariantcie 4 (So25), natomiast najniższe (9,08 m) wyrosły z 50-procentową domieszką olszy (wariant 3). Wysokości sosny, w każdym wariantcie doświadczenia, charakteryzowały się niskim współczynnikiem zmienności (średnio w doświadczeniu $v = 11,9\%$), pomimo występowania pojedynczych wybujałych egzemplarzy. Pod tym względem rozkłady wysokości sosny (v) różnią się wyraźnie od rozkładów olszy. Jednoczynnikowa analiza wariacji nie pozwoliła na odrzucenie hipotezy o braku statystycznie istotnych różnic w wysokości sosny rosnącej w różnym zmieszaniu z olszą szarą ($F = 0,776; p = 0,5209$).

Przeciętnie w doświadczeniu wysokość osadzenia korony (h_{ok}) u sosny oscylowała w granicach 5 m. Wyżej osadzone korony miały sosny rosnące bez domieszki i z 25-procentową domieszką olszy szarej

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna wysokości h olszy szarej i sosny zwyczajnej w różnych wariantach zmieszania, m
Table 2. Statistical characteristics of height h in grey alder and Scots pine in different admixture variants, m

Gatunek Species	Wariant Variant	N szt. – psc.	\bar{x}	Min	Max	Var	S_{dx}	V
Sosna zwyczajna Scots pine (So)	So100	183	9,21	6,70	12,10	0,85	0,92	10,02
	So75	141	9,33	6,60	11,40	0,88	0,94	10,05
	So50	111	9,08	6,60	11,60	1,27	1,23	12,39
	So25	113	9,73	7,4	17,60	2,161	1,47	15,11
Olsza szara Grey alder (Ol)	O1100	717	1,62	0,15	7,70	0,92	0,96	59,42
	O175	292	1,30	0,15	5,10	0,93	0,96	74,06
	O150	174	1,35	0,20	4,30	0,94	0,97	71,75
	O125	129	1,32	0,12	7,10	1,31	1,15	86,89

\bar{x} – średnia, Var – wariancja, S_{dx} – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności.
 \bar{x} – mean, Var – variance, S_{dx} – standard deviations, V – coefficient of variation.

(odpowiednio 5,45 m i 5,36 m). W dwóch pozostałych wariantach, 3 (So50) i 4 (So25), korony były osadzone na wysokości odpowiednio 4,59 m i 4,80 m. Jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała, że istnieją statystycznie istotne różnice w wysokości osadzenia korony sosny zwyczajnej rosnącej w różnym zmieszaniu z olszą ($F = 7,774; p = 0,0012$). Test Duncana, przeprowadzony na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, wydzielił dwie niezależne, różniące się statystycznie grupy. W jednej (A) znalazł się wariant bez domieszki olszy i wariant z 25-procentową domieszką olszy, w drugiej (B) dwa pozostałe. Różna wysokość osadzenia korony (h_{ok}) sosny, przy niemal identycznej wysokości, wpłynęła na bezwzględną i względną długość korony (l_k) badanych sosen. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Pod względem pierśnic (DBH) najgrubsze były sosny rosnące z 75-procentową domieszką olszy, przeciętnie 11,13 cm (tab. 3). Zaobserwowano, że zmniejszanie udziału olszy powoduje także zmniejszanie się średnich wartości pierśnic sosny. W wariancie 1, bez domieszki olszy, przeciętna pierśnica była najniższa i wynosiła 8,66 cm. Niezależnie od udziału olszy, rozkład pierśnic (DBH) sosny charakteryzował się wysoką zmiennością (średnio dla doświadczenia blisko 24%). Jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice pierśnicy (DBH) sosny rosnącej w różnym udziale z olszą ($F = 9,779; p = 0,0004$). Za pomocą testu Duncana wydzielono trzy

statystycznie jednorodne, niezależne grupy. Wariant z 75-procentową domieszką olszy tworzy niezależną grupę z najgrubszymi sosnami (grupa A). W grupie B, wyznaczonej testem Duncana, znalazły się dwa warianty z domieszką 50% i 75% olszy. Natomiast wariant bez domieszki olszy (So100) znalazł się w niezależnej grupie C o pierśnicach najmniejszych (DBH).

W tabeli 4 przedstawiono wyniki korelacji liniowej Pearsona wybranych cech sosny. Wskazują one na nieznaczące różnice siły korelacji pomiędzy analizowanymi zmiennymi w poszczególnych wariantach doświadczenia. Niezależnie od udziału olszy zaobserwowano najsilniejszy związek między pierśnicą (DBH) a smukłością (s) sosy zwyczajnej (odwrotnie proporcjonalny). Zaobserwowano też tendencję polegającą na zmniejszaniu się siły korelacji między pierśnicą (DBH) a wysokością (h) i długością korony (l_k) wraz ze zwiększeniem udziału olszy. Od tej zależności odstaje nieco wariant 2 (So75).

Pod względem sumy pierśnicowego pola przekroju ($\Sigma Gd_{1,3}$) uzyskano przeciętnie najwyższe wartości w wariancie bez domieszki olszy (tab. 4). Wariant z 50-procentową domieszką olszy okazał się najmniej efektywnym pod względem produktywności. Analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice dla sumy pierśnicowego pola przekroju ($F = 15,230; p = 0,0000$). Za pomocą testu Duncana wyodrębniono dwie istotnie statystycznie różniące się grupy (tab. 4).

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna pierśnicy (DBH) i smukłości (*s*) sosny zwyczajnej w różnych wariantach zmieszania
Table 3. Statistical characteristics of diameter (DBH) and slenderness (*s*) of Scots pines in different admixture ratios

Wariant Variant	<i>N</i> szt. – psc.	\bar{x}	Min	Max	Var	S_{dx}	<i>V</i>
Pierśnica DBH, cm – Diameter at breast height DBH, cm							
So100	1 138	8,66	4,20	18,30	5,11	2,26	26,11
So75	996	9,08	4,30	19,80	5,75	2,40	26,42
So50	635	10,02	4,80	17,30	4,19	2,05	20,42
So25	533	11,13	5,00	21,00	6,55	2,56	23,01
Wysokość osadzenia korony h_{ok} , m – Height of crown base h_{ok} , m							
So100	82	5,45	2,90	6,40	0,39	0,63	11,50
So75	82	5,36	1,08	6,70	0,69	0,83	15,48
So50	81	4,59	3,10	7,40	0,85	0,92	20,13
So25	73	4,80	2,20	6,90	0,68	0,82	17,13
Długość korony l_k – Crown length l_k , m							
So100	82	3,69	2,00	6,70	0,86	0,93	25,18
So75	82	3,91	1,90	7,22	0,90	0,95	24,28
So50	81	4,52	2,50	6,70	0,98	0,99	21,88
So25	73	4,65	2,20	7,10	1,03	1,02	21,85
Smukłość <i>s</i> , m/cm – Slenderness <i>s</i> , m/cm							
So100	184	1,15	0,00	1,79	0,06	0,24	20,56
So75	141	1,07	0,66	1,60	0,04	0,20	18,67
So50	111	0,98	0,59	1,77	0,04	0,20	20,45
So25	113	0,93	0,57	1,89	0,04	0,21	22,16

\bar{x} – średnia, Var – wariancja, S_{dx} – odchylenie standardowe, *V* – współczynnik zmienności, *A* – skośność.
 \bar{x} – mean, Var – variance, S_{dx} – standard deviations, *V* – coefficient of variation, *A* – skewness.

Tabela 4. Korelacja liniowa Pearsona między wybranymi cechami sosny zwyczajnej
Table 4. The Pearson linear correlation between selected characteristics of Scots pine

Wariant Variant	Zmienna	DBH	<i>h</i>	h_{ok}	l_k	<i>s</i>
1	2	3	4	5	6	7
So100	DBH	1,0000	,6229	–,1840	,7228	–,8909
So75		1,0000	,6350	–,1760	,7410	–,8999
So50		1,0000	,4862	,1073	,4562	–,7972
So25		1,0000	,3892	–,0736	,4031	–,8655

Tabela 4 cd. – Table 4 cont.

1	2	3	4	5	6	7
So100	<i>h</i>	,6229	1,0000	,2922	,7638	–,2693
So75		,6350	1,0000	,3826	,5908	–,3199
So50		,4862	1,0000	,5532	,6276	,0736
So25		,3892	1,0000	,3043	,6364	,0793
So100	<i>h_{ok}</i>	–,1840	,2922	1,0000	–,3941	,3454
So75		–,1760	,3826	1,0000	–,5194	,3609
So50		,1073	,5532	1,0000	–,3014	,1877
So25		–,0736	,3043	1,0000	–,5411	,2306
So100	<i>l_k</i>	,7228	,7638	–,3941	1,0000	–,4919
So75		,7410	,5908	–,5194	1,0000	–,6110
So50		,4562	,6276	–,3014	1,0000	–,0912
So25		,4031	,6364	–,5411	1,0000	–,1167
So100	<i>s</i>	–,8909	–,2693	,3454	–,4919	1,0000
So75		–,8999	–,3199	,3609	–,6110	1,0000
So50		–,7972	,0736	,1877	–,0912	1,0000
So25		–,8655	,0793	,2306	–,1167	1,0000

DBH – pierśnica, *h* – wysokość, *h_{ok}* – wysokość osadzenia korony, *l_k* – długość korony, *s* – smukłość. *d_{1,3}* – diameter, *h* – height, *h_{ok}* – height of crown base, *l_k* – crown length, *s* – slenderness.

Tabela 5. Porównanie sumy pierśnicowego pola przekroju ($\Sigma Gd_{1,3}$) sosny rosnącej w różnych wariantach z olszą oraz wynik grupowania za pomocą testu Duncana

Table 5. A comparison of the sum of the cross sectional area ($\Sigma Gd_{1,3}$) of Scots pine trees in different admixture ratios of grey alder and the result grouped using the Duncan test

Wariant Variant	$\Sigma Gd_{1,3}$, m ² /ha			Test Duncana $\alpha = 0,05$ Duncan test $\alpha = 0,05$
	minimalne minimum	maksy- malne maximum	średnia mean	
So25	20,04	25,92	22,68	B
So50	18,48	25,05	21,73	B
So75	24,22	32,66	28,74	A
So100	26,61	32,45	29,79	A

Wraz ze wzrostem udziału olszy (50% i 75%) obserwuje się stratę w produktywności sosny wyrażoną pierśnicowym polem przekroju.

DYSKUSJA

Pozytywny wpływ olszy na rewitalizację wierzchnich poziomów gleby sprawił, że jest ona rekomendowana jako przedplon i domieszka na terenie pożarzystka w Nadleśnictwie Potrzebowice (Kaczmarek i in., 2011). Wielu hodowców uważa, że sosna zwyczajna nadal będzie pełnić rolę gatunku głównego w odnawianiu siedlisk słabych (Otto, 1980), nawet jeśli zmniejszy się jej udział na etapie zakładania uprawy do 75–85% (Ceitel i in., 2003). Wcześniejsze wyniki badań prowadzonych na tej samej powierzchni doświadczalnej potwierdzają, że olsza szara ma korzystny wpływ na wzrost sosny zwyczajnej, co uzasadnia się poprawą warunków troficznych, dostarczeniem azotu do gleby,

poprawą mikroklimatu, warunków świetlnych i allelopatią. Pozytywny wpływ na sosny zauważalny był już w fazie uprawy, ale przy wysokim, bo 50-procentowym udziale olszy (Barzdajn i in., 2003). Późniejsze wyniki badań także potwierdzają pozytywną rolę domieszki olszy szarej w drzewostanie sosnowym (Barzdajn i in., 2010). Należy jednak zaznaczyć, że wstępne wyniki nie były obiecujące, ponieważ w drugim roku nie zaobserwowano pozytywnego oddziaływania domieszki olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej (Ceitel i in., 1997).

Współczesna wiedza na temat roli domieszki olszy w uprawie sosnowej znalazła potwierdzenie w zaleceniach hodowlanych Jaworskiego (2011), który sugerował, że olsza powinna być sadzona w uprawach sosnowych w międzyrzędach, co trzeci lub czwarty rząd lub w jednostkowej formie zmieszania. Wspomniany autor zaznaczył także, że zbyt duży udział olszy (ponad 25%) może zakłócić proces zwierania i oczyszczania się strzał sosny. Czynnikiem, na który dodatkowo należy zwrócić uwagę jest czas trwania domieszki w drzewostanie i pozytywnego oddziaływania na gatunek główny (Barzdajn i in., 2003).

Zaprezentowane w pracy wyniki badań z Nadleśnictwa Potrzebowice potwierdzają słuszność wprowadzenia domieszki olszy szarej do upraw sosnowych. Na powierzchniach doświadczalnych zaobserwowano, że nawet znaczne zwiększenie jej udziału (do 75%) nie wyklucza rozwoju drzewostanu i przechodzenia uprawy do kolejnych faz. Niestety odbywa się to kosztem produktywności i jakości sosny. Uzyskane rezultaty w 21. roku prowadzenia doświadczenia potwierdzają wcześniejsze wyniki badań (Barzdajn i in., 2003; 2012). Wieloletnie obserwacje, prowadzone przez cytowanych już autorów, dowodzą, że sosna osiągała większe rozmiary, szczególnie pod względem grubości (DBH), wraz ze wzrostem udziału gatunku pomocniczego. Ustalono także, że przeżywalność olszy nie wykazuje związku z udziałem sosny, natomiast przeżywalność sosny wykazywała zależność od udziału olszy. Obecne zagęszczenie sosny zwyczajnej, po upływie 21 lat od założenia uprawy doświadczalnej, waha się w przedziale od 4738 szt./ha (wariant 1 – So100) do 2225 szt./ha (wariant 4 – So25) i nie dyskwalifikuje możliwości przeprowadzenia w niedługim czasie trzebieży wczesnej, połączonej z wyborem drzew dorodnych, nawet na działkach o najmniejszym zagęszczeniu sosny (wariant 3 i 4). Zamieranie olszy,

postępujące z upływem lat, spowodowało zmianę udziału gatunków już w wieku 15 lat (Barzdajn i in., 2012).

Wyniki badań potwierdzają dalsze ustępowanie olszy z drzewostanu, wbrew jednak opinii Kocjana (1995) w warunkach słabych siedlisk borowych przeżyła ona dłużej niż trwa faza młodnikowa (14–16 lat). To oznacza, że olsza szara będzie dalej (także w fazie tyczkowiny) pełnić rolę domieszki fitomelioracyjnej. Oczywiście jej intensywne wydzielanie wpłynęło na dalszy rozwój sosny. Zmniejszająca się konkurencja ze strony olszy pozwoliła na intensywniejszy wzrost gatunku głównego, co odzwierciedlają wartości pierśnicy (DBH) sosny w wariantach z większym udziałem olszy. Prawdopodobnie jest to związane z wykorzystaniem przez sosnę przestrzeni powstałej po wypadzie olszy, co wpływało na wiele cech sosny, w tym obniżenie współczynnika smukłości – s (tab. 3). Wcześniejsze wyniki badań prowadzonych na tej powierzchni wykazały, iż wielkość pierśnicy sosny nie zależała tylko od wpływu olszy, lecz również tempa jej ubywania, co wpływało na ogólne zagęszczenie drzewostanu (Barzdajn i in., 2012). Zaobserwowano, że zarówno zbyt gwałtowny, jak i zbyt powolny ubytek olszy zaburza wzrost sosny, przez co pogarsza się jej jakość (Barzdajn i in., 2003). Warianty doświadczenia z wysoką domieszką olszy (50% i 75%) charakteryzowały się niższym o około 25% potencjałem produkcyjnym, mierzonym sumą sumy pierśnicowego pola przekroju ($\Sigma G_{d_{1,3}}$). Jest to niebagatelna strata w kontekście przyszłych zysków w rozumieniu ekonomicznym.

Doświadczalnie wykazano, że długotrwała obecność olszy (ponad 20 lat) w skrajnie ubogim zbiorowisku nie prowadzi do destrukcji drzewostanu sosnowego, czego się obawiano. Co najwyżej wpływa na strukturę, jakość i obniża jego produktywność, nawet przy wysokim, 75-procentowym udziale tego gatunku. Obecne wyniki badań z Nadleśnictwa Potrzebowice pokrywają się z rezultatami Kocjana (2003), który analizował przydatność różnych gatunków domieszkowych w uprawach sosnowych w Puszczy Noteckiej. W jego doświadczeniach sosny w zmieszaniu z olszami uzyskiwały o 20–30% większą wysokość i o 25–32% większą grubość niż w obiektach kontrolnych. Wyjątkowe walory biomelioracyjne, w tym zdolność przyswajania azotu z powietrza, którym są wzbogacane wierzchnie warstwy gleby, wynikają

z symbiozy korzeni olszy z promieniowcami (Barzdajn i in., 2003; Kocjan, 2003). Cecha ta w głównej mierze decyduje o pozytywnej reakcji sosny na domieszkę olszy. Zauważono, że pod wpływem obecności olszy szarej (szczególnie w wariantach z jej udziałem 50% i 75%) następuje poprawa wskaźników charakteryzujących stabilność drzew (*s*). Wydaje się także, że udział olszy w składzie gatunkowym, nawet ograniczony tylko do pierwszej klasy wieku, może poprawiać stabilność i trwałość zbiorowisk powstałych na siedliskach oligotroficznych. Możliwe, że pozaekonomiczne walory olszy szarej będą rozstrzygające w podejmowaniu decyzji o wysokości jej udziału i formie zmieszania w uprawach z sosną. Należy jednak zauważyć, że olsza szara jest gatunkiem krótkowiecznym i trzeba ją traktować wyłącznie jako domieszkę czasową. Uzyskanie oczekiwanych efektów hodowlanych będzie uzależnione od zastosowanej techniki wykonania zabiegów pielęgnacyjnych w drzewostanach z udziałem olszy. Postępowanie pielęgnacyjne powinno uwzględniać duże różnice w tempie wzrostu sosny i olszy, a zabiegi powinny się ograniczyć do technik hodowlanych nieprowadzących do usuwania olszy szarej, lecz jedynie ograniczenia wzrostu drzew wybujałych.

WNIOSKI

1. Olsza szara wpływa pozytywnie na wzrost i rozwój sosny zwyczajnej.
2. Wysoki udział olszy (50% i więcej) zmniejsza możliwość produkcji drewna pochodzącego z cięć pielęgnacyjnych.
3. Zbyt duży udział olszy szarej może prowadzić do pogorszenia jakości drzewostanu docelowego i uniemożliwić osiągnięcie planowanego celu hodowlanego.
4. Wydłużenie pozytywnego oddziaływania olszy szarej na sosnę można osiągnąć przez wybór rzędowej formy zmieszania oraz podwyższenie jej udziału do 50%.

PIŚMIENNICTWO

Ambroży, S. (1999). Dynamika rozwoju drzewostanów olszy szarej *Alnus incana* (L.) Moench na gruntach porolnych w Bieszczadach Zachodnich. Pr. Inst. Bad. Leśn., Ser. A, 19–52.

Barzdajn, W., Ceitel, J., Korzeniewicz, R., Kowalkowski, W. (2010). Wpływ olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej w warunkach suchego i oligotroficznego siedliska na

pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice. Konferencja „Klęski żywiołowe w lasach” Poznań–Puszczykowo 16–18 czerwca 2010, 22–23.

- Barzdajn, W., Ceitel, J., Korzeniewicz, R., Kowalkowski, W. (2012). Wpływ olszy szarej na wzrost sosny zwyczajnej w warunkach suchego i oligotroficznego siedliska na pożarzysku Sylwan, 156(1), 28–35.
- Barzdajn, W., Ceitel, J., Zientarski, J. (2003). Wzrost sosny zwyczajnej i olszy szarej w mieszanej uprawie na pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice. Sylwan, 147(6), 47–51.
- Ceitel, J., Barzdajn, W., Szymański, S., Zientarski, J. (1997). Badania różnych sposobów wprowadzania lasu na obszary drzewostanów zniszczonych przez pożar w Nadleśnictwie Potrzebowice [BLP-669]. Sprawozdanie końcowe. Niepublikowany maszynopis, Katedra Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Ceitel, J., Barzdajn, W., Zientarski, J., Korzeniewicz, R. (1999). Opracowanie metod odbudowy lasu na ubogich siedliskach powierzchni popożarowych (w ramach BLP-915/99). Sprawozdanie końcowe. Niepublikowany maszynopis, Katedra Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Ceitel, J., Barzdajn, W., Zientarski, J. (2003). Wpływ przygotowania gleby po pożarze lasu na przeżywalność i wzrost wybranych gatunków drzew. Sylwan, 147(6), 3–13.
- Dell (2016). Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
- Hawryś, Z., Zwoliński, J., Kwapiś, Z., Matuszczyk, I. (2008). Rozwój różnych pochodzeń sosny zwyczajnej na pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice. Leśn. Pr. Bad., 69(1), 57–65.
- Ilmurzyński, E. (1969). Szczegółowa hodowla lasu. Warszawa: PWRiL.
- Januszek, K., Lasota, J., Gruba, P., Domicz, D. (2001). Właściwości fizyczno-chemiczne i biochemiczne gleb bielicowych sześć lat po pożarze całkowitym lasu. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 39, 47–61.
- Jaworski, A. (2011). Hodowla lasu. T. 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Warszawa: PWRiL.
- Kaczmarek, Z., Gajewski, P., Mocek, A. (2011). Wpływ sposobu przygotowania gleby oraz nasadzeń sosną zwyczajną i olszą szarą na właściwości gleb zdegradowanych przez pożar. Roczn. Glebozn., 62, 2, 164–171.
- Kliczkowska, A., Zielony, R. (2012). Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: GDLP.
- Kocjan, H. (1993). Obserwacje nad wprowadzaniem gatunków domieszkowych do upraw na słabych i zdegradowanych siedliskach leśnych. Las Pol., 8, 18–19.

- Kocjan, H. (1995). Dwudziestopięcioletnie wyniki wykorzystania bentonitu przy zakładaniu upraw leśnych. Sylwan, 138(6), 57–63.
- Kocjan, H. (2003). Wprowadzanie domieszek drzew i krzewów do upraw sosnowych w Puszczy Noteckiej. Sylwan, 147(6), 52–59.
- Mąkosza, K. (1992). Wprowadzanie gatunków liściastych w drzewostanach sosnowych na siedliskach borowych. Sylwan, 136(2), 61–62.
- Mocek, A., Bielińska, E. J., Kaczmarek, Z., Michalik, J. (2004). Enzymatic activity of forest soils after 10-year period of reclamation of forest area totally damaged by fire. International Conference on Bioremediation of Soil and Groundwater, 5–8 September 2004 Cracow, Poland, 121–132.
- Olejarski, J. (2003). Wpływ zabiegów agrotechnicznych na niektóre właściwości gleb oraz stan upraw sosnowych na pożarzyskach wielkoobszarowych. Pr. Bad. Leśn. Ser. A, 2(954), 44–77.
- Otto, H. J. (1980). Waldbauliche Überlegungen und Maßnahmen im Gefolge der Waldbrände von 1975 und 1976 in Niedersachsen. Forstwiss. Centralbl., 99(5–6), 385–388.
- Plan Urządzenia Lasu 2014–2023 dla Nadleśnictwa Potrzebowice (2014). Poznań: Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej.
- Sienkiewicz, A. (1979). Wpływ różnych zabiegów agrotechnicznych na kształtowanie się chemicznych właściwości gleb leśnych Puszczy Noteckiej. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 48, 133–149.
- Zwoliński, J., Matuszczyk, I., Hawryś, Z. (2004). Właściwości chemiczne gleb i igieł sosny oraz aktywność mikrobiologiczna gleb na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Potrzebowice. Leśn. Pr. Bad. 1, 119–133.

THE STATUS OF ADMIXTURE OF GREY ALDER (*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH) AND ITS INFLUENCE ON SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) GROWTH IN A DRY OLIGOTROPHIC HABITAT IN A BURNEDE AREA

ABSTRACT

Background. The study presents an evaluation of the impact of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in a dry oligotrophic habitat in a post-fire area.

Material and methods. The study was carried out at the Department of Silviculture, the Poznań University of Life Sciences in permanent experimental plots in a post-fire area in the Potrzebowice Forest District (52°85'N 16°17'E). The experimental area was established in 1994 in a block of 6 replications. Five tree species mixing variants were used. The following variants of mixing Scots pine and grey alder were adopted in the experiment: variant 1 – 100% pine (So100); variant 2 – 75% pine (So75), 25% alder (Ol25); variant 3 – 50% pine (So50), 50% alder (Ol50); variant 4 – 25% pine (So25), 75% alder (Ol75); and variant 5 – 100% alder (Ol100). Observations and biometric measurements of Scots pine made 21 years after planting suggest beneficial effects of grey alder on Scots pine.

Results. The average survival rate of grey alder was 15.6%, while that of Scots pine was 46.6%. The average height of grey alder in the whole experiment was close to 1.4 m and that of Scots pine more than 9 m. In terms of diameter at breast height (DBH), the highest values were obtained for Scots pines growing at a 75% admixture of grey alder, i.e. mean 11.13 cm. It was observed that a decreasing share of alder also caused a reduction in the average values for Scots pine DBH. One-way analysis of variance at the significance level of $\alpha = 0.05$ showed statistically significant differences in the DBH of Scots pines growing at different admixture rates with grey alder ($F = 9.779$, $p = 0.000352$). The variant with a 75% admixture of grey alder forms an independent group with the thickest pines. In turn, the variant with no grey alder admixture (So100) comprised an independent group with the smallest DBH, while it simultaneously showed the highest productivity.

Conclusion. Grey alder has a positive effect on the biometric features of Scots pine. A high proportion of grey alder (50% and more) reduces the possibility of producing wood from tending operations. A prolonged positive effect of grey alder on pine may be provided by selecting a row form of admixture planting and increasing its share to 50%.

Keywords: silviculture, admixture species, Scots pine, grey alder, post-fire area, Potrzebowice Forest District