

Zbigniew Hawryś¹, Józef Zwoliński¹✉, Zygmunt Kwapis¹, Irena Matuszczyk¹

Rozwój różnych pochodzeń sosny zwyczajnej na pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice

Development of various Scots pine provenances on burnt area in Potrzebowice forest district

Abstract. The development of some Scots pine provenances, namely Bolewice (western Poland) and Tabórz (northern Poland), local provenance (seed microregion 352) as well as local hybrids (seed microregions 154, 158, 303, 251), growing on burnt area in Potrzebowice Forest District was investigated in 2004. The study was replicated in four blocks for each provenance and comprised the height increment measurements, evaluation of tree crown condition and chemical analyses of soils and pine needles. Chemical characteristics of soils (0–20 cm layer) as well as needle chemistry were found to be comparable over the entire study area, indicating a slight deficiency of N, K and Mg. The trees, irrespective of provenance, were characterized by a good current increment in the years 2002–2004, which ranged from 44 to 49 cm/yr. Climatic conditions were probably the main reason of distinct differences in tree growth observed between the particular years, and the significant correlations between the current growth and mean annual temperature, mean temperature during the growing season, as well as the total annual rainfall, seems to confirm this suggestion. In contrast, annual height increment of all provenances during the investigated period, although more intensive in the case of Bolewice and Tabórz, was not significantly different. Bolewice and Tabórz provenances were also distinguished by a higher, but insignificantly, mean number of needle sets (2,3) in comparison to local provenances (2,1). In addition, all provenances were characterized by a similar mean length of shoots and the number of needles on a shoot. Damages caused by insects, although visible on 22–40% needles, did not seem to constitute a serious threat to tree growth, as they were inconsiderable and comprised only a small area of needles.

The lack of differences between the Scots pine provenances concerning the height increment as well as condition of tree crown may be ascribed to the young age of trees, which were 11–12-year old in 2004. Therefore, to assess the silvicultural value of Scots pine provenances growing on burnt area in Potrzebowice District further, periodically repeated investigations are necessary.

In summary, the research results indicate that at present the trees of all investigated Scots pine provenance are in good condition. Taking into account the tree growth soil fertilization, in spite of deficiency of some macronutrients, do not seem to be necessary, but a constant monitoring of stands on burnt area with regard to appearance of noxious insects is required.

Key words: burnt forest area, Scots pine provenances, soil chemistry, height increment, needle characteristics.

1. Wstęp

W 1992 r. w wyniku pożaru na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice zniszczeniu uległo około 5 tys. ha lasu. Odnowianie powierzchni po pożarze prowadzono w latach 1993–1995, zakładając uprawy, głównie sosny zwyczajnej, zarówno sadzeniem, jak i siewem nasion (Kępa 2000). Pomimo wyraźnej degradacji gleb spowodowanej pożarem, przejawiającej się zubożeniem ich zasobności w składniki

pokarmowe i spadkiem aktywności mikrobiologicznej (Zwoliński i in. 2004), wcześniejsze badania, wykonane w latach 2001–2002, wykazały dobrą kondycję sosny w uprawach, z przyrostem wysokości i stanem uiglenia nie odbiegającymi od stwierdzonych na powierzchniach kontrolnych, położonych poza pożarzyskiem (Hawryś i in. 2004).

Do odnowień pożarzyska w Nadleśnictwie Potrzebowice wykorzystano sosnę zwyczajną lokalne-

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych, ul. św. Huberta 35, 40-952 Katowice; ✉ Fax: 0-32 205 30 81; e-mail: zwolinsj@ibles.waw.pl

go pochodzenia (mikroregion 352), a ponadto, w wybranych oddziałach nadleśnictwa sosnę taborską (mikroregion nasienny 106) – na obszarze około 369 ha, sosnę bolewicką (mikroregion 306) – na 81 ha, oraz mieszańce z plantacji nasiennej lokalnego pochodzenia (mikroregiony 154, 158, 303, 351) – na 57 ha.

Sosna zwyczajna charakteryzuje się dużą zmiennością wewnątrzgatunkową, zarówno pod względem zdolności adaptacyjnej do warunków siedliska, jak i dynamiki wzrostu oraz wartości hodowlanej drzew (Gierzych 1997, Bellon 1999, Korczyk 2002). Poszczególne proveniencje sosny różnią się także przebiegiem niektórych procesów fizjologicznych oraz reakcją na czynniki stresowe (Reich i in. 1994, Oleksyn i in. 2000).

Celem pracy było porównanie rozwoju różnych pochodzeń sosny zwyczajnej wykorzystanych do odnowień wielkoobszarowego pożarzyska leśnego na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice.

2. Obiekt i metodyka badań

Badania¹ prowadzono na terenie wielkoobszarowego pożarzyska z 1992 r. w Nadleśnictwie Potrzebowice. Znajduje się ono w III krainie przyrodniczo-leśnej (Wielkopolsko-Pomorskiej), 4 dzielnicy (Gorzowskiej), w mezoregionie Puszczy Noteckiej. Dominującym siedliskiem jest bór świeży zajmujący około 90% pożarzyska, pozostałą część stanowi głównie bór mieszany świeży. Panującym gatunkiem jest tu sosna zwyczajna, której udział w drzewostanach przed pożarem wynosił ponad 90%. Na pożarzysku występują gleby rdzawe i bielcowe wytworzone z piasków luźnych i słabo gliniastych. W latach 2001–2004 na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice średnia roczna temperatura wynosiła 6,7°C, a suma opadów 551 mm (tab. 1).

Do badań wybrano młodniki sosnowe w wieku 11–12 lat (w 2004 r.), rosnące na siedlisku boru świeżego, reprezentujące różne pochodzenia – każde w 4 powtórzeniach, a mianowicie: sosnę z Pojezierza Hławskiego (Tabórz – mikroregion 106), sosnę z Pojezierza Lubuskiego (Bolevice – mikroregion 306), sosnę z Puszczy Noteckiej lokalnego pochodzenia (mikroregion 352) oraz mieszańce lokalne z plantacji nasiennej (mikroregiony 154, 158, 303, 351) (ryc. 1). Wszystkie młodniki sosnowe powstały w latach 1993–1994 z sadzenia jednorocznych siewek w więźbie 1,3×0,5 m, po orce gleby w bruzdy ze spulchnieniem dna, a wypady w uprawach pochodnych, wynoszące średnio około 20% (wg danych Nadleśnictwa Potrzebowice), uzupełniano sadzonkami tego samego pochodzenia.

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza i opad atmosferyczny w latach 2001–2004 dla terenu badań*

Table 1. Mean air temperature and precipitation in the study area in 2001–2004*

Rok Year	Temperatura (°C) Temperature (°C)		Opad (mm) Precipitation (mm)	
	(I–XII)	(IV–IX)	S (I–XII)	S (IV–IX)
2001	7,0	12,8	574	377
2002	7,5	13,8	607	264
2003	6,0	12,4	482	301
2004	6,4	11,9	541	258

*Źródło: Stacja Meteorologiczna Nadleśnictwa Potrzebowice

*Source: Meteorological Station in Potrzebowice Forest District

Analiza chemiczna gleb i igieł sosny

Do analiz chemicznych pobrano w 2004 r. z każdego oddziału próby zbiorcze z górnej, 20 cm warstwy gleby, zawierające po 10 wymieszanych próbek indywidualnych pobranych łaską glebową (średnica 5 cm) w punktach rozmieszczonych równomiernie na powierzchni obserwacyjnej, stanowiącej cały obszar wydzielienia.

Zawartość kationów zasadowych (Na, K, Mg, Ca) oznaczono po ekstrakcji gleby 1-molowym octanem amonu metodą absorpcji atomowej. Z sumy kationów zasadowych (ΣBC) i kwasowości wymiennej, oznaczonej po ekstrakcji gleby 1-molowym KCl, obliczono pojemność wymienną (CEC). Obliczono także stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (BS).

Zawartość węgla organicznego (C_{org}) oznaczono za pomocą analizatora węgla (SC132 Leco), zawartość azotu metodą Kjeldahla, fosforu (P_2O_5) metodą Egnera-Riehma (Kowalkowski i in. 1973), a odczyn gleby metodą potencjometryczną w 1-molowym KCl.

W 2004 r. pobrano z każdej powierzchni jednoroczne igły sosny z 30 pędów bocznych z 3 lub 4 okółka, wykonując, po ich wysuszeniu w temp. 80°C i zmiełeniu, oznaczenia:

– zawartości azotu metodą Kjeldahla, siarki przy użyciu analizatora siarki (SC132 Leco) i fosforu metodą molibdenową (Ostrowska i in. 1991),

– zawartości metali (K, Mg, Ca, Zn, Pb, Cu, Cd) metodą absorpcji atomowej, po uprzednim spopieleniu materiału (450°C przez 24 h) i rozpuszczeniu popiołu w 10% HCl.

¹ Pracę wykonano w ramach tematu BLP-276 finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych



Rycina 1. Lokalizacja powierzchni badawczych na pożarzystku z 1992 roku w Nadleśnictwie Potrzebówice. **Pochodzenia sosny zwyczajnej: 1 – mieszańce lokalne (154+158+303+351), 2 – lokalne (352), 3 – Bolewice (306), 4 – Tabórz (106)**

Figure 1. Location of the study sites on area burnt in 1992 in Potrzebówice Forest District. Scots pine provenances: 1 - local hybrids (154+158+303+351), 2 - local (352), 3 - Bolewice (306), 4 - Tabórz (106)

Ocena rozwoju drzew

W 2004 r. oceniono rozwój 90 drzew w każdym powtórzeniu, na podstawie oceny 30 kolejnych drzew w wybranych trzech rzędach (w co piątym od skraju wydzielenia). W sumie wykonano ocenę dla 360 drzew z każdego pochodzenia. Prace biometryczne obejmowały pomiar wysokości i przyrostu bieżącego wysokości oraz ocenę stanu uiglenia koron. Przyrost bieżący wysokości oznaczono przez pomiar, z dokładnością do 1 cm, czterech wysokości drzew do okółków tworzonych w latach 2001–2004, wyliczając z różnicy wysokości bieżący przyrost roczny dla lat 2002, 2003 i 2004. Do wyliczeń średniego przyrostu rocznego wykorzystano wyniki pomiarów 50 najwyższych drzew z każdego powtórzenia (200 każdego pochodzenia), wykluczając tym samym niższe drzewa, pochodzące głównie z dokonanych poprawek w uprawach.

Liczbę roczników igieł oznaczano na wszystkich (360) analizowanych drzewach z każdego pochodzenia, natomiast do szczegółowej analizy źerów powodowanych przez owady oraz pomiaru długości pędów pobrano po 30 pędów bocznych (z 3 lub 4 okółka) z każdego powtórzenia.

Statystyczna analiza wyników badań

Ocenę istotności różnic pomiędzy pochodzeniami sosny dotyczących przyrostów oraz stanu uiglenia drzew

przeprowadzono za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya, a zależności przyrostu drzew od czynników klimatycznych za pomocą analizy korelacyjnej. Do weryfikacji istotności różnic i zależności przyjęto 95% granice ufności ($p < 0,05$).

3. Wyniki i dyskusja

Właściwości chemiczne gleb i igieł sosny

Właściwości chemiczne wierzchniej, 0–20 cm, warstwy gleby były na całym terenie badań zbliżone (tab. 2). Obserwowane różnice pomiędzy oddziałami, zwłaszcza dotyczące zawartości węgla organicznego, wynikać mogły ze zróżnicowania stopnia degradacji gleb w następstwie pożaru – uwarunkowanego intensywnością pożaru oraz ilością spalonej masy organicznej i pozostawionych po pożarze resztek zrębowych. Gleby we wszystkich oddziałach charakteryzowały się niskim odczynem, od 4,0 do 4,2 pH w KCl, oraz niską koncentracją węgla organicznego w granicach 0,75–1,80% C_{org} . Ubytek substancji organicznej w glebach po pożarze znacznie ograniczył zdolności sorpcyjne gleb, co przejawiało się niską pojemnością wymienną (CEC), kształtującą się w granicach 4,0–6,5 cmol(+)/kg. Ponadto, gleby te odznaczały się słabym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami (BS), wynoszącym od 2,7 do 5,9%. W

Tabela 2. Właściwości chemiczne gleb (warstwa 0–20 cm) terenu badań w Nadleśnictwie Potrzebowice
 Table 2. Chemical properties of soils (0–20 cm layer) of investigated area in Potrzebowice Forest District

Oddział Compartment	pH (KCl)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Kompleks sorpcyjny / Sorption complex (cmol(+)/kg)						BS (%)
					Na	K	Ca	Mg	ΣBC	CEC	
173	4,01	1,24	0,044	44,5	0,009	0,028	0,187	0,022	0,246	5,086	4,8
222	4,15	1,19	0,044	49,5	0,008	0,023	0,135	0,016	0,182	4,612	3,9
86	4,19	1,18	0,037	37,9	0,010	0,022	0,152	0,017	0,201	4,081	4,9
131	4,14	1,19	0,036	28,6	0,007	0,046	0,197	0,026	0,276	4,676	5,9
261	4,22	0,75	0,016	39,0	0,007	0,022	0,062	0,011	0,102	3,822	2,7
263	4,21	1,08	0,036	60,0	0,009	0,035	0,140	0,027	0,211	4,331	4,9
98	4,14	1,01	0,043	38,8	0,007	0,020	0,127	0,014	0,168	3,968	4,2
218	4,22	1,26	0,037	24,5	0,007	0,041	0,150	0,028	0,226	4,076	5,5
259	4,18	1,28	0,047	26,7	0,008	0,028	0,150	0,023	0,209	4,269	4,9
260	4,02	1,28	0,060	50,3	0,008	0,037	0,237	0,030	0,312	5,272	5,9
237	4,17	0,94	0,034	31,2	0,007	0,026	0,127	0,016	0,176	4,136	4,3
233	4,08	0,98	0,032	47,0	0,008	0,024	0,090	0,017	0,139	4,019	3,5
78	4,00	1,80	0,071	40,5	0,008	0,026	0,220	0,023	0,277	6,457	4,3
181	4,08	1,61	0,055	25,0	0,009	0,031	0,245	0,026	0,311	5,301	5,9

ΣBC – suma kationów zasadowych / sum of base cations, CEC – pojemność wymienna / cation exchange capacity, BS – wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami / base saturation

Tabela 3. Skład chemiczny jednorocznych igieł sosny
 Table 3. Chemical composition of one-year old pine needles

Pochodzenie (mikroregion nasienny) Provenance (seed microregion)	Oddział Compartment	Powtórzenie Repetition	Makroskładniki (%) Macronutrients (%)						Metale ciężkie (mg/kg) Heavy metals (mg/kg)			
			N	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Pb	Cu	Cd
Lokalne (352) Local (352)	86	1	1,23	0,12	0,11	0,34	0,22	0,04	44,0	2,5	2,4	0,2
	131	2	1,18	0,12	0,11	0,39	0,30	0,07	39,0	2,5	2,2	0,2
	261	3	1,09	0,12	0,12	0,31	0,20	0,05	31,5	2,5	2,1	0,2
	263	4	1,19	0,13	0,11	0,35	0,24	0,07	40,3	2,5	2,4	0,2
	\bar{x}			1,17	0,12	0,11	0,35	0,24	0,06	38,7	2,5	2,3
Bolewickie (306)	98	1	1,15	0,12	0,10	0,45	0,36	0,07	46,5	3,8	2,6	0,2
	218	2	1,18	0,12	0,10	0,34	0,29	0,06	41,5	2,5	2,5	0,2
	259	3	1,08	0,10	0,11	0,27	0,22	0,05	31,5	1,9	2,0	0,2
	260	4	1,14	0,10	0,11	0,28	0,28	0,06	36,5	2,5	1,9	0,1
	\bar{x}			1,14	0,11	0,11	0,34	0,29	0,06	39,0	2,6	2,3
Tabórz (106)	237	1	1,14	0,10	0,11	0,32	0,24	0,06	39,0	1,2	2,2	0,2
	233	2	1,36	0,11	0,13	0,32	0,27	0,05	40,3	1,9	2,4	0,2
	78	3	1,26	0,11	0,10	0,31	0,33	0,05	41,5	3,1	2,2	0,2
	181	4	1,28	0,13	0,12	0,36	0,35	0,06	44,0	1,9	2,5	0,2
	\bar{x}			1,26	0,11	0,12	0,33	0,30	0,06	41,2	2,0	2,3
Mieszzańce lokalne (154+158+303+351) Local hybrids (154+158+303+351)	173	1	1,20	0,10	0,10	0,31	0,23	0,05	36,5	1,2	2,2	0,2
	173	2	1,12	0,11	0,10	0,31	0,32	0,06	47,8	2,5	2,0	0,4
	222	3	1,19	0,10	0,10	0,32	0,29	0,06	40,3	1,9	2,6	0,2
	222	4	1,16	0,11	0,12	0,34	0,36	0,07	43,0	2,5	2,4	0,3
	\bar{x}			1,17	0,11	0,11	0,32	0,30	0,06	41,9	2,0	2,3
$F_{3,12}$			3,004	2,476	1,308	1,400	1,165	0,234	0,420	1,074	0,071	2,571

Wartość krytyczna $F_{0,05; 3,12} = 3,49$
 Critical value of $F_{0,05; 3,12} = 3,49$

świetle danych literaturowych (Baule i Fricker 1971, Meiwes i in. 1986, Zöttl i in. 1989, Thelin i in. 1998), zasobność badanych gleb w składniki pokarmowe jest niedostateczna. Dotyczy to zwłaszcza azotu, potasu oraz w mniejszym stopniu fosforu.

Podobnie jak w przypadku gleb, zawartość makroskładników w igłach sosny była zbliżona we wszystkich powtórzeniach (tab. 3), co potwierdza ogólnie przyjętą opinię, że koncentracja składników pokarmowych w aparacie asymilacyjnym drzew, zwłaszcza na siedliskach borowych, pozostaje w relacji do ich zawartości w glebie (Prescott i in. 1992, Wang i Klinka 1997). Przeprowadzona analiza wariancji wykazała, że różnice pomiędzy pochodzeniami sosny dotyczące koncentracji pierwiastków w igłach były nieistotne statystycznie (F poniżej wartości krytycznej), w przeciwieństwie do wyników wcześniejszych doniesień wskazujących na zróżnicowanie pochodzeń sosny zwyczajnej pod względem składu chemicznego igieł (np. Steinbeck 1966, Rautio i

Sarjala 2000). W odniesieniu do przyjętych dla sosny wartości progowych (Bonneau 1988, Linder 1995, Braekke 1996, ICP Forest 1996), w badanych młodnikach występował niedobór azotu oraz słabe zaopatrzenie w potas i magnez, co wykazały również wcześniejsze badania (Zwoliński i in. 2004). Koncentracja siarki w igłach, wynosząca średnio 0,11%, a także stosunkowo niska zawartość metali ciężkich (tab. 3) nie powinny, w świetle danych literaturowych (Balsberg-Pahlsson 1989, Dmuchowski i Bytnerowicz 1995, Zwoliński 1995), stanowić zagrożenia dla rozwoju drzewostanów sosnowych w Nadleśnictwie Potrzebówce.

Przyrost bieżący wysokości sosny zwyczajnej

Średnia wysokość drzew badanych pochodzeń sosny, których wiek w 2004 r. wynosił 11–12 lat, kształtowała się na podobnym poziomie, a mianowicie w granicach 367–378 cm (tab. 4). Stwierdzone różnice wysokości pomiędzy powtórzeniami poszczególnych pochodzeń

Tabela 4. Przyrost wysokości sosny zwyczajnej

Table 4. Hight increment of Scots pine

Pochodzenie (mikroregion nasienny) Provenance (seed microregion)	Oddział Compartment	Powtórzenie Repetition	Wiek drzew w 2004 r. (lata) Age of trees in 2004 (years)	Wysokość drzew w 2004 r. (cm) Tree height in 2004 (cm)	Przyrost bieżący (cm) w latach Current increment (cm) in years			
					2002	2003	2004	$\bar{x}_{2002-2004}$
Lokalne (352) Local (352)	86	1	12	357,4	51,1	34,7	43,3	
	131	2	12	384,7	58,0	46,7	42,3	
	261	3	12	367,3	45,8	35,2	36,3	
	263	4	11	359,5	57,2	41,1	38,7	
		\bar{x}			367,2	53,0	39,4	40,2
Bolewice (306)	98	1	12	378,8	58,5	52,7	46,8	
	218	2	12	394,1	59,4	46,1	38,8	
	259	3	11	327,8	49,7	46,3	46,9	
	260	4	12	374,4	59,1	45,2	41,2	
		\bar{x}			368,8	56,7	47,6	43,4
Tabórz (106)	237	1	12	411,3	53,5	42,0	36,8	
	233	2	11	320,2	55,3	46,0	42,4	
	78	3	12	389,6	60,7	41,6	45,3	
	181	4	12	379,8	62,8	43,7	42,5	
		\bar{x}			375,2	58,1	43,3	41,7
Mieszance lokalne (154+158+303+351) Local hybrids (154+158+303+351)	173	1	12	409,8	59,0	40,4	37,8	
	173	2	12	351,8	52,0	38,5	35,5	
	222	3	12	362,3	56,3	45,3	38,3	
	222	4	12	387,7	51,0	50,3	43,7	
		\bar{x}			377,9	54,6	43,6	38,8
	$F_{3,12}$			0,131	0,910	2,337	1,223	
			$F_{3,44}$					0,976

Wartości krytyczne: $F_{0,05; 3,12} = 3,49$, $F_{0,05; 3,44} = 2,83$

Critical values: $F_{0,05; 3,12} = 3,49$, $F_{0,05; 3,44} = 2,83$

Tabela 5. Korelacje (r_{yx}) pomiędzy przyrostem bieżącym sosny zwyczajnej (y) a czynnikami klimatycznymi (x) w latach 2002–2004 (w nawiasach – p)

Table 5. Correlations (r_{yx}) between the current increment of Scots pine (y) and climatic factors (x) in 2002–2004 (p – in parenthesis)

Pochodzenie ($N=12$) Provenance ($N=12$)	Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)		Opad (mm) Precipitation (mm)	
	\bar{x} (I–XII)	\bar{x} (IV–IX)	Σ (I–XII)	Σ (IV–IX)
Lokalne (352) Local (352)	0,803 (0,002)	0,784 (0,003)	0,742 (0,006)	-0,351 (0,263)
Bolewice (306)	0,708 (0,010)	0,841 (<0,001)	0,585 (0,046)	-0,070 (0,829)
Talibórz (306)	0,870 (<0,001)	0,913 (<0,001)	0,775 (0,003)	-0,280 (0,379)
Mieszzańce lokalne Local hybrids	0,739 (0,006)	0,872 (<0,001)	0,613 (0,034)	-0,081 (0,803)
Łącznie ($N=48$) Combined ($N=48$)	0,757 (<0,001)	0,825 (<0,001)	0,660 (<0,001)	-0,194 (0,186)

wynikają prawdopodobnie z różnych terminów zakładania upraw (lata 1993–1994) oraz zróżnicowanych, aczkolwiek nieznacznie, właściwości chemicznych gleb (tab. 2).

Roczny przyrost wysokości badanych pochodzeń sosny zwyczajnej był zbliżony i kształtował się średnio w granicach od 53,0 do 58,1 cm w 2002 r., od 39,4 do 47,6 cm w 2003 r. i od 38,8 do 43,4 cm w 2004 r., przy czym stwierdzone w kolejnych latach różnice między pochodzeniami nie były istotne statystycznie (F poniżej wartości krytycznej). Największym przeciętnym rocznym przyrostem w latach 2002–2004 odznaczała się sosna bolewicka – 49,2 cm, a następnie sosna taborska – 47,7 cm, natomiast roczny przyrost sosny pochodzenia lokalnego (352) oraz mieszańców lokalnych wynosił w tym okresie odpowiednio 44,2 i 45,7 cm (tab. 4). Podobnie jednak jak w wypadku różnic między przyrostami w poszczególnych latach, różnice między pochodzeniami okazały się nieistotne, co prawdopodobnie wynika ze zbyt młodego wieku drzew. Różnice między pochodzeniami pod względem przyrostu uwidaczniają się bowiem zwykle w starszych drzewostanach (Matras 1999). Reasumując można uznać, że na pożarzystku w Nadleśnictwie Potrzebówice sosna, niezależnie od pochodzenia, cechuje się dobrym przyrostem wysokości, jeśli porównać go z podaną przez Szymańskiego (1982) dynamiką wzrostu sosny zwyczajnej na identycznym siedlisku (bór mieszany świeży). Dokonana przez Giertycha (1997) analiza przeprowadzonych w Polsce doświadczeń proveniencyjnych nad sosną zwyczajną wykazała, że sosna taborska i sosna bolewicka należą do pochodzeń charakteryzujących się dobrym przyrostem i można je rekomendować w całej Polsce. Sosnę taborską i bolewicką zakwalifikowano także, na podstawie wyników badań proveniencyjnych wykonanych przez Pracownię Genetyki Drzew Leśnych

IBL, do grupy populacji odznaczających się bardzo dobrymi cechami przyrostowymi i jakością (Matras 1999). Z kolei na podstawie badań realizowanych przez Katedrę Hodowli Lasu SGGW, do grupy pochodzeń odznaczających się bardzo dobrą wartością hodowlaną należy zaliczyć sosnę bolewicką (Bellon 1999).

Przyrost wysokości wszystkich pochodzeń sosny był zróżnicowany w poszczególnych latach i w 2002 r. był wyraźnie większy niż w latach następnych. Przyczyną były prawdopodobnie warunki klimatyczne (tab. 1), za czym przemawia stwierdzona wysoce istotna zależność przyrostu wysokości wszystkich pochodzeń, rozpatrywanych zarówno oddzielnie, jak i łącznie, od średniorocznej temperatury powietrza, średniej temperatury w okresie wegetacyjnym oraz od sumy rocznych opadów atmosferycznych (tab. 5).

Stan uiglenia koron

Średnia długość pędów bocznych sosny kształtowała się w granicach od 114 mm (sosna lokalnego pochodzenia – 352) do 146 mm (sosna taborska), przy czym, jak wykazała analiza wariancji, stwierdzone różnice pomiędzy pochodzeniami nie były istotne statystycznie (tab. 6). Podobnie nieistotne okazały się różnice dotyczące liczby igieł na pędzie, wynoszącej średnio od 105 (sosna lokalnego pochodzenia – 352) do 118 (sosna taborska). Badane pochodzenia nie różniły się także istotnie pod względem liczby roczników igieł, aczkolwiek nieco wyższą liczbą charakteryzowały się sosna taborska i bolewicka (średnio 2,3 rocznika) niż sosny lokalnego pochodzenia (średnio 2,1 rocznika).

Liczba igieł uszkodzonych w badanych pochodzeniach sosny zależna była od lokalnego nasilenia pojawu szkodliwych owadów i była istotnie zróżnicowana (test

Tabela 6. Długość pędów oraz charakterystyka aparatu asymilacyjnego sosny zwyczajnej

Table 6. Shoot length and characteristics of the assimilation apparatus of Scots pine

Pochodzenie (mikroregion nasienny) Provenance (seed microregion)	Oddział Compartment	Powtórzenie Repetition	Liczba roczników igieł Number of needle sets	Liczba igieł na pędzie Number of needles on a shoot	Długość pędu Shoot length (mm)	% igieł uszkodzonych przez owady* % needles injured by insects*
Lokalne (352) Local (352)	86	1	2,19	101	115,0	21,8
	131	2	2,08	100	102,1	23,1
	261	3	2,22	124	143,0	23,0
	263	4	1,96	96	94,6	21,6
		\bar{x}	2,11	105,4	113,6	22,4a
Bolewice (306)	98	1	2,11	110	144,5	37,6
	218	2	2,43	109	133,9	35,6
	259	3	2,15	107	122,5	31,5
	260	4	2,40	115	130,2	23,3
		\bar{x}	2,27	110,1	132,8	31,9ab
Tabórz (106)	237	1	2,53	101	127,1	43,4
	233	2	2,41	119	150,2	47,7
	78	3	2,08	159	202,0	37,4
	181	4	2,05	93	104,4	31,8
		\bar{x}	2,27	118,2	145,9	40,2b
Mieszkańce lokalne (154+158+303+351) Local hybrids (154+158+3003+351)	173	1	2,02	116	137,7	39,9
	173	2	2,03	117	132,2	28,3
	222	3	2,20	100	114,4	41,3
	222	4	2,05	123	145,2	39,0
		\bar{x}	2,08	114,1	132,4	37,0b
	$F_{3,12}$		1,623	0,416	1,146	7,751

* **głównie przez:** / mainly by: *Brachyderes incanus* (L.), *Strophosoma* sp., *Thecodiplosis brachyntera* (Schw.), *Brachonyx pineti* (Payk.), *Cryptocephalus pini* (L.)

Wartość krytyczna $F_{0,05;3,12} = 3,49$

Critical value of $F_{0,05;3,12} = 3,49$

Uwaga: kolejne wartości średnich w kolumnie z oznacznikiem mającym tę samą literę nie są istotnie różne przy $p=0,05$ (test Tukeya)

Note: mean values in a column followed by the same letter are not significantly different at $p=0,05$ (Tukey test)

Tukeya), obejmując od 22% (sosna lokalnego pochodzenia – 352) do 40% igliwia (sosna taborska) (tab. 6). Sprawcami uszkodzeń były głównie: choinek szary (*Brachyderes incanus* L.), zmienniki (*Strophosoma* sp.), igłówka sosnowa (*Thecodiplosis brachyntera* Schw.), zmrózka sosnowa (*Cryptocephalus pini* L.), wążlik sosnowiec (*Luperus piniola* Duft.), krótkostopka sosnowa (*Brachonyx pineti* Payk.), natomiast sporadycznie skośnik tuzinek (*Exoteleia dodocella* L.). Występowanie tych owadów w Nadleśnictwie Potrzebowice stwierdzono także w trakcie badań wykonanych w latach 2000–2001 (Hawryś i in. 2004), z tym, że liczba igieł uszkodzonych przez nie była wówczas zdecydowanie wyższa (60–80% igliwia). Uszkodzenia obserwowane w trakcie niniejszych badań były nieznaczne i obejmowały niewielką powierzchnię igieł. Były to głównie nekrozy i przebarwienia w miejscach nakłucia lub żerowania owadów. Można zatem uważać, że na terenie pożarzyska zagrożenie rozwoju sosny ze strony owadów jest niewielkie.

4. Podsumowanie i wnioski

Na obecnym etapie rozwoju, kondycja badanych pochodzeń sosny na pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice jest dobra. Wskazuje na to względnie dobry przyrost wysokości drzew oraz stan uiglenia. Średnia liczba roczników igieł mieści się w granicach 2,1–2,3, a uszkodzenia przez owady, aczkolwiek dotyczą stosunkowo dużej części igliwia, obejmują niewielką powierzchnię igieł. Sprawcy tych uszkodzeń to: choinek szary, zmienniki, igłówka sosnowa, zmrózka sosnowa, wążlik sosnowiec, krótkostopka sosnowa oraz w mniejszym stopniu skośnik tuzinek. Stwierdzona niska zawartość makroskładników w igłach, zwłaszcza azotu, potasu i magnezu, wskazuje, że zaopatrzenie drzew w składniki pokarmowe odbiega od stanu optymalnego. Wynika to z małej zasobności gleb w składniki pokarmowe na całym terenie badań. Właściwości chemiczne gleb były zbliżone we wszystkich badanych obiektach, co pozwoliło

na ocenę ich rozwoju w porównywalnych warunkach glebowo-siedliskowych. W latach 2002–2004, największym rocznym przyrostem wysokości, wynoszącym średnio 49 cm/rok, odznaczała się sosna bolewicka, a następnie sosna taborska – 48 cm/rok. Przeciętny przyrost pochodzeń lokalnych, tj. z mikroregionu 352 oraz mieszańców nasiennych, wynosił natomiast odpowiednio 44 i 46 cm/rok. Sosna bolewicka i sosna taborska charakteryzowały się ponadto wyższą liczbą roczników igieł (średnio 2,3) aniżeli pochodzenia lokalne (średnio 2,1). Zróżnicowanie pomiędzy badanymi pochodzeniami sosny, dotyczące zarówno przyrostu wysokości, liczby roczników igieł, a także innych cech aparatu asymilacyjnego, jak i stanu odżywienia drzew okazało się jednak nieistotne statystycznie. Przyrost wysokości drzew w poszczególnych latach zależny był natomiast od warunków klimatycznych, za czym przemawia wysoce istotna jego korelacja z temperaturą średnioroczną i średnią w okresie wegetacyjnym, oraz sumą rocznych opadów atmosferycznych.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają na przedstawienie następujących wniosków:

1. Na pożarzysku w Nadleśnictwie Potrzebowice, sosna zwyczajna, niezależnie od pochodzenia, cechuje się dobrym przyrostem wysokości oraz stanem uiglenia.

2. Niska zawartość niektórych makroskładników w igłach sosny wskazuje, że stan odżywienia drzew nie jest optymalny. Obserwowany dobry rozwój wszystkich pochodzeń sosny sugeruje jednak, że uzupełniające zabiegi nawożenia nie są konieczne.

3. Na podstawie stopnia uszkodzenia aparatu asymilacyjnego sosny można sądzić, że szkodliwe owady nie stanowią poważnego zagrożenia dla rozwoju drzew na terenie pożarzyska. Młodniki sosnowe powinny jednak pozostawać pod stałą kontrolą, ze względu na ich wielkoobszarowy i jednorodny charakter.

4. Na obecnym etapie rozwoju, pochodzenia sosny wykorzystane do odnowień pożarzyska w Nadleśnictwie Potrzebowice nie są istotnie zróżnicowane pod względem przyrostu wysokości, uiglenia i stanu odżywienia drzew. Do miarodajnej oceny wartości hodowlanej poszczególnych pochodzeń niezbędne są zatem dalsze, okresowo powtarzane badania.

Literatura

- Balsberg-Pahlson A. M. 1989: Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. A literature review. *Water, Air, Soil Pollut.*, 47: 287-319.
- Baule H., Fricker C. 1971: Nawożenie drzew leśnych. PWRiL, Warszawa, 315 s.
- Bellon S. 1999: Badania proveniencyjne realizowane przez Katedrę Hodowli Lasu SGGW w centralnej Polsce. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu, Mat. I Konferencji Leśnej, Sękocin Las 1999 r., IBL Warszawa, 139-148.
- Bonneau M. 1988: Le diagnostic foliaire. *Rev. For. Franc.*, Special issue: Diagnostic en forêt. 40: 19-23.
- Braekke F. H. 1996: Needle analyses and graphic vector analyses of Norway spruce and Scots pine stands. *Trees*, 4: 211-224.
- Dmouchowski W., Bytnerowicz A. 1995: Monitoring environmental pollution in Poland by chemical analysis of Scott pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. *Environ. Pollut.*, 87: 87-104.
- Giertych M. 1997: Zmienność proveniencyjna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce. *Sylvan*, 8: 5-20.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M. 2004: Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leś Pr. Bad.*, 2: 7-20.
- ICP Forest 1996: Forest condition in Europe. 1996 Report, UN/ECE, Brussels, Genewa, 127 ss.
- Kępa P. 2000: Prace pozyskaniowe i hodowlano-ochronne na pożarzysku z roku 1992 w Nadleśnictwie Potrzebowice. [W:] Polskie Towarzystwo Leśne w służbie lasów i społeczeństwa, Mat. Sesji Naukowej PTL, Poznań 2000, 167-174.
- Korczyk A. F. 2002: Jakość hodowlana drzewostanów sosnowych oraz wartość hodowlana i genetyczna drzew doborowych i porównawczych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) ośmiu polskich pochodzeń. *Prace Inst. Bad. Leś.*, Rozprawy i Monografie, 3: 1-125.
- Kowalkowski A., Król H., Ostrowska A., Sytek J., Szczubiałka Z. 1973: Instrukcja laboratoryjna dla pracowni gleboznawczo-nawożeniowych. Instytut Badawczy Leśnictwa, ZGiN, Warszawa, 228 s.
- Linder S. 1995: Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in forest stands. *Ecol. Bull.*, 44: 178-190.
- Matras J. 1999: Ocena zmienności cech przyrostowych podstawowych gatunków drzew leśnych w Pracowni Genetyki IBL. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu, Mat. I Konferencji Leśnej, Sękocin Las 1999 r., IBL Warszawa, 154-170.
- Meiwes K. J., Khanna P. K., Ulrich B. 1986: Parameters for describing soil acidification and their relevance to the stability of forest ecosystems. *For. Ecol. Manag.*, 15: 161-179.
- Oleksyn J., Żytkowiak R., Karolewski P., Reich P. B., Tjoelker M. G. 2000: Genetic and environmental control of seasonal carbohydrate dynamics in trees of diverse *Pinus sylvestris* populations. *Tree Physiology*, 20: 837-847.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa. 334 s.
- Prescott C. E., Corbin J. P., Parkinson D. 1992: Availability of nitrogen and phosphorus in the forest floor of Rocky Mountain coniferous forest. *Can. J. For. Res.*, 22: 593-600.
- Rautio H., Sarjala T. 2000: Effect of provenance on free amino acid and chemical composition of Scots pine needles. *Plant and Soil*, 221: 231-238.
- Reich P. B., Oleksyn J., Tjoelker M. G. 1994: Relationship of aluminium and calcium to net CO₂ exchange among

- diverse Scots pine provenances under pollution stress in Poland. *Oecologia*, 97: 82-92.
- Steinbeck K. 1966: Site, height and mineral nutrient content relations of Scots pine provenances. *Silvae Genet.*, 15: 42-50.
- Szymański S. 1982: Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Sylwan*, 126 (7): 11-29.
- Theelin G., Rosengren-Brinck U., Nihlgard B., Barkman A. 1998: Trends in needle and soil chemistry of Norway spruce and Scots pine stands in South Sweden, 1984-1994. *Environ. Pollut.*, 99: 149–158.
- Wang G. G., Klinka K. 1997: White spruce foliar nutrient concentrations in relation to tree growth and soil nutrient amounts. *For. Ecol. Manag.*, 98: 89-99.
- Zöttl H. W., Hüttl R. F., Fink S., Tomlinson G. H., Wisniewski J. 1989: Nutritional disturbances and histological changes in declining forests. *Water, Air, Soil Pollut.*, 48: 87-109.
- Zwoliński J. 1995: Wpływ emisji zakładów przemysłu metali nieżelaznych na środowisko leśne – rola metali ciężkich w degradacji lasów. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 809: 1-86.
- 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 nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leś. Pr. Bad.*, 1: 119-133.