

Rodowa uprawa zachowawcza jodły pospolitej z rezerwatu „Tisovik” w Puszczy Białowieżskiej

The ancestral conservative tillage of silver fir in the „Tisovik” reserve of the Białowieża Primeval Forest

Adolf F. Korczyk

Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny, ul. Piłsudskiego 8, 17-200 Hajnówka, Polska

Tel. +48 69 4056850; e-mail: adolfkorczyk@gmail.com

Abstract. The “Tisovik” reserve, located in the Belarusian part of the Białowieża Forest, holds an isolated relic stand of silver fir, situated 120 km to the north-east of the main forest. In order to preserve this relic fir stand, a ancestral conservative tillage consisting of the Jd 92 trial (plot I) and the Jd 94 trial (plots II and III) was established between 1992 and 1994 in the Polish part of the Białowieża Forest on the territory of the Hajnówka Forest District. The growth and development of the progeny of 20 firs were characterized by means of long-term observations made in these trials. In 2000 (at the age of 18), the firs in the Jd 92 trial (plot I) reached an average height of 394.86 cm with a mean diameter at breast height of 42.42 mm and the average rate of survival amounted to 75%. In the Jd 94 trial, the rate of fir survival on plot II was 70% (at the age of 15) with an average height of 277.08 cm and a diameter at breast height of 36.62 mm, while on plot III only 50 trees with an average height of 198.6 cm and a diameter at breast height of 24.49 mm survived. The results of this study show that the fir progeny in the “Tisovik” reserve is of high breeding value. Therefore, the silver fir seed stock of the “Tisovik” reserve is suitable for the establishment of new plantations in the Polish part of the Białowieża Forest and the Mazury-Podlasie Region.

Keywords: *Abies alba* Mill., progeny test, Białowieża Primeval Forest, Poland

1. Wstęp

W rezerwacie „Tisovik” położonym w białoruskiej części Puszczy Białowieżskiej znajduje się wyspowe stanowisko reliktowej jodły pospolitej oddalone o 120 km na północny wschód od zwartego zasięgu. W latach 1992–1994 w polskiej części Puszczy Białowieżskiej założono rodową uprawę zachowawczą jodły, obejmującą doświadczenie Jd 92 (kwatery I) w oddz. 416 Ag i Jd 94 (kwatery II i III) w oddz. 416 Cf Nadleśnictwa Hajnówka. Celem założenia uprawy było:

- 1) zachowanie zasobów genowych tej reliktowej populacji jodły,
- 2) ocena jej wartości hodowlanej,
- 3) stworzenie przyszłościowej bazy nasiennej.

2. Metodyka badań

Materiał sadzeniowy stanowiły siewki jodły otrzymane z nasion szyszek zebranych w rezerwacie „Tisovik” z 11 jodeł w październiku 1992 r. – Jd 92, oraz z 20 jodeł jesienią 1994 r. – Jd 94.

Przygotowanie upraw

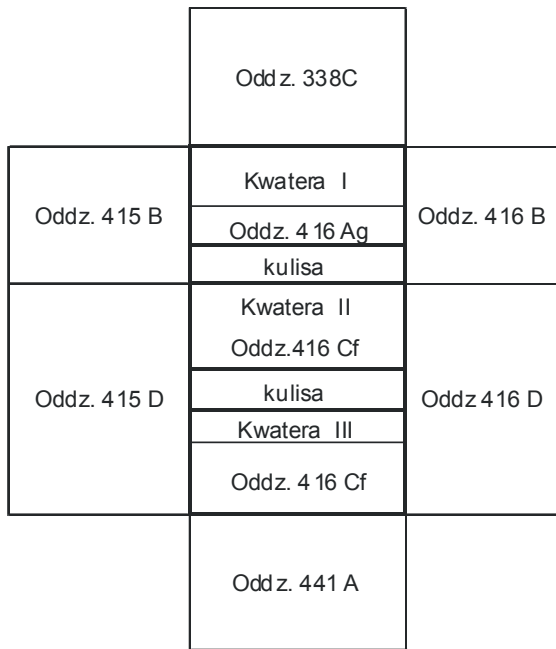
Pod uprawy wybrano fragment drzewostanu z trzema gniazdami na siedlisku lasu świeżego (Lśw) obejmujący przylegające wydzielienia 416 Ag i 416 Cf w leśnictwie Wilczy Jar, w Nadleśnictwie Hajnówka w Puszczy Białowieżskiej. Położenie geograficzne drzewostanu określają współrzędne: E 23°39'16”, N 52°42'30”.

Występują tu gleby brunatne, właściwe, wyjąłowane, na piaskach gliniastych. W składzie gatunkowym drzewostanu dominuje: brzoza brodawkowata o średnim wieku 78 lat (40%), dąb szypułkowy o średnim wieku 55 lat (30%) oraz grab zwyczajny o średnim wieku 35 lat (20%). Uprawa zachowawcza składa się z 3 obiektów – kwater o powierzchni po 0,22 ha, przedzielonych 30 m szerokości kulisami (ryc. 1). Całą rodową uprawę zachowawczą obejmującą doświadczenia Jd 92 i Jd 94 ogrodzono.

Sadzenie jodły

Jd 92. W październiku 1996 r. posadzono 4-letnie sadzonki jodły w więźbie 1,3×1,0 m na kwaterze I w oddz. 416 Ag.

Wpłynęło: 5.03.2014 r., zrecenzowano: 8.08.2014 r., zaakceptowano: 29.09.2014 r.



Rycina 1. Szkic rozmieszczenia kwater w uprawie jodłowej w Nadleśnictwie Hajnówka

Figure 1. The sketch of the distribution of quarters on the fir-tillage in the Forest District Hajnówka

Każdy ród został posadzony w oddzielnym rzędzie oznaczonym na początku i końcu palikiem z numerem rodu. W związku z nierówną liczbą sadzonek poszczególne rody posadzone w jednym lub kilku rzędach.

Jd 94. Dobrze wyrosnięte 3-letnie sadzonki jodły zostały posadzone jesienią 1998 r. w dwóch powtórzeniach (kwatery II i III) w oddz. 416 Cf Nadleśnictwa Hajnówka.

Pomiar i ocena jodeł w uprawie

Badania terenowe przeprowadzono w latach 2000, 2004, 2006 i 2010. Wykonano następujące pomiary:

- a) wysokość drzewka [cm] z dokładnością do 0,5 cm,
- b) pierśnica drzewka [mm] z dokładnością do 0,1 mm,
- c) grubość w szyi korzeniowej (mm) z dokładnością do 0,1 mm.

Wzrost osiowy jodły oceniano według wskaźnika jakości strzały:

- 1 – strzała z przewodnikiem prawidłowo wykształconym,
- 2 – przewodnik wyrastający z bocznego pędu,
- 3 – strzała o wierzchołku wielopędowym (bez przewodnika).

Przeżywalność (odsetek żywych jodełek) określono w poszczególnych rodach w danym roku pomiarowym.

Uszkodzenia mrozowe jodełek oceniano tylko w 2000 r. na uprawie Jd 92 według następującej skali:

- 1 – zmrożony przewodnik,
- 2 – zmrożone pędy boczne,
- 3 – zmrożona cała sadzonka.

Dla każdego rodu podano odsetek poszczególnych typów uszkodzeń mrozowych.

Analizy statystyczne

Obliczono wartości średnie ogólne dla poszczególnych cech. Na podstawie średnich ogólnych i odchylenia standardowego oraz średnich z poszczególnych rodów dokonano standaryzacji cech jodły w obu doświadczeniach i dla każdego roku pomiarowego.

Standaryzację pomiarów poszczególnych cech dokonano wg wzoru:

$$z_n = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \quad [1]$$

gdzie:

x_i – i -ty wynik pomiaru (obserwowana wartość zmiennej),

\bar{x} – średnia arytmetyczna pomiaru w analizowanym zbiorze,
 S – odchylenie standardowe pomiaru w analizowanym zbiorze,
 z_n – wartość cechy n -tej w jednostkach standaryzowanych.

Na bazie standaryzowanych danych wyliczono wskaźnik jakości hodowlanej poszczególnych rodów (H_R) wg wzoru:

$$H_R = \frac{z_1 + z_2 + \dots + z_n}{n} \quad [2]$$

gdzie:

H_R – wskaźnik jakości hodowlanej rodu,

$z_1 \dots z_n$ – wartość cechy n w jednostkach standaryzowanych,

n – liczba cech.

Tak wyliczone wskaźniki jakości hodowlanej pozwalają na porównanie poszczególnych rodów.

Analizy statystyczne mierzonych i ocenianych cech jodły wykonano w pakiecie statystycznym „R” R Development Core Team (2011) i programie ASReml (Gilmour i in. 2009). Mierzone i oceniane cechy analizowano według następującego modelu:

$$\text{wartość cechy} = \mu + R_n + E_n \quad [3]$$

μ – średnia ogólna dla doświadczenia,

R_n – losowy wpływ rodu n ,

E_n – błąd doświadczenia.

Przy założeniu losowego układu doświadczenia odziedziczalność dla rodów z wolnego zapylenia obliczono według wzorów Wright'a (1976):

Odziedziczalność rodowa:

$$h_R^2 = \frac{\sigma_R^2}{\left(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_R^2\right)} \quad [4]$$

Odziedziczalność indywidualna:

$$h_i^2 = \frac{4\sigma_R^2}{\sigma_R^2 + \sigma_E^2} \quad [5]$$

gdzie:

n – średnia liczba drzew w rodzie,

σ_E^2 – komponent wariancji dla błędu,

σ_R^2 – komponent wariancji rodowej.

Błąd odziedziczalności obliczono w programie AsReml (Gilmour et al. 2009) według wzoru:

$$SEh^2 = \left(\frac{\sigma_n^2}{\sigma_d^2}\right)^2 \left(\frac{Var(\sigma_n^2)}{\sigma_n^4} + \frac{Var(\sigma_d^2)}{\sigma_d^4} - \frac{2Cov(\sigma_n^2, \sigma_d^2)}{\sigma_n^2 \sigma_d^2}\right) \quad [6]$$

gdzie σ_n^2 i σ_d^2 oznaczają odpowiednio wariancję licznika i mianownika we wzorze na odziedziczalność.

3. Wyniki

Przeżywalność i szkody od przymrozków

W 2000 r. stwierdzono, że sadzonki przeżyły stosunkowo dobrze. Średni odsetek żywych jodeł w poszczególnych uprawach wahał się od 97,5% (jodła 8-letnia) do 98,8% (jodła 5-letnia) (tab. 1).

W roku 2004 zaznaczył się wyraźny spadek przeżywalności jodły zarówno w obrębie poszczególnych rodów, jak i między uprawami. Na uprawie Jd 92 (kwaterze I) przeżyło 81,1% jodeł, natomiast na uprawie Jd 94 średnia przeżywalność wyniosła 59,8% (na kwaterze II – 67,5%, na kwaterze III – 52,1% sadzonek (tab. 1).

Przeprowadzone w latach 2006 i 2010 obserwacje wykazały, że na uprawach wypadło zaledwie 3,4% (Jd 92) i 3% drzewek (Jd 94). Zauważono również, że niektóre rody charakteryzowały się wysoką przeżywalnością. Do grupy tej zaliczały się rody 1 (kwaterka I i III), 16 (kwaterka I) oraz 7 i 21 (kwaterka II) (tab. 1).

Pojedyncze sadzonki lub grupy sadzonek w środkowej części powierzchni uległy uszkodzeniu przez przymrozki. Brak było wyraźnego związku między wysokością jodełek a stopniem uszkodzenia przez przymrozki (tab. 2). Zaznaczyły się wyraźne różnice między rodami: najbardziej podatnymi na przymrozki okazały się jodły rodów nr 4 (31%), 5 (23%) i 17 (22%), natomiast największą odpornością na przymrozki cechowały się rody: nr 1, 16 i 21 (tab. 2).

Wzrost osiowy

Stwierdzono wyraźny wzrost odsetka sadzonek z prawidłowo wykształconym przewodnikiem do roku 2006. W roku 2010 nastąpił wzrost odsetka jodeł z wtórnym przewodnikiem, szczególnie na kwaterze III (tab. 3). Reakcja poszczególnych rodów na czynniki deformujące wzrost osiowy była bardzo zróżnicowana.

Wzrost na wysokość i grubość

Wyniki pomiarów cech wzrostowych jodeł w latach 2000, 2004, 2006 i 2010 zamieszczono w tabelach 4, 5 i 6. Cechą charakterystyczną badanej populacji jodły było duże zróżnicowanie cech przyrostowych w obrębie poszczególnych rodów, które powstało w wyniku zmożeń drzewek. W przypadku wartości średnich rodów i średnich ogólnych dla badanej populacji na kwaterze różnice te ulegały zatarciu. Drugą cechą charakterystyczną rodowej uprawy zachowawczej było

różne tempo wzrostu jodeł na poszczególnych kwaterach. Mimo stosunkowo wyrównanych warunków siedliskowych na całej powierzchni uprawy, najlepsze warunki wzrostowe znalazła jodła w doświadczeniu Jd 94 na kwaterze II, a najslabiej rosła na kwaterze III (tab. 5 i 6).

Doświadczenie Jd 92

W 2000 r. średnia wysokość jodeł (8-letnich, 4 lata na uprawie) wynosiła 54,46 cm przy niewielkich różnicach między rodami. Natomiast w obrębie poszczególnych rodów różnice wysokości drzewek były bardzo duże (tab. 4). Wyraźna była współzależność między wysokością a grubością w szyi korzeniowej. Najlepszymi pod względem hodowlanym okazały się jodły rodów nr 15, 17 i 2, a zdecydowanie najslabszym był ród nr 4 (ryc. 2).

W roku 2004 średnia ogólna wysokość jodeł (12-letnich) wyniosła 120,26 cm, a średnia wysokość rodów od 94 cm do 143 cm (tab. 4). Zróżnicowanie wysokości w obrębie poszczególnych rodów było bardzo duże.

W 2004 r. średnia ogólna grubość jodeł mierzona w szyi korzeniowej wyniosła 24,38 mm, a średnie dla rodów wynosiły od 17,24 mm do 30,33 mm (tab. 4). Stwierdzono bardzo duże różnice między osobnikami w obrębie poszczególnych rodów (tab. 4).

W roku 2006 wysokość jodeł była większa niż w poprzednim pomiarze średnio o około 81 cm i wyniosła średnio 201,13 cm. Średnia dla rodów mieściła się w granicach od 163,60 cm do 227,33 cm (tab. 4, ryc. 3).

Pod względem jakości hodowlanej (H_R) uszeregowanie rodów było podobne jak w 2004 r. (ryc. 2).

W 2010 r. stwierdzono, że od 2006 r. wysokość jodeł wzrosła średnio o 193 cm i wyniosła dla populacji na kwaterze I 394,86 cm. Średnia wysokość rodów mieściła się w zakresie od 301,89 cm do 463,28 cm. Nadal widoczne były duże różnice wysokości drzew w obrębie poszczególnych rodów (tab. 4).

Średni roczny przyrost wysokości jodełek w latach 2000–2004 wynosił około 9 cm rocznie, w latach 2005–2006 – około 40 cm, a w latach 2007–2010 – około 48 cm rocznie. W ciągu 14 lat ich rozwoju w uprawie coraz wyraźniej uwiadczały się różnice pomiędzy rodami w tempie wzrostu na wysokość (tab. 4).

W latach 2006–2010 średnia grubość w szyi korzeniowej wzrosła o 29 mm i wyniosła 62,69 mm. Wartości przeciętne dla rodów mieściły się w przedziale od 42,97 mm do 69,85 mm (tab. 4). Po raz pierwszy pomierzono grubość na wysokości pierśnicy. Średnia pierśnica jodeł na kwaterze I wynosiła 42,42 mm i była o 32% mniejsza od średniej grubości w szyi korzeniowej (tab. 4).

Doświadczenie Jd 94

Wzrost jodeł na kwaterach II i III, mimo stosunkowo podobnych warunków siedliskowych, przebiegał znacząco różnie. Na kwaterze II jodła osiągnęła znacznie większe rozmiary niż na kwaterze III (tab. 5 i 6).

Tabela 1. Przeżywalność (%) jodły pospolitej w uprawie Jd92 (kwatery I) oraz w uprawie Jd94 (kwatery II i III) w oddz. 416 Ag / 416 Cf Nadleśnictwa Hajnówka
 Table 1. Surviving (%) of the Silver fir in the tillage Jd92 (Quartier I) and the tillage Jd94 (Quartier II and III) in the compartment 416 Ag / 416 Cf the Hajnówka Forest District

Lp No.	Kwaterna I / Quartier I				Kwaterna II / Quartier II				Kwaterna III / Quartier III								
	nr rodu family No.	sadzone X 1996 r. planted X 1996	% żywych sadzonek % of living seedlings		nr rodu family No.	sadzone X 1998 r. planted X 1998	% żywych sadzonek % of living seedlings		nr rodu family No.	sadzone X 1998 r. planted X 1998	% żywych sadzonek % of living seedlings						
			X 2000	IX 2004			V 2006	X 2010			X 2000	IX 2004	V 2006	X 2010	X 2000	IX 2004	V 2006
1	1	3	100	100	100	24	100	63	63	63	100	9	100	100	100		
2	2	336	97	75	74	59	98	86	86	47	71	24	88	25	25		
3	3	75	74	54	51	93	100	88	88	84	49	93	100	68	68		
4	4	70	100	84	84	134	90	84	84	84	84	4	124	68	68		
5	5	258	90	65	65	96	100	82	82	82	60	5	50	30	20		
6	6					50	100	86	82	76		6	50	52	52		
7	7					23	100	100	100	100		7	100	50	50		
8	8					104	104	81	73	73		8	125	53	53		
9	9					50	50	36	35	35		9	109	49	49		
10	11	66	100	92	88	48	48	39	39	38	79	11	124	55	55		
11	12	38	97	79	71	47	47	36	36	36	53	12	55	89	67		
12	12					41	41	25	21	21		13	53	36	36		
13	15	333	100	87	86	100	100	82	82	71	86	15	75	33	33		
14	16	18	100	94	94	50	100	68	62	54	94	16	100	41	41		
15	17	327	100	81	81	50	100	54	50	38	81	17	101	65	64		
16	16					93	100	57	48	48		18	74	55	55		
17	21	27	100	81	74	17	100	100	100	100	74	21	50	40	38		
18	18					32	100	84	84	84		22	50	46	40		
19	19					16	100	50	50	38		23	56	38	38		
20	20					39	100	49	38	38		29	96	38	38		
Razem Total		1551				1166							1279				
%		100	97,5	78,5	77,4	100	98,8	75,9	73,0	70,0		%	100	96,3	51,8	51,0	50,0

Tabela 2. Procentowy (%) rozkład jakości strzały jodli w uprawie Jd92 (kwatera I) w latach 2000, 2004, 2006 i 2010 oraz % uszkodzeń przymrozkowych w 2000 r. (pogrubione liczby w nawiasach)

Table 2. The proportional schedule of the fir stem quality in years 2000, 2004, 2006, 2010 in the tillage JD92 (Quarter I) and the % of frost damages in 2000 (thickened numbers between parentheses)

Lp No.	Nr rodu Family No,	2000 jodli 8-letnie / 8-year-old firs			zmró- żenie frosted %	2004 jodli 12-letnie / 12-year-old firs			2006 jodli 14-letnie / 14-year-old firs			2010 jodli 18 letnie / 18-year-old firs						
		n	jakość strzały stem quality			n	jakość strzały stem quality			n	jakość strzały stem quality			n	jakość strzały stem quality			
			1	2			3	1	2		3	1	2		3	1	2	3
1	1	3	100		3	100		3	98	2	3	67	33					
2	2	325	62 (5)	7 (3)	31 (10)	18	76	19	5	247	98	1	1	238	86	12	2	
3	3	74	77 (4)	7 (1,5)	16 (1,5)	7	89	9	2	51	98	2		49	98	2		
4	4	70	67 (10)	10 (10)	23 (11)	31	90	8	2	59	98	2		59	93	7		
5	5	233	64 (9)	9 (5)	27 (9)	23	79	14	7	167	95	1	4	154	83	12	5	
10	11	66	75 (3)	1	24 (10)	13	97	3		58	93	2	5	52	90	8	2	
11	12	37	69 (4)	9	22	4	83	10	7	27	100			20	90	5	5	
13	15	333	59 (2)	5 (3)	36 (12)	4	66	29	5	286	97	2	1	286	85	14	1	
14	16	18	69	6	25		82	18		17	100			17	94	6		
15	17	327	66 (9)	11 (4)	23 (9)	22	80	12	8	265	96	2	2	265	85	11	4	
17	21	27	63	12	25		77	18	5	20	90%	10		20	85	10	5	
Średnia Average			70	7	23		84	12	4		96	2	2	1163	87	11	2	
Razem Total		1513				1220				1200				1163				

Tabela 3. Procentowy (%) rozkład jakości strzały jodły pospolitej w uprawie Jd94 (kwatera II i III) w latach 2004 r., 2006 r. i w 2010 r.
 Table 3. The proportional schedule of the stem quality of the silver fir in 2004, 2006 and 2010 in the tillage Jd94 (Quartier II and III)

Lp No.	Nr rodu Family No,	Kwatera II / Quartier II												Kwatera III / Quartier III											
		2004 jodły 9-letnie 9-year-old firs			2006 jodły 11-letnie 11-year-old firs			2010 jodły 15-letnie 15-year-old firs			2004 jodły 9-letnie 9-year-old firs			2006 jodły 11-letnie 11-year-old firs			2010 jodły 15-letnie 15-year-old firs								
		n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3				
1	1	15	93	7	15	93	7	15	87	13	9	67	33	9	91	9	9	78	22						
2	2	51	94	2	4	51	94	2	4	47	75	25	6	100	6	66	17	17	33						
3	3	82	92	4	4	82	96	4	78	93	6	1	84	72	4	84	88	6	84	83	17				
4	4	113	92	8	113	96	4	113	86	11	3	15	73	27	10	90	10	10	50	40	10				
5	5	79	100		79	100		79	92	4	4	26	65	8	26	96	4	26	77	19	4				
6	6	43	97	5	2	41	96	4	38	94	3	3	50	68	12	50	84	10	50	88	10	2			
7	7	23	100		23	96	4	1	100			66	63	11	26	66	-97%	3	66	73	24	3			
8	8	81	94	6	73	98	2	73	85	1	14	53	71	6	23	53	70	15	53	79	15	6			
9	9	36	89	11	35	89	9	35	91	9	9	68	73	1	26	68	93	4	68	86	13	1			
10	10	39	87	10	3	39	87	13	38	87	3	10	49	80	20	48	88	4	37	84	13	3			
11	11	36	91	6	3	36	97	3	36	94	3	3	19	85	5	19	100		19	58	42				
12	12	25	96	4	21	90		10	21	91	9		25	52	4	25	100		25	68	28	4			
13	13	82	94	6	82	95	4	1	71	94	3	3	41	64	2	41	81	12	41	83	15	2			
14	14	34	91	9	31	87	3	10	27	100			66	71	2	66	83	8	65	77	18	5			
15	15	27	96	4	25	76	16	8	19	100			41	59	41	41	97	3	41	71	27	2			
16	16	53	92	6	2	45	98	2	45	96	2	2	23	70	4	23	90	10	19	90	10				
17	17	17	76	24	17	88	12		17	82	18		21	61	10	21	86	14	21	86	14				
18	18	27	96	4	27	96	4		27	93	7														
19	19	8	62	38	8	88		12	6	100			6	100		6	100		6	100					
20	20	19	84	11	5	15	87	13	15	100%			15	100%		15	100%		15	100%					
Średnia Average		91%	8	1	92	4	4	4	92	5	3		72	4	24	88	5	7	76	22	2				
Razem / Total		890			858				801				662			652			640						

Tabela 4. Charakterystyka rozwoju jodły pospolitej na uprawie Jd92 (kwaterze I) w latach 2000, 2004, 2006 i 2010 w oddz. 416 Ag Nadleśnictwa Hajnówka

Table 4. The characteristics of the development of the silver fir in the years 2000, 2004, 2006, 2010 in tillage Jd92 (Quartier I), compartment 416 Ac, in compartment 416 Ag, Hajnówka Forst District

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Grubość w szyi korzeniowej (mm) Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Jakość strzały* Stem quality* $\bar{x} \pm SD$	H_R	Pierśnica (mm) DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2000 : jodła 8-letnia / 8-year-old firs						
1	55,5±0	10,5±0	1,70±0	-0,10	-	-
2	54,02±23,16	11,32±3,68	1,69±1,01	0,05	-	-
3	51,82±26,04	11,49±3,8	1,4±0,86	-0,34	-	-
4	40,98±25,28	8,03±3,84	1,56±0,86	-1,50	-	-
5	52,85±21,63	10,54±3,5	1,64±0,88	-0,26	-	-
11	51,37±25,42	10,58±3,75	1,5±0,86	-0,47	-	-
12	55,19±25,1	10,48±3,81	1,52±0,85	-0,31	-	-
15	53,59±31,44	11,43±3,85	1,78±0,95	0,17	-	-
16	52,38±24,95	10,51±3,3	1,56±0,89	-0,38	-	-
17	58,88±29,18	11,93±4,04	1,58±0,84	0,28	-	-
21	48,86±24,95	10,4±3,79	1,63±0,85	-0,46	-	-
Średnia / Average	54,46±24,82	11,25±3,78	1,65±0,85		-	-
2004 : jodła 12-letnia / 12-year-old firs						
1	142,67±21,64	30,33±5,73	1,00±1	0,57	-	-
2	122,57±46,76	24,47±9,38	1,29±0,56	0,08	-	-
3	123,01±43,21	24,48±9,12	1,15±0,45	-0,07	-	-
4	93,91±43,34	17,24±8,18	1,19±0,52	-1,31	-	-
5	109,49±44,9	21,11±8,04	1,27±0,59	-0,38	-	-
11	125,02±43,05	25,15±10,06	1,16±0,45	-0,03	-	-
12	135,05±52,2	25,11±10,39	1,26±0,65	0,35	-	-
15	120,79±48,77	26,19±10,15	1,35±0,56	0,32	-	-
16	116,47±39,54	22,38±7,76	1,19±0,4	-0,30	-	-
17	129,32±49,74	25,8±9,86	1,28±0,6	0,34	-	-
21	100,91±45,5	21,09±9,65	1,32±0,57	0,01	-	-
Średnia / Average	120,26±47,76	24,38±9,71	1,28±0,56		-	-
2006 : jodła 14-letnia / 14-year-old firs						
1	186,17±70,7	30,89±10,34	1,1±0,41	-0,32	-	-
2	204,00±66,5	34,52±11,25	1,03±0,19	0,02	-	-
3	195,29±62,87	32,02±10,19	1,02±0,14	-0,35	-	-
4	164,81±67,72	28,13±12,11	1,04±0,27	-1,04	-	-
5	186,17±70,7	30,89±10,34	1,1±0,41	-0,32	-	-
11	209,37±67,96	31,95±9,38	1,17±0,54	0,31	-	-
12	227,33±62,06	33,08±9,53	1±0	0,13	-	-
15	203,06±72,95	35,11±12,87	1,05±0,27	0,12	-	-
16	197,76±50,09	28,8±9,09	1±0	-0,65	-	-
17	214,26±74,15	35,82±12,64	1,08±0,36	0,42	-	-
21	163,60±80,95	25,91±13,41	1,2±0,62	-0,74	-	-
Średnia / Average	201,13±70,98	33,72±11,98	1,06±0,32		-	-

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm)	Grubość w szyi korze- niowej (mm) Root collar diameter (mm)	Jakość strzały* Stem quality*	H_R	Pierśnica (mm) DBH (mm)	H_R
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$	
2010 : jodla 18-letnia / 18-year-old firs						
1	397,17±80,54	62,33±17,62	1,33±0,58	0,37	44,33±12,06	0,46
2	414,10±148,77	65,76±29,95	1,16±0,41	0,21	44,33±12,06	0,30
3	391,38±99,93	60,10±24,11	1,02±0,14	-0,45	46,29±25,11	-0,27
4	301,89±150,57	42,97±23,88	1,10±0,30	-1,46	42,35±18,95	-1,47
5	354,68±136,83	52,62±25,15	1,23±0,53	-0,48	27,85±20,36	-1,18
11	394,89±124,43	60,65±26,10	1,12±0,38	-0,18	36,60±21,86	-0,49
12	463,28±98,95	69,85±23,27	1,15±0,49	0,67	43,37±20,96	0,71
15	396,13±146,62	66,39±31,28	1,18±0,43	0,15	52,50±19,59	0,63
16	385,00±111,29	53,06±20,50	1,06±0,24	-0,64	44,47±25,89	-0,54
17	420,36±147,93	67,76±31,18	1,20±0,50	0,41	36,88±17,57	0,15
21	341,68±164,37	54,80±31,51	1,20±0,52	-0,55	49,53±26,45	-0,21
Średnia / Average	394,86±145,74	62,69±29,81	1,17±0,44		42,42±20,88	

Tabela 5. Charakterystyka rozwoju jodli pospolitej na kwaterze II w uprawie Jd94 w latach 2004, 2006 i 2010 w oddz. 416 Cf Nadleśnictwa Hajówka

Table 5. The characteristics of the development of the silver fir in the years 2004, 2006, 2010 in the tillage Jd94 (Quartier II), in compartment 416 Cf Hajówka orest District

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm)	Grubość w szyi korze- niowej (mm) Root collar diameter (mm)	Jakość strzały Stem quality	H_R
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	\bar{x}	
2004 : jodla 9-letnia / 9-year-old firs				
1	65,00±19,03	12,13±3	1,13	0,60
2	64,40±19,67	14,03±5,91	1,04	-0,57
3	62,00±26,21	13,31±4,27	1,11	-0,57
4	80,45±29,23	15,21±5,02	1,08	0,33
5	82,85±26,19	17,86±8,6	1,01	0,65
6	93,44±36,05	20,26±7,24	1,09	1,67
7	86,00	17,00	1	0,60
8	86,72±27,68	19,25±5,42	1,06	1,17
9	63,36±20,68	15,35±4,11	1,11	-0,18
11	79,30±29,08	15,46±4,91	1,16	0,57
12	72,97±2,17	15,14±4,2	1,11	0,14
13	68,08±31,48	14,50±5,87	1,04	-0,36
15	62,16±17,59	14,16±3,45	1,06	-0,57
16	52,06±16,53	11,07±3,29	1,14	-1,21
17	62,26±22,8	13,46±4,35	1,04	-0,74
18	69,96±28,7	13,00±4,5	1,11	-0,33
21	56,75±25,28	14,03±5,33	1,25	-0,93
22	63,61±20,23	12,48±2,69	1,06	-0,80
23	50,50±20,28	11,88±2,13	1,38	-0,4
29	62,68±27,5	13,26±3,74	1,21	-0,19
Średnia / Average	71,34±27,65	15,05±5,98	1,09	

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Grubość w szyi korze- niowej (mm) Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Jakość strzały Stem quality \bar{x}	H_R
2006 : jodla 11-letnia / 11-year-old firs				
1	117,13±29,19	23,51±5,27	1,13	-0,25
2	107,76±31,04	21,93±6,58	1,1	-0,72
3	103,02±40,91	21,8±7,72	1,04	-1,00
4	150,31±48,67	27,96±8,21	1,05	0,77
5	139,38±43,12	29,26±10,23	1	0,54
6	164,32±54,69	28,42±9,31	1,05	1,12
7	149,74±47,17	28,9±9,05	1,04	0,84
8	157,75±46,65	27,61±7,3	1,02	0,97
9	113,94±33,75	22,89±8,48	1,23	-0,64
11	132,36±48,72	23,39±7,45	1,13	0,06
12	130,36±39	22,95±6,86	1,03	0,05
13	127,52±50,7	23,38±8,66	1,19	0,14
15	119,51±31,04	22,8±6,58	1,06	-0,30
16	98,1±35,84	18,69±6,29	1,23	-1,30
17	113,76±40,69	20,97±6,83	1,32	-0,07
18	138,17±45,88	26,26±8,36	1,06	0,33
21	111±48,49	20,15±7,63	1,17	-0,66
22	139,67±22,37	26,06±7,6	1,08	0,40
23	90,5±29,54	19,07±6,04	1,25	-1,00
29	115,4±51,54	22,77±7,32	1,27	0,70
Średnia / Average	128,52±46,96	24,48±8,36	1,09	
2010 : jodla 15-letnia / 15-year-old firs				
1	315,67±116,8	40,73±22,58	1,4	0,31
2	222,9±80,46	26,46±12,77	1,3	-0,92
3	238,95±87,16	28,3±15,27	1,09	-0,66
4	296,49±95,21	38,21±17,15	1,18	0,11
5	281,81±97,37	35,22±17,64	1,16	-0,05
6	339,76±97,77	46,94±22,18	1,13	1,17
7	252,00±0	32,10±0	1	-0,81
8	322,66±86,05	44,56±16,27	1,29	1,14
9	275,03±95,45	39,83±15,18	1,17	0,16
11	299,16±78,81	39,02±16,84	1,29	0,58
12	277,72±88,95	37,67±16,41	1,19	0,10
13	246,81±114,6	30,87±23,1	1,29	-0,44
15	259,99±79,97	33,17±13,78	1,07	-0,33
16	234,41±85,73	32,44±15,41	1	-0,97
17	251,21±104,2	37,04±15,64	1	-0,54
18	296,93±88,59	39,55±14,45	1,07	0,21
21	223,41±93,63	28,16±17,42	1,53	0,42
22	248,74±84,88	35,03±17,47	1,22	-0,03
23	266,67±96,73	36,2±21,57	1	-0,42
29	272,6±123,2	45,87±18,63	1	0,19
Średnia / Average	277,08±95,9	36,62±17,5	1,17	

Tabela 6. Charakterystyka rozwoju jodły pospolitej na kwaterze III w uprawie Jd94 w latach 2004, 2006, 2010, w oodz. 416 Cf Nadleśnictwa Hajówka

Table 6. The characteristic of the development of the silver fir in the years 2004, 2006, 2010 in the tillage Jd94 (Quartier III), in compartment 416 Cf Hajówka Forest District

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Grubość w szyi korzeniowej (mm) Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Jakość strzały Stem quality $\bar{x} \pm SD$	H_R	Pierśnica (mm) DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2004 : jodła 9-letnia / 9-year-old firs						
1	45,71±14	11,43±2,07	1,86±1,07	0,30	-	-
2	49,33±20,55	13,00±3,00	1,00±0	-0,76	-	-
4	62,42±35,28	15,22±8,81	1,56±0,88	0,34	-	-
5	33,07±9,55	8,47±2,05	1,53±0,92	-1,76	-	-
6	49,92±17,38	12,04±2,90	1,75±0,94	0,12	-	-
7	56,08±27,33	14,54±4,87	1,63±0,87	0,50	-	-
8	45,63±17,66	12,65±3,80	1,68±0,89	-0,27	-	-
9	52,61±23,29	15,71±6,22	1,53±0,86	0,48	-	-
11	46,12±18,24	13,77±4,93	1,62±0,92	0,08	-	-
12	52,08±19,19	14,58±3,92	1,60±0,93	0,31	-	-
13	43,94±13,31	12,56±3,42	1,28±0,67	0,79	-	-
15	35,56±9,58	10,1±2,32	2,00±1,00	-0,85	-	-
16	48,46±19,21	12,28±3,75	1,69±0,95	0,20	-	-
17	48,62±16,00	13,25±3,47	1,55±0,89	-0,17	-	-
18	53,23±22,44	13,08±3,60	1,85±1,00	0,34	-	-
22	42,52±15,69	11,7±3,10	1,57±0,90	-0,69	-	-
29	43,7±14,44	10,1±2,71	1,70±0,92	-0,81	-	-
Średnia / Average	49,90±22,65	13,34±5,2	1,63±0,92		-	-
2006 : jodła 11-letnia / 11-year-old firs						
1	55,11±21,00	13,6±3,50	1,11±0,45	-1,13	-	-
2	68,75±41	15,01±3,68	1,75±0,96	-0,23	-	-
4	105,9±57,12	21,22±9,32	1,19±0,53	0,56	-	-
5	54,6±21,59	13,36±3,53	1,40±0,89	1,41	-	-
6	93,47±27,11	18,03±4,34	1,12±0,49	-0,30	-	-
7	95,89±44,6	21,47±7,83	1,25±0,58	0,46	-	-
8	88,13±29,88	19,34±5,45	1,08±0,38	-0,32	-	-
9	83,7±41,11	22,34±9,34	1,45±0,75	0,63	-	-
11	83,63±35,64	18,2±6,55	1,13±0,44	-0,51	-	-
12	93,87±38,09	20,18±5,95	1,21±0,59	0,15	-	-
13	88,44±26,38	19,14±3,62	1±0	-0,49	-	-
15	67,00±28,16	17,76±3,65	1±0	-1,2	-	-
16	79,68±38,43	17,71±6,59	1,32±0,64	-0,34	-	-
17	83,02±32,12	18,93±6,07	1,33±0,68	-0,07	-	-
18	106,15±37,48	19,48±6,35	1,15±0,55	0,26	-	-
22	75,2±38,68	15,33±5,46	1,27±0,7	-0,87	-	-
29	78,5±24,96	27±3,22	1,17±0,38	-0,85	-	-
Średnia / Average	89,47±40,86	19,58±7,22	1,23		-	-

Nr rodu Family No.	Wysokość (cm) Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Grubość w szyi korzenio- wej (mm) Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Jakość strzały Stem quality $\bar{x} \pm SD$	H_R	Pierśnica (mm)	
					DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2010 : jodla 15-letnia / 15-year-old firs						
1	155,50±52,68	22,77±8,19	1,44±0,73	-0,84	11,76±5,54	-1,70
2	130,67±78,28	24,16±12,48	1,33±0,52	-1,20	18,50±12,02	-1,60
4	235,54±118,5	40,25±20,83	1,21±0,41	1,10	29,64±15,77	-1,45
5	106,40±49,34	19,90±8,36	1,60±0,7	-1,29	14,50±3,54	-1,96
6	191,85±95,65	34,73±19,15	1,27±0,53	-0,27	25,00±13,44	-0,24
7	212,43±98,83	39,22±20,55	1,14±0,4	-0,64	25,26±16,14	-0,59
8	190,53±98,03	35,02±18,15	1,33±0,54	0,41	23,53±10,78	0,35
9	236,62±103,3	47,79±26,18	1,26±0,57	1,90	30,54±17,33	2,31
11	199,35±95,64	36,54±20,55	1,16±0,41	-0,17	22,04±16,83	-0,05
12	229,31±85,68	44,45±19,32	1,19±0,46	0,22	27,71±14,54	1,92
13	174,74±95,82	31,15±15,92	1,42±0,51	-0,27	20,50±10,44	-0,26
15	112,88±51,85	21,84±6,42	1,36±0,57	-0,91	11,00±4,20	-2,59
16	188,96±89,39	33,26±17,07	1,20±0,46	-0,21	21,37±12,68	-0,40
17	179,81±89,64	34,43±16,62	1,31±0,56	-0,22	21,24±12,34	-0,17
18	209,3±105,6	38,53±22,95	1,32±0,52	0,75	28,39±17,06	1,01
22	202,00±75,78	32,89±13,82	1,11±0,32	-0,28	20,47±11,24	-0,55
29	158,88±58,81	26,38±10,49	1,14±0,36	-1,24	14,83±6,16	-1,89
Średnia / Average	198,64±99,42	33,14±10,81	1,25±0,49		24,49±14,84	

W 2004 r. na kwaterze II odsetek 9-letnich jodełek (6 lat w uprawie) z prawidłowo wykształconym przewodnikiem wynosił 91%, a na kwaterze III tylko 72%. Przy tym na kwaterze III aż 24% drzewek miało wierzchołki wielopędowe (tab. 3). Skutkiem tego wysokość jodełek w kwaterze III wynosiła średnio 49,90 cm i była o 30% mniejsza od wysokości drzewek na kwaterze II (średnia 71,34 cm) (tab. 5 i 6). Podobne różnice stwierdzono w przyroście grubości w szyi korzeniowej, przy czym różnice tych cech wzrostowych były stosunkowo niewielkie między rodami, za to bardzo znaczne w obrębie poszczególnych rodów i to niezależne od kwatery (tab. 5 i 6).

W roku 2006 na kwaterze II jodły 11-letnie osiągnęły średnią wysokość 128,52 cm i były o 30% wyższe niż drzewka na kwaterze III (średnia wysokość 89,47 cm). Różnice między rodami były większe niż w 2004 r. Na kwaterze II różnice średniej wysokości rodu wyniosły nawet 55% (rody nr 23 i 6), natomiast na kwaterze III około 51% (rody nr 5 i 18) (tab. 5 i 6). Jeszcze większe różnice wysokości zaobserwowano w obrębie poszczególnych rodów (tab. 5 i 6).

Znacznie mniejsze różnice zaobserwowano w przypadku przyrostu grubości w szyi korzeniowej jodły między kwaterami (maksymalnie 20%), między rodami i w obrębie poszczególnych rodów. Choć między wysokością a grubością jodeł zachowana była korelacja, to jednak wpływ przymrozków na przyrost grubości w szyi korzeniowej był wyraźnie mniejszy niż na przyrost wysokości.

W roku 2010 jodły rosnące na kwaterze II były o 29% wyższe od jodeł na kwaterze III (tab. 5 i 6). Pierśnica jodeł

wynosiła średnio 36,62 mm na kwaterze II, a 24,49 mm na kwaterze III (tab. 5 i 6). W kwaterze III pomierzono dodatkowo grubość w szyi korzeniowej, gdyż około 15% jodełek nie przekroczyło wysokości 130 cm (tab. 6).

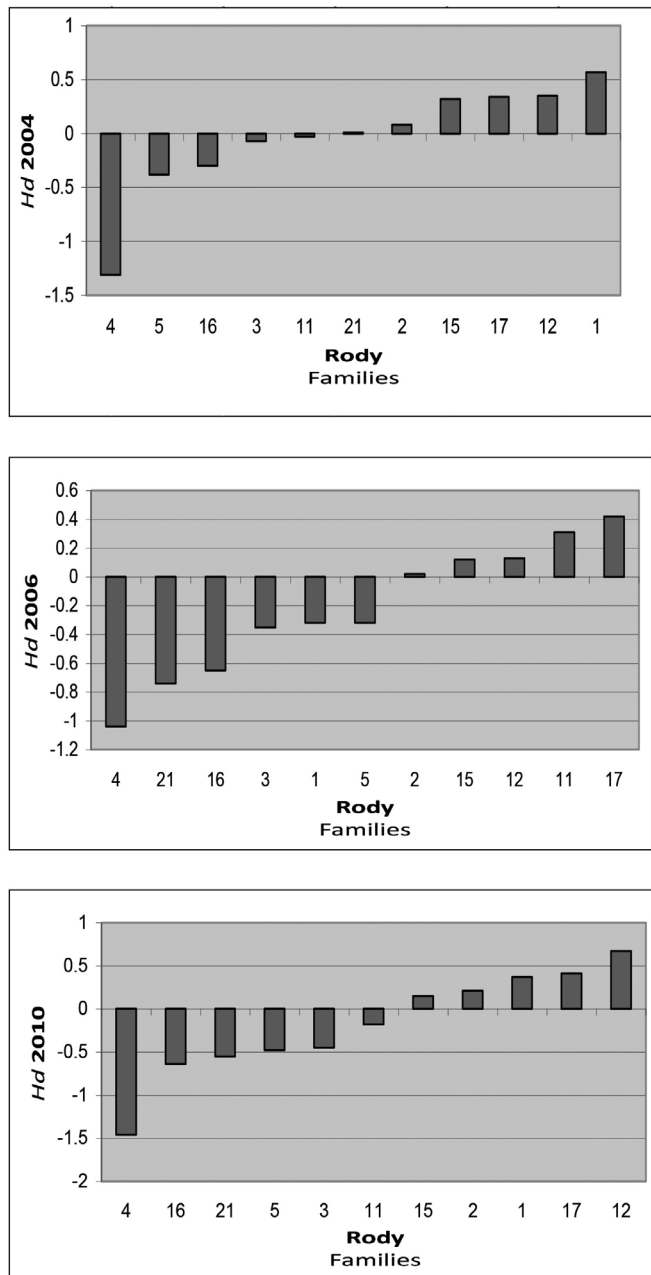
Podobnie jak na kwaterze I, średnie różnice między rodami jodły na kwaterze II i III były niewielkie we wszystkich latach, w którym wykonywano pomiary. Natomiast różnice wysokości między poszczególnymi rodami były duże i statystycznie wysoce istotne (tab. 7).

Średni roczny przyrost wysokości jodełek na obu kwaterach był początkowo różny, jednak z biegiem lat się wyrównywał. Na kwaterze II średni roczny przyrost wysokości w latach 2004–2006 wynosił średnio około 19 cm rocznie, a w latach 2007–2010 około 27 cm rocznie. Natomiast na kwaterze III średni roczny przyrost w latach 2004–2006 wynosił około 13 cm, a w latach 2007–2010 r. około 27 cm.

Jakość hodowlana rodów (H_R)

Na kwaterze I (uprawa Jd 92) w 2000 r. najlepszymi były rody nr 17, 15 i 2, a zdecydowanie najslabszym był ród nr 4, który przez cały okres badań pozostawał zawsze na tej samej pozycji (tab. 4, ryc. 4). W latach 2004, 2006, 2010 do grupy najlepszych rodów dołączyły rody nr 12, 11 i 1 (tab. 4, ryc. 2).

Na kwaterze II (uprawa Jd 94) w 2004 r. do najlepszych należały rody nr 6, 8, 5, 7, 1, 11 i 4, a do najslabszych rody nr 16 i 21 (tab. 5). W kolejnych okresach pomiarowych (lata 2006 i 2010) do grona najlepszych rodów dołączyły



Rycina 2. Wskaźniki jakości hodowlanej rodów jodły pospolitej w uprawie JD92 w latach 2000, 2004, 2006 i 2010

Figure 2. The index of breeding values of the silver fir families in tillage Jd92 in the years 2000, 2004, 2006 and 2010

rody nr 29 i 18, a do najsłabszych – rody nr 3, 23, 2 i 7 (tab. 5, ryc. 3). Kolejność rodów zmieniała się z biegiem lat. Jedyne ród nr 6 zawsze zajmował miejsce pierwsze, a ród nr 16 – miejsce ostatnie (tab. 5, ryc. 3).

Na kwaterze III (uprawa Jd 94) jodła charakteryzowała się dużo większą zmiennością jakości hodowlanej H_D niż jodła na kwaterach I i II. Nie było ani jednego rodu, który przez cały okres badań zajmowałby stałą pozycję wartości hodowlanej. W kolejnych okresach pomiarowych wskaźnik H_R części rodów zwiększał się (rody nr 9 i 18), a innych zmniejszał, np. rody nr 5 i 15 (tab. 6, ryc. 3).

Podsumowując, należy zauważyć, że choć różnice wskaźnika jakości hodowlanej (H_R) rodów z kwatery II i III są statystycznie nieistotne, ale pokazują charakter zmian w rozwoju i adaptacji poszczególnych rodów jodły.

Genetyczna ocena rodów

Wskaźniki odziedziczalności liczone łącznie dla kwatery II i III na podstawie danych pomiarowych z 2010 r. Z obliczeń zostały wykluczone rody mało liczne: nr 23 w przypadku odziedziczalności wysokości i pierśnicy ród, oraz 1 i 2 w przypadku odziedziczalności grubości w szyi korzeniowej.

Współczynniki odziedziczalności indywidualnej (h_i^2) i rodowej (h_R^2) wskazują, jaki zakres dziedziczenia addytywnego przekazuje matka swojemu potomstwu. Na poziomie rodów wskaźnik odziedziczalności (h_R^2) był wysoki i wynosił: 0,764 dla wysokości, 0,769 dla pierśnicy i 0,885 dla grubości w szyi korzeniowej (tab. 8). Natomiast wskaźniki odziedziczalności indywidualnej badanych cech (h_i^2) były niskie i mieściły się w zakresie od 0,386 do 0,173 (tab. 8).

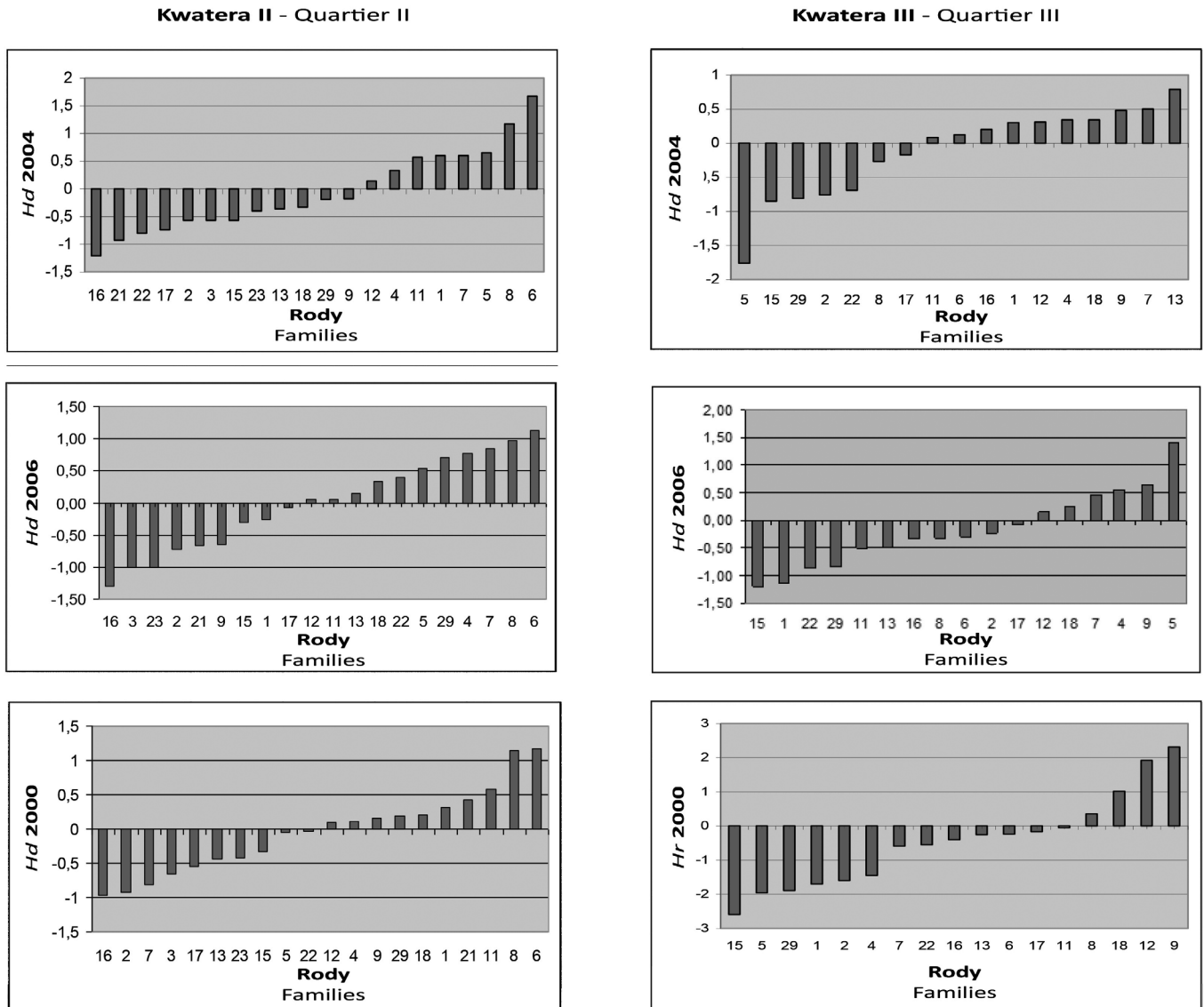
4. Dyskusja

Rozwój jodły w wieku młodocianym zagrożony jest głównie przez czynniki środowiskowe, takie jak przymrozki wiosenne i zwierzyzna płowa. Z obserwacji poczynionych w rezerwacie jodłowym "Tisovik" oraz w sztucznych drzewostanach i kępach jodłowych w Puszczech: Białowieskiej (Gryka 2013), Boreckiej (Rydzewski 2013) i Romińskiej (Fiecko 2013), wynika, że siewki z naturalnego odnowienia nie są uszkodzane przez przymrozki wiosenne. Natomiast w uprawach prawie wszystkie sadzonki jodły są w mniejszym lub większym stopniu uszkodzane przez takie przymrozki. Szczególnie mocno są uszkodzane sadzonki w pierwszych czterech latach rozwoju w uprawie. Po tym okresie przeżywalność jodły stabilizuje się na mniej więcej stałym poziomie.

Wyniki analizy wzrostu i rozwoju potomstwa 20 rodów jodły pospolitej z rezerwatu „Tisovik” na uprawie zachowawczej w Nadleśnictwie Hajnówka wykazały, że gatunek ten w Puszczy Białowieskiej na siedlisku Lśw rozwija się prawidłowo i charakteryzuje się dobrymi parametrami wzrostowymi. Wskaźnik odziedziczalności rodowej jodły jest wysoki, co wskazuje na znaczne możliwości w doskonaleniu cech hodowlanych.

Potwierdzają to również badania Gončarenki i Savickijja (2000). Na podstawie niniejszych badań można stwierdzić, że należy wyselekcjonować najcenniejsze drzewa spośród 20 jodeł, a mianowicie jodły o nr 1, 3 i 17 które charakteryzowały się największym polimorfizmem (Gončarenko, Savickij 2000). Wartości te nie odbiegają od danych w literaturze podawanych dla pochodzeń jodły (Skrzyszevska 1999, 2003). Wskazują one na duże możliwości ulepszania cech wzrostowych przez selekcję najlepszych rodów.

Poziom zmienności genetycznej potomstwa jodły z „Tisovika” jest niski w porównaniu z innymi populacjami tego gatunku (Pawlaczyk, Bobowicz 2011).



Rycina 3. Wskaźniki jakości hodowlanej rodów jodły pospolitej w uprawie JD94 (kwatery II i kwatera III) w latach 2004, 2006 i 2010
 Figure 3. The index of breeding values of the silver fir families in tillage Jd94 (Quartier II and Quartier III) in the years 2004, 2006 and 2010.

Tabela 7. Analiza wariancji cech 15-letnich rodów jodły w uprawie Jd94 (wysokość, pierśnica, grubość w szyi korzeniowej)
 Table 7. Analysis of variance of the characters of the 15-year-old fir families in tillage Jd94 (the height, DBH, the root collar diameter)

Cecha Feature	Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of Squares	Średni kwadrat Mean Square	F	p
Wysokość / Height	ród / family	18	861804	47878	4.519	1.03e-09 ***
	błąd / residual	1420	15043350	10594		
Pierśnica / DBH	ród / family	18	19619	1089,9	3.686	3.2e-07 ***
	błąd / residual	1124	332328	295,7		
Grubość w szyi korzeniowej Root collar diameter	ród / family	14	22990	1642,1	4.565	6.93e-08 ***
	błąd / residual	592	212952	359,7		

Tabela 8. Wskaźniki odziedziczalności indywidualnej (h_i^2) i rodowej (h_R^2) wyliczone na podstawie danych pomiarowych z uprawy Jd94 (kwatery II i III łącznie) wykonanych w 2010 r.

Table 8. Single (h_i^2) and progeny (h_R^2) tree heritability enumerated on the ground given of measuring in 2010 on the tillage Jd94 (Quartier II and Quartier III)

Cecha Feature	Komponent wariancji Variance component of		Odziedziczalność indywidualna Single heritability		Odziedziczalność rodowa Progeny heritability	
	rodowej progeny	błędu error	h_i^2	błąd error	h_R^2	błąd error
Wysokość Height	Be	10589,2	0,173	0,0739	0,764	0,0806
Pierśnica DBH	13,6823	295,45	0,177	0,0801	0,769	0,084
Grubość w szyi korzeiowej Root collar diameter	39,7195	371,918	0,386	0,1744	0,885	0,0509

Na terenie Polski północno-wschodniej jodła rozwija się bardzo dobrze. Tezę tę potwierdza również wzrost pojedynczych drzew i małych kęp jodeł posadzonych na początku XX wieku w Puszczy Boreckiej i Rominckiej (Fiećko 2013; Rydzewski 2013).

5. Wnioski

Z przedstawionych powyżej rozważań wynika, że jodła prawidłowo rozwija się na siedliskach Lśw i LMśw Polski północno-wschodniej.

Jodła z rezerwatu „Tisovik” ze względu na jej zróżnicowanie genetyczne, intensywne obradanie, dobre parametry wzrostu, dobry stan zdrowotny oraz jej rodzime naturalne pochodzenie zasługuje na szczególną uwagę, a uprawy pochodne należy zakładać nie tylko w Puszczy Białowieskiej, ale również na obszarach nizinnych Polski i Białorusi.

Należy również uznać za materiał podstawowy (LMP) do wykorzystania jako bazę nasienną dwa drzewostany jodłowe w oddz. 453 Aa (97 drzew) i w oddz. 498 Cg (34 drzewa) Nadleśnictwa Białowieża, ze względu na sprawdzone walory hodowlane oraz intensywne odnawianie się tego gatunku. Ogrodzoną powierzchnię w oddz. 453 Aa należy zwiększyć z 0,25 ha do 1,0 ha celem ochrony naturalnie powstających nalotów jodłowych.

Przy kolejnej nowelizacji zasad hodowli lasu należy rozszerzyć zasięg wprowadzania jodły pospolitej, obejmując nim krainy przyrodniczo-leśne Bałtycką i Mazursko-Podlaską. Do zakładania upraw jodłowych na tych obszarach należy wykorzystać populacje jodły pospolitej rosnące przy wschodniej granicy występowania na terenach nizinnych i podgórskich.

Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania

Składam serdeczne podziękowania dr hab. inż. Janowi Kowalczykowi z Zakładu Genetyki i Hodowli Lasu Instytu-

tu Badawczego Leśnictwa za wykonane analizy statystyczne. Dziękuję absolwentom Zamiejscowego Wydziału Leśnego Politechniki Białostockiej inżynierom: Joannie Osipiuk, Anatolowi Dmitruk, Marcinowi Dudzie, Józefowi Fiećko, Markowi Gryce, Marcinowi Kazimierukowi i Zbigniewowi Rydzewskiemu, za współpracę w pracach polowych. Dziękuję również panu Michałowi Smykowi z Zamiejscowego Wydziału Leśnego Politechniki Białowieskiej w Hajnówce za pomoc techniczną.

Literatura

- Dmitruk A. 2007. Zachowanie zasobów genowych reliktovej populacji jodły pospolitej w Puszczy Białowieskiej na podstawie analizy wzrostu i rozwoju sadzonek w uprawie zachowawczej w oddziale 416 Ag Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 75 s.
- Duda M. 2005. Zachowanie zasobów genowych reliktovej jodły pospolitej w Puszczy Białowieskiej na podstawie analizy i rozwoju sadzonek w uprawie zachowawczej. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 89 s.
- Fiećko J. 2013. Jakość hodowlana 20-letniej jodły pospolitej w uprawie doświadczalnej w oddz. 414a Nadleśnictwa Gołdap. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 65 s.
- Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R., Thompson R. 2009. ASReml User Guide Release 3.0 VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK, www.vsn.co.uk [1.03.2014].
- Gončarenko G.G., Savickij B.P. 2000. Populacionno-genetičeskie resurcy pihty beloј v Belarusi. Gomel, Instytut Lesa, Nacionalnaĭ Akademia Nauk Belarusi, 121 s.
- Gryka M. 2013. Jakość hodowlana 18-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie doświadczalnej w oddz. 416 Ag Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 106 s.
- Kazimieruk M. 2011. Jakość hodowlana 15-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie doświadczalnej w oddziale 416 Cf (kwatery III) Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 44 s.

- Korczyk A. F., Kawecka A., Martysevič V. V., Strelkov A. Z. 1997. Naturalne stanowisko jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Puszczy Białowieskiej. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A* 837: 29–61.
- Korczyk AF. 1999. Ocena wartości genetycznej i hodowlanej naturalnych populacji jodły Pospolitej (*Abies alba* Mill.) ze wschodniego zasięgu w Polsce. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* 339: 155–170.
- Osipiuk J. 2012. Ocena jakości hodowlanej 15-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie zachowawczej w oddz. 416 Cf (kwateryra II) Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 71 s.
- Pawlaczyk E., Bobowicz M. 2011. Zmienność potomstwa jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwaty Tisovik w uprawie doświadczalnej wyrażona w mikrosatelitarnym chloroplastowym DNA (cpDNA), w: *Planta in vivo, in vitro et in silico*: z Mazowsza na Polesie i Wileńszczyznę: różnicowanie i ochrona szaty roślinnej pogranicza Europy Środkowej i Północno-Wschodniej: monografia sesji terenowych LV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego *Planta in vivo, in vitro et in silico* Warszawa, 6–12 września 2010. Warszawa: Polskie Towarzystwo Botaniczne. Zarząd Główny.
- R Development Core Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Rydzewski Z. 2013. Jakość hodowlana 20-letniej jodły pospolitej w uprawie doświadczalnej w oddz. 245c w Nadleśnictwie Czerwony Dwór. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, 61 s.
- Skrzyszevska K. 1999. Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym Jd PL 86/90. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa* 61: 43–66.
- Skrzyszevska K. 2003. Zmienność jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w doświadczeniach proweniencyjnych Jd PL 86/90. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa* 398, 88: 121–128.
- Szeligowski M. 2006. Analiza wybranych cech jodły pospolitej różnych pochodzeń w wieku 21 lat na terenie LZD w Rogowie. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Forest and Wood Technology* 60: 95–104.
- Szeligowski M., Bolibok L., Burczyk W., Drozdowski S. 2011. Analiza wybranych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na powierzchniach proweniencyjnej w Rogowie. *Leśne Prace Badawcze* 72(3): 225–231.

The ancestral conservative tillage of silver fir in the ‘Tisovik’ reserve of the Białowieża Primeval Forest

Adolf F. Korczyk

Białystok University of Technology, Faculty of Forestry in Hajnówka, ul. Piłsudskiego 8, 17–200 Hajnówka, Poland.

Tel. +48 694 056 850, e-mail: adolfkorczyk@gmail.com

Abstract. The ‘Tisovik’ reserve, located in the Belarusian part of the Białowieża Forest, holds an isolated relic stand of silver fir, situated 120 km to the north-east of the main forest. In order to preserve this relic fir stand, an ancestral conservative tillage consisting of the Jd 92 trial (plot I) and the Jd 94 trial (plots II and III) was established between 1992 and 1994 in the Polish part of the Białowieża Forest on the territory of the Hajnówka Forest District. The growth and development of the progeny of 20 firs were characterized by means of long-term observations made in these trials. In 2000 (at the age of 18), the firs in the Jd 92 trial (plot I) reached an average height of 394.86 cm with a mean diameter at breast height of 42.42 mm and the average rate of survival amounted to 75%. In the Jd 94 trial, the rate of fir survival on plot II was 70% (at the age of 15) with an average height of 277.08 cm and a diameter at breast height of 36.62 mm, while on plot III only 50 trees with an average height of 198.6 cm and a diameter at breast height of 24.49 mm survived. The results of this study show that the fir progeny in the ‘Tisovik’ reserve is of high breeding value. Therefore, the silver fir seed stock of the ‘Tisovik’ reserve is suitable for the establishment of new plantations in the Polish part of the Białowieża Forest and the Mazury-Podlasie Region.

Keywords: *Abies alba* Mill., progeny test, Białowieża Primeval Forest, Poland

1. Introduction

The ‘Tisovik’ reserve located in the Belarusian part of the Białowieża forest holds an isolated relic stand of silver fir, located 120 km north-east of the main forest. From 1992–1994, an ancestral conservative tillage was established in the Polish part of the Białowieża primeval forest, consisting of the trials: Jd 92 (plot I) located in comp. 416 Ag and Jd 94 (plots II and III) in comp. 416 Cf in the territory of the Hajnówka forest district. The aim of the experiment was to:

- 1) preserve the gene pool of this relic fir population,
- 2) evaluate its breeding value,
- 3) establish a seed source in the future.

2. Methods

The planting material consisted of the fir seedlings raised from the seeds of 11 firs (Jd 92) collected in October 1992 and from 20 firs (Jd 94) collected in autumn 1994 in the ‘Tisovik’ reserve.

Site preparation

A fragment of the fresh deciduous forest habitat (Lśw) with three cut patches was selected for the establishment of the plantation, comprising the adjacent forest compartments 416 Ag and 416 Cf in the territory of the Wilczy Jar forest subdistrict, the Hajnówka forest district, the Białowieża primeval forest. The geographical position of the stand is determined by the coordinates: E 23°39’16”, N 52°42’30”.

The soils are Eutric Cambisols and Epdystric Cambisols on loamy sands. Birch with an average age of 78 years (40%), oak with an average age of 55 years (30%) and hornbeam with an average age of 35 years (20%) dominate the species composition of the stand. The ancestral conservative tillage consists of three sites - 0.22 ha plots, separated by 30 m-wide tree belts (Fig. 1). The whole area of the ancestral conservative tillage comprising the Jd 92 and Jd 94 trials was fenced.

Received: 5.03.2014, reviewed: 8.08.2014, accepted: 29.09.2014.

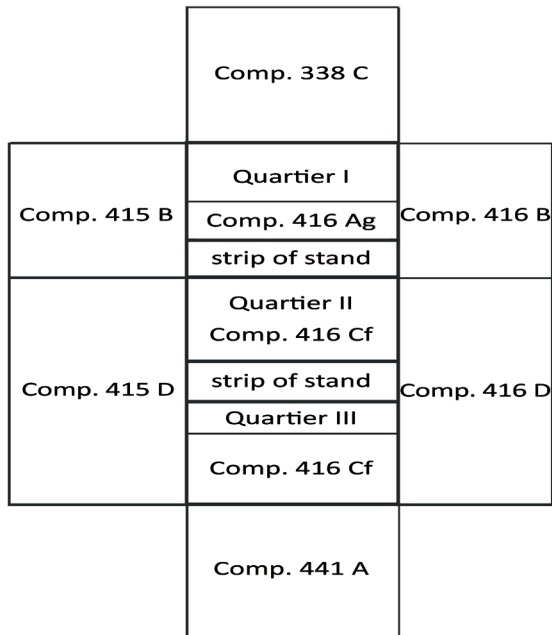


Figure 1. The sketch of the distribution of quarters on the fir-tillage in the Forest District Hajnówka

Fir planting

Jd 92. 4-year-old fir seedlings were planted in October 1996 at a spacing of 1.3×1.0 m on plot I, comp. 416 Ag. Firs from each tillage were planted in a separate row, the beginning and the end of which was marked with a pole with the tillage number on it. Because of the uneven number of seedlings, the individual families were planted in one or more rows.

Jd 94. The well-developed 3-year-old fir seedlings were planted in autumn 1998 in two replications (plots II and III) in comp. 416 Cf, the Hajnówka forest district.

Measurements and the assessment of performance of fir seedlings in the plantation

Field studies were conducted in the years 2000, 2004, 2006 and 2010. The following measurements were made:

- tree height (cm) with an accuracy of max. 0.5 cm,
- tree diameter at breast height (mm) with an accuracy of max. 0.1 mm,
- root collar diameter (mm) with an accuracy of max. 0.1 mm.

The axial growth of firs was assessed according to the stem quality index:

- 1 – a properly developed stem,
- 2 – a leader growing out of the lateral shoot,
- 3 – a stem with a multi-shoot top (without a leader).

Fir survival (the percentage of live fir seedlings) in individual families was determined in a given measurement year.

Frost damage to fir seedlings was assessed only in 2000, in the Jd 92 trial according to the following scale:

- 1 – frozen leader,
- 2 – frozen lateral shoots,
- 3 – frozen whole plant.

The percentage of each type of frost damage was given for each tillage.

Statistical analysis

The overall mean values for individual traits were calculated. On the basis of the overall means and the standard deviation, as well as on the basis of the means for individual families, the standardisation of traits of silver fir was performed in both trials and for each measurement year.

The standardisation of measurements of individual traits was performed according to the formula:

$$z_n = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \quad [1]$$

where:

- x_i – i th measurement result (observed value of the variable),
- \bar{x} – arithmetic mean of the measurement in the analysed set,
- S – standard deviation of the measurement in the analysed set,
- z_n – value of the n th trait in standardised units,

On the basis of the standardised data, the breeding value index for individual families (H_R) was calculated according to the following formula:

$$H_R = \frac{z_1 + z_2 + \dots + z_n}{n} \quad [2]$$

where:

- H_R – breeding value index of the tillage,
- $z_{1..n}$ – the value of the n trait in standardised units,
- n – number of traits.

The calculated breeding value indices allow comparing individual tillages.

The statistical analysis of the measured and evaluated traits of silver fir was performed using the statistical package 'R' (R Development Core Team 2011) and the programme ASReml (Gilmour *et al.* 2009). The measured and evaluated traits were analysed according to the following formula:

$$\text{Trait value} = \mu + R_n + E_n \quad [3]$$

- μ – overall mean for the trial,
- R_n – random effect of the n tillage,
- E_n – error of the trial.

Assuming a random design of the experiment, the heritability for the families from open pollination was calculated according to Wright's formulas (1976):

Family heritability:

$$h_R^2 = \frac{\sigma_R^2}{\left(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_R^2\right)} \quad [4]$$

Individual heritability:

$$h_i^2 = \frac{4\sigma_R^2}{\sigma_R^2 + \sigma_E^2} \quad [5]$$

where:

n – mean number of trees in the tillage,

σ_E^2 – component of the error variance,

σ_R^2 – component of the tillage variance.

The error of heritability was calculated using the AsReml programme (Gilmour *et al.* 2009) according to the following formula:

$$SEh^2 = \left(\frac{\sigma_n^2}{\sigma_d^2}\right)^2 \left(\frac{Var(\sigma_n^2)}{\sigma_n^4} + \frac{Var(\sigma_d^2)}{\sigma_d^4} - \frac{2Cov(\sigma_n^2\sigma_d^2)}{\sigma_n^2\sigma_d^2}\right) \quad [6]$$

where: σ_n^2 and σ_d^2 indicate, respectively, the variance of the numerator and denominator in the formula of heritability.

3. Results

Survival and ground frost damage

The survival of seedlings in 2000 was found to be relatively high. The average percentage of live firs in individual ancestral conservative tillage ranged from 97.5% (8-year-old firs) to 98.8% (5-year-old firs; Table 1).

The year 2004 saw a marked decrease in the survival of fir, both within and between individual families. In the Jd 92 trial (plot I), the survival of seedlings was 81.1%, while in the Jd 94 trial, the average survival of seedlings was 59.8% (67.5% on plot II, 52.1% on plot III; Table 1).

The observations carried out in 2006 and 2010 showed that in the Jd 92 and the Jd 94 trial, only 3.4 and 3%, respectively, of the plants had not survived. It was also noted that some families showed a high survival rate. This group included the families: No. 1 (plot I and III), No. 16 (plot I), and Nos. 7 and 21 (plot II) (Table. 1).

Individual plants or groups of plants in the central part of the area were damaged by frost. There was no clear relationship between the height of the plants and the level of frost damage (Table 2). Differences between the families were very clear: firs of the families: 4 (31%), 5 (23%) and 17 (22%) proved to be the most susceptible to frost, while the families: 1, 16 and 21 (Table. 2) revealed the highest frost resistance.

Axial growth

Before 2006, a marked increase in the percentage of fir seedlings with a well-developed leader was recorded. The year

2010 saw an increase in the percentage of firs with a secondary leader, especially on plot III (Table 3). The response of individual fir families to the factors causing disturbances in the axial growth of plants (stem deformation) varied considerably.

Height and diameter growth

The results of the measurements of height growth traits of firs in the years 2000, 2004, 2006 and 2010 are given in Tables 4, 5 and 6. The studied population of silver fir featured a high variation in the growth traits within individual families, which was the result of tree freezing. The differences in the mean values for families and the overall means for the examined population on plots were less clear. The difference in the growth rate of firs on individual plots was another characteristic of the ancestral conservative tillage. Despite the relatively similar habitat conditions in the whole plantation area, the best growth conditions for firs were in the Jd 94 trial on plot II, while the poorest - on plot III (Tables 5 and 6).

Jd 92 trial

The average height of firs (8-year-old; 4 years in the plantation) in 2000 was 54.46 cm with small differences between families. On the other hand, the differences in the height of the trees within individual families were very large (Table. 4). The correlation between the height and root collar diameter of the plants was explicit. Firs from the families: Nos. 15, 17 and 2 proved to be the best in terms of the breeding value, while firs from the tillage No. 4 were clearly the worst (Fig. 2).

In 2004, the overall mean height of the firs (12 years of age) was 120.26 cm, and the average height for the families ranged from 94 to 143 cm (Table 4). The differences in the height within individual families were very large.

In 2004, the overall mean diameter of the firs measured at the root collar was 24.38 mm, and the means for the families ranged from 17.24 to 30.33 mm (Table 4). The differences between individuals within families were very large (Table 4).

In 2006, the average height of the firs was larger by approximately 81 cm compared to the previous measurements and amounted to 201.13 cm on average. The mean for the families ranged from 163.60 to 227.33 cm (Table 4, Fig. 3).

In terms of the breeding quality (H_R), the ordering of families was similar as in 2004. (Fig. 2).

The 2010 measurements showed a 193-cm increase on average in the height of the firs beginning from 2006, which for the fir population on plot I amounted to 394.86 cm. The average height for the families ranged from 301.89 to 463.28 cm. The differences in the height of the trees within individual families were still large (Table 4).

The average annual height growth of the firs in the period 2000–2004 was about 9 cm per year; in the period 2005–2006 – about 40 cm; and in the period 2007–2010 - about

Table 1. Surviving (%) of the Silver fir in the tillage Jd92 (Quartier I) and the tillage Jd94 (Quartier II and III) in the compartment 416 Ag / 416 Cf the Hajnówka Forest District

No.	Quartier I				Quartier II				Quartier III						
	family No.	planted X 1996	% of living seedlings		family No.	planted X 1998	% of living seedlings		family No.	planted X 1998	% of living seedlings				
			X 2000	IX 2004			V 2006	X 2010			X 2000	IX 2004	V 2006	X 2010	X 2000
1	1	3	100	100	100	100	63	63	63	9	100	100	100	100	
2	2	336	97	75	74	71	98	86	86	24	88	25	25	25	
3	3	75	74	54	51	49	100	88	88	2	98	25	25	25	
4	4	70	100	84	84	84	90	84	84	4	98	68	68	68	
5	5	258	90	65	65	60	100	82	82	5	96	30	20	20	
6	6						100	86	82	6	94	52	52	52	
7	7						100	100	100	7	99	50	50	50	
8	8						104	81	73	8	97	53	53	53	
9	9						50	36	35	9	88	49	49	49	
10	11	66	100	92	88	79	48	39	39	11	98	55	55	55	
11	12	38	97	79	71	53	47	36	36	12	93	89	87	67	
12	12						41	25	21	13	53	36	36	36	
13	15	333	100	87	86	86	100	82	82	15	75	100	33	33	
14	16	18	100	94	94	94	50	68	62	16	100	96	41	41	
15	17	327	100	81	81	81	50	54	50	17	101	100	65	64	
16	16						93	57	48	18	74	97	55	55	
17	21	27	100	81	74	74	17	100	100	22	50	46	40	38	
18	18						32	84	84	23	94	46	40	38	
19	19						16	50	50	23	96	38	38	38	
20	20						39	49	38	29	56	38	38	38	
Total		1551					1166				1279				
%		100	97.5	78.5	77.4	75.0	100	98.8	75.9	73.0	100	96.3	51.8	51.0	50.0

Table 2. The proportional schedule of the fir stem quality in years 2000, 2004, 2006, 2010 in the tillage JD92 (Quarter I) and the % of frost damages in 2000 (thickened numbers between parentheses)

No.	Fa- mily No,	2000			frosted %	2004			2006			2010					
		8-year-old firs				12-year-old firs			14-year-old firs			18-year-old firs					
		#	stem quality			#	stem quality		#	stem quality		#	stem quality				
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		
1	1	3	100		3	100		3	98	2		3	67	33			
2	2	325	62(5)	7(3)	31(10)	18	76	19	5	247	98	1	1	238	86	12	2
3	3	74	77(4)	7(1,5)	16(1,5)	7	89	9	2	51	98	2		49	98	2	
4	4	70	67(10)	10(10)	23(11)	31	90	8	2	59	98			59	93	7	
5	5	233	64(9)	9(5)	27(9)	23	79	14	7	167	95	1	4	154	83	12	5
10	11	66	75(3)	1	24(10)	13	97	3		58	93	2	5	52	90	8	2
11	12	37	69(4)	9	22	4	83	10	7	27	100			20	90	5	5
13	15	333	59(2)	5(3)	36(12)	4	66	29	5	286	97	2	1	286	85	14	1
14	16	18	69	6	25		82	18		17	100			17	94	6	
15	17	327	66(9)	11(4)	23(9)	22	80	12	8	265	96	2	2	265	85	11	4
17	21	27	63	12	25		77	18	5	20	90%		10	20	85	10	5
Average			70	7	23		84	12	4		96	2	2	1163	87	11	2
Total		1513				1220				1200				1163			

Table 3. The proportional schedule of the stem quality of the silver fir in 2004, 2006 and 2010 in the tillage Jd94 (Quartier II and III)

No.	Fa- mily No.	Quartier II									Kwaterna III / Quartier III												
		2004 9-year-old firs			2006 11-year-old firs			2010 15-year-old firs			2004 9-year-old firs			2006 11-year-old firs			2010 15-year-old firs						
		n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3	n	1	2	3	n	1
1	1	15	93	7	15	93	7	15	87	13	9	67	33	9	91	9	9	78	22				
2	2	51	94	2	4	51	94	2	4	47	75	25	6	100	6	66	17	6	67	33			
3	3	82	92	4	4	82	96	4	78	93	6	1	84	72	4	84	88	6	84	83	17		
4	4	113	92	8	113	96	4	79	92	4	4	15	73	27	10	90	10	10	50	40	10		
5	5	79	100		41	96	4	38	94	3	3	26	65	8	26	96	4	26	77	19	4		
6	6	43	97	5	2	43	96	4	1	100		50	68	12	50	84	10	6	50	88	10	2	
7	7	23	100		23	96	4	73	85	1	14	66	63	11	66	97%	3	66	73	24	3		
8	8	81	94	6	73	98	2	35	91	9	9	53	71	6	53	70	15	15	53	79	15	6	
9	9	36	89	11	39	87	13	38	87	3	10	68	73	1	68	93	4	3	68	86	13	1	
10	10	39	87	10	3	36	97	3	36	94	3	3	49	80	20	48	88	4	37	84	13	3	
11	11	36	91	6	3	21	90	10	21	91	9	19	85	5	10	19	100		19	58	42		
12	12	25	96	4	82	95	4	1	71	94	3	3	25	52	4	25	100		25	68	28	4	
13	13	82	94	6	31	87	3	10	27	100		41	64	2	41	81	12	7	41	83	15	2	
14	14	34	91	9	25	76	16	8	19	100		66	71	2	65	83	8	9	65	77	18	5	
15	15	27	96	4	45	98	2	2	45	96	2	2	41	59	41	41	97	3	41	71	27	2	
16	16	53	92	6	17	88	12		17	82	18	23	70	4	20	90	10	19	90	10			
17	17	17	76	24	27	96	4	8	8	88	12	6	100		21	86	14	21	86	14			
18	18	27	96	4	15	87	13		27	93	7	15	100%		88	5	7	76	22	2			
19	19	8	62	38	8	88			6	100		21	61	10	29	21	86	14	21	86	14		
20	20	19	84	11	5	15	87	13	15	100%		21	61	10	29	21	86	14	21	86	14		
Average		91%	8	1	92	4	4		92	5	3	72	4	24	88	5	7	76	22	2			
Total		890			858				801			662			652			640					

Table 4. The characteristics of the development of the silver fir in the years 2000, 2004, 2006, 2010 in tillage Jd92 (Quartier I), compartment 416 Ac, in compartment 416 Ag, Hajnówka Forst District

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality* $\bar{x} \pm SD$	H_R	DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2000 : 8-year-old firs						
1	55.5±0	10.5±0	1.70±0	-0.10	-	-
2	54.02±23.16	11.32±3.68	1.69±1.01	0.05	-	-
3	51.82±26.04	11.49±3.8	1.4±0.86	-0.34	-	-
4	40.98±25.28	8.03±3.84	1.56±0.86	-1.50	-	-
5	52.85±21.63	10.54±3.5	1.64±0.88	-0.26	-	-
11	51.37±25.42	10.58±3.75	1.5±0.86	-0.47	-	-
12	55.19±25.1	10.48±3.81	1.52±0.85	-0.31	-	-
15	53.59±31.44	11.43±3.85	1.78±0.95	0.17	-	-
16	52.38±24.95	10.51±3.3	1.56±0.89	-0.38	-	-
17	58.88±29.18	11.93±4.04	1.58±0.84	0.28	-	-
21	48.86±24.95	10.4±3.79	1.63±0.85	-0.46	-	-
Average	54.46±24.82	11.25±3.78	1.65±0.85		-	-
2004 : 12-year-old firs						
1	142.67±21.64	30.33±5.73	1.00±1	0.57	-	-
2	122.57±46.76	24.47±9.38	1.29±0.56	0.08	-	-
3	123.01±43.21	24.48±9.12	1.15±0.45	-0.07	-	-
4	93.91±43.34	17.24±8.18	1.19±0.52	-1.31	-	-
5	109.49±44.9	21.11±8.04	1.27±0.59	-0.38	-	-
11	125.02±43.05	25.15±10.06	1.16±0.45	-0.03	-	-
12	135.05±52.2	25.11±10.39	1.26±0.65	0.35	-	-
15	120.79±48.77	26.19±10.15	1.35±0.56	0.32	-	-
16	116.47±39.54	22.38±7.76	1.19±0.4	-0.30	-	-
17	129.32±49.74	25.8±9.86	1.28±0.6	0.34	-	-
21	100.91±45.5	21.09±9.65	1.32±0.57	0.01	-	-
Average	120.26±47.76	24.38±9.71	1.28±0.56		-	-
2006 : 14-year-old firs						
1	186.17±70.7	30.89±10.34	1.1±0.41	-0.32	-	-
2	204.00±66.5	34.52±11.25	1.03±0.19	0.02	-	-
3	195.29±62.87	32.02±10.19	1.02±0.14	-0.35	-	-
4	164.81±67.72	28.13±12.11	1.04±0.27	-1.04	-	-
5	186.17±70.7	30.89±10.34	1.1±0.41	-0.32	-	-
11	209.37±67.96	31.95±9.38	1.17±0.54	0.31	-	-
12	227.33±62.06	33.08±9.53	1±0	0.13	-	-
15	203.06±72.95	35.11±12.87	1.05±0.27	0.12	-	-
16	197.76±50.09	28.8±9.09	1±0	-0.65	-	-
17	214.26±74.15	35.82±12.64	1.08±0.36	0.42	-	-
21	163.60±80.95	25.91±13.41	1.2±0.62	-0.74	-	-
Average	201.13±70.98	33.72±11.98	1.06±0.32		-	-

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality* $\bar{x} \pm SD$	H_R	DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2010 : 18-year-old firs						
1	397.17±80.54	62.33±17.62	1.33±0.58	0.37	44.33±12.06	0.46
2	414.10±148.77	65.76±29.95	1.16±0.41	0.21	44.33±12.06	0.30
3	391.38±99.93	60.10±24.11	1.02±0.14	-0.45	46.29±25.11	-0.27
4	301.89±150.57	42.97±23.88	1.10±0.30	-1.46	42.35±18.95	-1.47
5	354.68±136.83	52.62±25.15	1.23±0.53	-0.48	27.85±20.36	-1.18
11	394.89±124.43	60.65±26.10	1.12±0.38	-0.18	36.60±21.86	-0.49
12	463.28±98.95	69.85±23.27	1.15±0.49	0.67	43.37±20.96	0.71
15	396.13±146.62	66.39±31.28	1.18±0.43	0.15	52.50±19.59	0.63
16	385.00±111.29	53.06±20.50	1.06±0.24	-0.64	44.47±25.89	-0.54
17	420.36±147.93	67.76±31.18	1.20±0.50	0.41	36.88±17.57	0.15
21	341.68±164.37	54.80±31.51	1.20±0.52	-0.55	49.53±26.45	-0.21
Average	394.86±145.74	62.69±29.81	1.17±0.44		42.42±20.88	

Table 5. The characteristics of the development of the silver fir in the years 2004, 2006, 2010 in the tillage Jd94 (Quartier II), in compartment 416 Cf Hajnówka orest District

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality \bar{x}	H_R
2004 : 9-year-old firs				
1	65.00±19.03	12.13±3	1.13	0.60
2	64.40±19.67	14.03±5.91	1.04	-0.57
3	62.00±26.21	13.31±4.27	1.11	-0.57
4	80.45±29.23	15.21±5.02	1.08	0.33
5	82.85±26.19	17.86±8.6	1.01	0.65
6	93.44±36.05	20.26±7.24	1.09	1.67
7	86.00	17.00	1	0.60
8	86.72±27.68	19.25±5.42	1.06	1.17
9	63.36±20.68	15.35±4.11	1.11	-0.18
11	79.30±29.08	15.46±4.91	1.16	0.57
12	72.97±2.17	15.14±4.2	1.11	0.14
13	68.08±31.48	14.50±5.87	1.04	-0.36
15	62.16±17.59	14.16±3.45	1.06	-0.57
16	52.06±16.53	11.07±3.29	1.14	-1.21
17	62.26±22.8	13.46±4.35	1.04	-0.74
18	69.96±28.7	13.00±4.5	1.11	-0.33
21	56.75±25.28	14.03±5.33	1.25	-0.93
22	63.61±20.23	12.48±2.69	1.06	-0.80
23	50.50±20.28	11.88±2.13	1.38	-0.4
29	62.68±27.5	13.26±3.74	1.21	-0.19
Average	71.34±27.65	15.05±5.98	1.09	
2006 : 11-year-old firs				
1	117.13±29.19	23.51±5.27	1.13	-0.25
2	107.76±31.04	21.93±6.58	1.1	-0.72

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality \bar{x}	H_R
3	103.02±40.91	21.8±7.72	1.04	-1.00
4	150.31±48.67	27.96±8.21	1.05	0.77
5	139.38±43.12	29.26±10.23	1	0.54
6	164.32±54.69	28.42±9.31	1.05	1.12
7	149.74±47.17	28.9±9.05	1.04	0.84
8	157.75±46.65	27.61±7.3	1.02	0.97
9	113.94±33.75	22.89±8.48	1.23	-0.64
11	132.36±48.72	23.39±7.45	1.13	0.06
12	130.36±39	22.95±6.86	1.03	0.05
13	127.52±50.7	23.38±8.66	1.19	0.14
15	119.51±31.04	22.8±6.58	1.06	-0.30
16	98.1±35.84	18.69±6.29	1.23	-1.30
17	113.76±40.69	20.97±6.83	1.32	-0.07
18	138.17±45.88	26.26±8.36	1.06	0.33
21	111±48.49	20.15±7.63	1.17	-0.66
22	139.67±22.37	26.06±7.6	1.08	0.40
23	90.5±29.54	19.07±6.04	1.25	-1.00
29	115.4±51.54	22.77±7.32	1.27	0.70
Average	128.52±46.96	24.48±8.36	1.09	
2010 : 15-year-old firs				
1	315.67±116.8	40.73±22.58	1.4	0.31
2	222.9±80.46	26.46±12.77	1.3	-0.92
3	238.95±87.16	28.3±15.27	1.09	-0.66
4	296.49±95.21	38.21±17.15	1.18	0.11
5	281.81±97.37	35.22±17.64	1.16	-0.05
6	339.76±97.77	46.94±22.18	1.13	1.17
7	252.00±0	32.10±0	1	-0.81
8	322.66±86.05	44.56±16.27	1.29	1.14
9	275.03±95.45	39.83±15.18	1.17	0.16
11	299.16±78.81	39.02±16.84	1.29	0.58
12	277.72±88.95	37.67±16.41	1.19	0.10
13	246.81±114.6	30.87±23.1	1.29	-0.44
15	259.99±79.97	33.17±13.78	1.07	-0.33
16	234.41±85.73	32.44±15.41	1	-0.97
17	251.21±104.2	37.04±15.64	1	-0.54
18	296.93±88.59	39.55±14.45	1.07	0.21
21	223.41±93.63	28.16±17.42	1.53	0.42
22	248.74±84.88	35.03±17.47	1.22	-0.03
23	266.67±96.73	36.2±21.57	1	-0.42
29	272.6±123.2	45.87±18.63	1	0.19
Average	277.08±95.9	36.62±17.5	1.17	

Table 6. The characteristic of the development of the silver fir in the years 2004, 2006, 2010 in the tillage Jd94 (Quartier III), in compartment 416 Cf Hajnówka Forest District

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality $\bar{x} \pm SD$	H_R	DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2004 : 9-year-old firs						
1	45.71±14	11.43±2.07	1.86±1.07	0.30	-	-
2	49.33±20.55	13.00±3.00	1.00±0	-0.76	-	-
4	62.42±35.28	15.22±8.81	1.56±0.88	0.34	-	-
5	33.07±9.55	8.47±2.05	1.53±0.92	-1.76	-	-
6	49.92±17.38	12.04±2.90	1.75±0.94	0.12	-	-
7	56.08±27.33	14.54±4.87	1.63±0.87	0.50	-	-
8	45.63±17.66	12.65±3.80	1.68±0.89	-0.27	-	-
9	52.61±23.29	15.71±6.22	1.53±0.86	0.48	-	-
11	46.12±18.24	13.77±4.93	1.62±0.92	0.08	-	-
12	52.08±19.19	14.58±3.92	1.60±0.93	0.31	-	-
13	43.94±13.31	12.56±3.42	1.28±0.67	0.79	-	-
15	35.56±9.58	10.1±2.32	2.00±1.00	-0.85	-	-
16	48.46±19.21	12.28±3.75	1.69±0.95	0.20	-	-
17	48.62±16.00	13.25±3.47	1.55±0.89	-0.17	-	-
18	53.23 ±22.44	13.08±3.60	1.85±1.00	0.34	-	-
22	42.52±15.69	11.7±3.10	1.57±0.90	-0.69	-	-
29	43.7±14.44	10.1±2.71	1.70±0.92	-0.81	-	-
Average	49.90±22.65	13.34±5.2	1.63±0.92		-	-
2006 : 11-year-old firs						
1	55.11±21.00	13.6±3.50	1.11±0.45	-1.13	-	-
2	68.75±41	15.01±3.68	1.75±0.96	-0.23	-	-
4	105.9±57.12	21.22±9.32	1.19±0.53	0.56	-	-
5	54.6±21.59	13.36±3.53	1.40±0.89	1.41	-	-
6	93.47±27.11	18.03±4.34	1.12±0.49	-0.30	-	-
7	95.89±44.6	21.47±7.83	1.25±0.58	0.46	-	-
8	88.13±29.88	19.34±5.45	1.08±0.38	-0.32	-	-
9	83.7±41.11	22.34±9.34	1.45±0.75	0.63	-	-
11	83.63±35.64	18.2±6.55	1.13±0.44	-0.51	-	-
12	93.87±38.09	20.18±5.95	1.21±0.59	0.15	-	-
13	88.44±26.38	19.14±3.62	1±0	-0.49	-	-
15	67.00±28.16	17.76±3.65	1±0	-1.2	-	-
16	79.68±38.43	17.71±6.59	1.32±0.64	-0.34	-	-
17	83.02±32.12	18.93±6.07	1.33±0.68	-0.07	-	-
18	106.15±37.48	19.48±6.35	1.15±0.55	0.26	-	-
22	75.2±38.68	15.33±5.46	1.27±0.7	-0.87	-	-
29	78.5±24.96	27±3.22	1.17±0.38	-0.85	-	-
Average	89.47±40.86	19.58±7.22	1.23		-	-

Family No.	Height (cm) $\bar{x} \pm SD$	Root collar diameter (mm) $\bar{x} \pm SD$	Stem quality $\bar{x} \pm SD$	H_R	DBH (mm) $\bar{x} \pm SD$	H_R
2010 : 15-year-old firs						
1	155.50±52.68	22.77±8.19	1.44±0.73	-0.84	11.76±5.54	-1.70
2	130.67±78.28	24.16±12.48	1.33±0.52	-1.20	18.50±12.02	-1.60
4	235.54±118.5	40.25±20.83	1.21±0.41	1.10	29.64±15.77	-1.45
5	106.40±49.34	19.90±8.36	1.60±0.7	-1.29	14.50±3.54	-1.96
6	191.85±95.65	34.73±19.15	1.27±0.53	-0.27	25.00±13.44	-0.24
7	212.43±98.83	39.22±20.55	1.14±0.4	-0.64	25.26±16.14	-0.59
8	190.53±98.03	35.02±18.15	1.33±0.54	0.41	23.53±10.78	0.35
9	236.62±103.3	47.79±26.18	1.26±0.57	1.90	30.54±17.33	2.31
11	199.35±95.64	36.54±20.55	1.16±0.41	-0.17	22.04±16.83	-0.05
12	229.31±85.68	44.45±19.32	1.19±0.46	0.22	27.71±14.54	1.92
13	174.74±95.82	31.15±15.92	1.42±0.51	-0.27	20.50±10.44	-0.26
15	112.88±51.85	21.84±6.42	1.36±0.57	-0.91	11.00±4.20	-2.59
16	188.96±89.39	33.26±17.07	1.20±0.46	-0.21	21.37±12.68	-0.40
17	179.81±89.64	34.43±16.62	1.31±0.56	-0.22	21.24±12.34	-0.17
18	209.3±105.6	38.53±22.95	1.32±0.52	0.75	28.39±17.06	1.01
22	202.00±75.78	32.89±13.82	1.11±0.32	-0.28	20.47±11.24	-0.55
29	158.88±58.81	26.38±10.49	1.14±0.36	-1.24	14.83±6.16	-1.89
Average	198.64±99.42	33.14±10.81	1.25±0.49		24.49±14.84	

48 cm per year. During 14 years of their growth in the ancestral conservative tillage, the differences in height growth between families were more pronounced (Table 4).

In 2006–2010, the average root collar diameter increased by 29 mm and was 62.69 mm. The average values for the families ranged from 42.97 to 69.85 mm (Table 4). The diameter of the firs at breast height was measured for the first time. The average diameter at breast height on plot I amounted to 42.42 mm and was 32% smaller than the average root collar diameter (Table 4).

The Jd 94 trial

Despite the relatively similar habitat conditions, the growth of firs on plots II and III differed significantly. The dimensions of the firs on plot II were much larger than on plot III (Tables 5 and 6).

In 2004, the percentage of 9-year-old fir trees with a properly developed leader on plot II (6 years after planting) amounted to 91%, while on plot III it was only 72%. In addition, 24% of trees on plot III had multi-shoot tops (Table 3). As a result, the average height of the firs on plot III was 49.90 cm, and was 30% lower than the height of the trees on plot II (average 71.34 cm; Tables 5 and 6). Similar differen-

ces were found in the growth of the root collar diameter, yet the differences in these growth traits were relatively small between families, while very significant within individual families, regardless of the plot (Tables 5 and 6).

In 2006, the 11-year-old fir trees on plot II reached an average height of 128.52 cm and were 30% higher than the trees on plot III (average height was 89.47 cm). The differences between families were larger than in 2004. The difference in average height of the tillage on plot II was even up to 55% (families No. 23 and No. 6), while on plot III the difference was approximately 51% (families No. 5 and No. 18; Tables 5 and 6). Even greater differences in height were observed within individual families (Tables 5 and 6).

Significantly smaller differences in the growth of the root collar diameter of firs were found between plots (maximum 20%), as well as between and within families. Although the correlation between the height and diameter of firs was maintained, the effect of frost on the growth of the root collar diameter was significantly lower than on the height growth.

In 2010, the fir trees growing on plot II were 29% higher than the trees on plot III (Tables 5 and 6). The average diameter of firs at breast height was 36.62 mm on plot II, and 24.49 mm on plot III (Tables 5 and 6). The root collar diameter of the firs on plot III was additionally measured, because

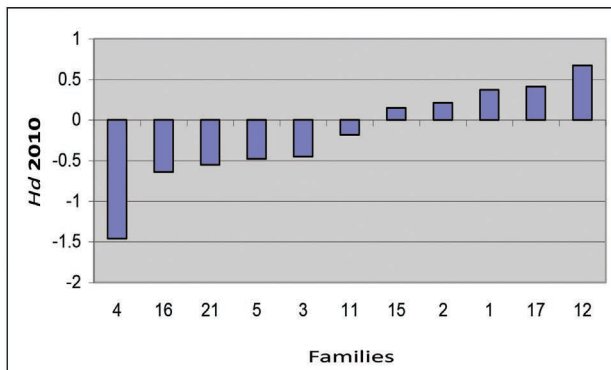
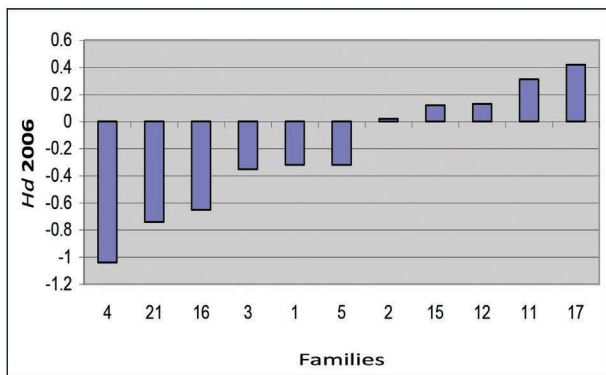
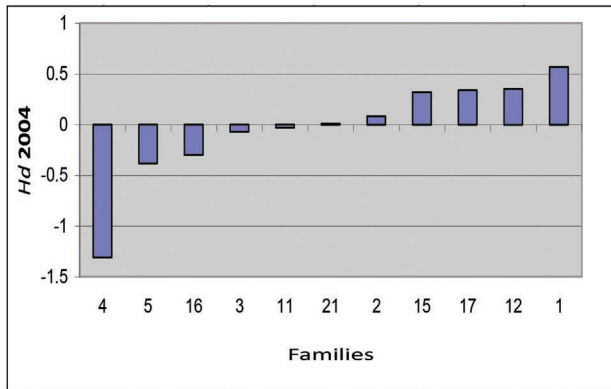


Figure 2. The index of breeding values of the silver fir families in tillage Jd92 in the years 2004, 2006 and 2010

approximately 15% of the trees did not exceed a height of 130 cm (Table 6).

As on plot I, the average differences between fir families on plots II and III were small in all the years in which the measurements were made. However, the differences in the height of firs between families were large and statistically highly significant (Table 7).

Initially, the average annual height growth of fir trees on both plots differed, but the differences disappeared over the years. The average annual height growth on plot II from 2004–2006 was on average approximately 19 cm per year, and from 2007–2010 approximately 27 cm per year. The average annual height growth on plot III from 2004–2006 was approximately 13 cm, and from 2007–2010 approximately 27 cm.

The family breeding value

In 2000, the families Nos. 17, 15 and 2 on plot I (Jd 92 trial) performed best, while the tillage No. 4 showed the lowest breeding value, always occupying the same place in the ranking throughout the study period (Table 4, Fig. 4). In the years 2004, 2006 and 2010, the families 12, 11 and 1 were classified to the group of the best families (Table 4, Fig. 2).

In 2004, the families Nos. 6, 8, 5, 7, 1, 11 and 4 on plot II (Jd 94 trial) performed best, while the families Nos. 16 and 21 showed the lowest breeding value (Table 5). In subsequent measurement years (2006 and 2010), the families Nos. 29 and 18 were classified to the group of the best families, while the families Nos. 3, 23, 2 and 7 showed the lowest breeding value (Table 5, Fig. 3). The ranking of the families changed over years. Only tillage No. 6 always performed best, while tillage No. 16 occupied the last place in the ranking (Table 5, Fig. 3).

The firs on plot III (Jd 94 trial) showed a much greater variation in the breeding value H_D than the firs on plots I and II. There was no single tillage to retain its position in the breeding value ranking. In subsequent measurement periods, the H_R index for some of the families increased (families Nos. 9 and 18), while it decreased for other families (Table 6, Fig. 3).

To conclude, it should be noted that although the differences in the breeding value index (H_R) for the families on plots II and III are not statistically significant, they reveal the nature of changes in the development and adaptation of various fir families.

The genetic evaluation of families

The heritability indices were calculated for plots II and III taken together on the basis of the measurement data from 2010. Less numerous families were excluded from the cal-

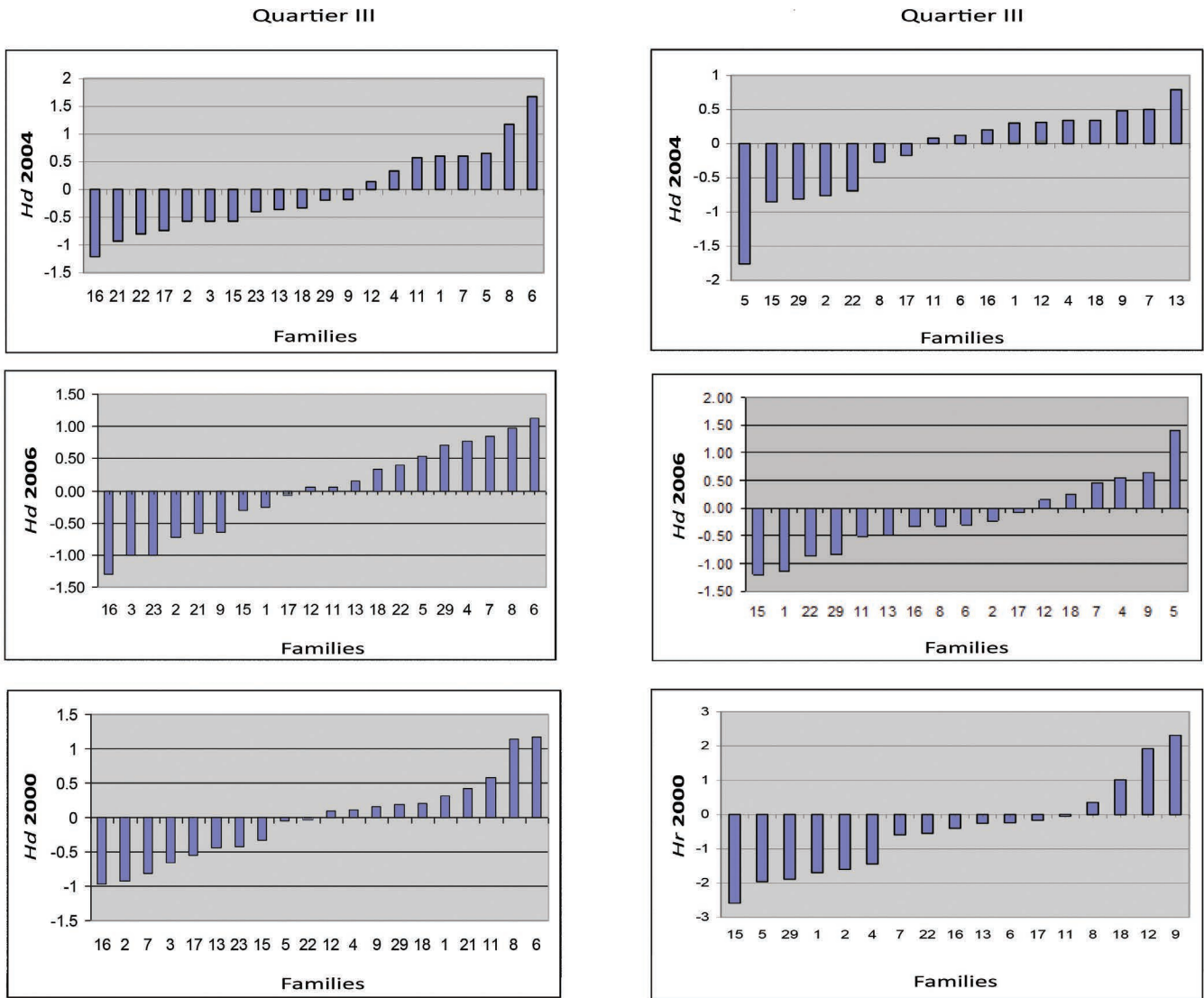


Figure 3. The index of breeding values of the silver fir families in tillage Jd94 (Quartier II and Quartier III) in the years 2004, 2006 and 2010.

Table 7. Analysis of variance of the characters of the 15-year-old fir families in tillage Jd94 (the height, DBH, the root collar diameter)

Feature	Source of variation	Degrees of freedom	Sum of Squares	Mean Square	<i>F</i>	<i>p</i>
Height	family	18	861804	47878	4.519	1.03e-09 ***
	residual	1420	15043350	10594		
DBH	family	18	19619	1089.9	3.686	3.2e-07 ***
	residual	1124	332328	295.7		
Root collar diameter	family	14	22990	1642.1	4.565	6.93e-08 ***
	residual	592	212952	359.7		

Table 8. Single (h_i^2) and progeny (h_R^2) tree heritability enumerated on the ground given of measuring in 2010 on the tillage Jd94 (Quartier II and Quartier III)

Feature	Variance component of		Single heritability		Progeny heritability	
	progeny	error	h_i^2	error	h_R^2	error
Height	Be	10589.2	0.173	0.0739	0.764	0.0806
DBH	13.6823	295.45	0.177	0.0801	0.769	0.084
Root collar diameter	39.7195	371.918	0.386	0.1744	0.885	0.0509

culations: tillage No. 23 for its heritability of height and diameter at breast height, and families Nos. 1 and. 2 for their heritability of the root collar diameter.

Individual (h_i^2) and family (h_R^2) heritability indices indicate the range of additive heritability that the mother passes to her offspring. On the tillage level, the heritability index (h_R^2) was high and amounted to: 0.764 for height, 0.769 for diameter at breast height and 0.885 for root collar diameter (Table 8). The indices of individual heritability of the examined traits (h_i^2) were low and ranged from 0.386 to 0.173 (Table 8).

4. Discussion

The growth of juvenile silver fir is threatened mainly by environmental factors such as spring frosts and deer. The observations made in the ‘Tisovik’ fir reserve as well as in the man-made fir stands and clumps of fir trees in the Białowieża (Gryka 2013), Borecka (Rydzewski 2013) and Romincka (Fiećko 2013) primeval forests show that plants from natural regeneration are not damaged by spring frosts. In plantations, however, nearly all the fir seedlings are, to a greater or lesser extent, damaged by such frosts. Particularly, severely damaged are seedlings in the first 4 years of growth in the plantation. After this period, the survival of fir remains more or less on the same level.

The results of an analysis of growth and development of the offspring of 20 families of silver fir from the ‘Tisovik’ reserve in the ancestral conservative tillage located in the territory of the Hajnówka forest district, shows a satisfactory growth of this species in the fresh deciduous forest habitat (Lśw) in the Białowieża primeval forest. The family heritability index of silver fir is high, which indicates a high possibility to improve the breeding traits.

This is also confirmed by the studies by Gončarenko and Savickij (2000). The presented research results lead to the conclusion that firs Nos. 1, 3 and 17 showing the greatest polymorphism should be selected from among the 20 firs as the most valuable (Gončarenko, Savickij 2000). The presented data do not differ from those reported in the literature on

fir provenances (Skrzyszevska 1999, 2003). They indicate great possibilities for improving the growth traits through the selection of the best families.

The level of genetic variation of the offspring of silver fir from the ‘Tisovik’ reserve is low compared with other populations of this species (Pawlaczyk, Bobowicz 2011).

Fir grows very well in the north-eastern regions of Poland. This is confirmed by the observations of the growth of single fir trees and small clumps of fir trees planted in the early 20th century in the Borecka and Romincka primeval forests (Fiećko 2013; Rydzewski 2013).

5. Conclusions

The above-presented observations show that silver fir grows well on fresh deciduous (Lśw) and fresh mixed deciduous (LMśw) forest habitats in north-eastern Poland.

Due to its genetic diversity, intensive seed production, good growth parameters, good health condition and native, natural origin, silver fir from the ‘Tisovik’ reserve deserves special attention, and its derivative tillage should be established not only in the Białowieża primeval forest, but also in the lowland areas in Poland and Belarus.

Two fir stands in comp. 453 Aa (97 trees) and comp. 498 Cg (34 trees) located in the territory of the Białowieża forest district should be regarded as a seed source to be used as the forest basic material for the proven breeding values and fast natural regeneration of this species. The fenced area in comp. 453 Aa should be extended from 0.25 to 1.0 ha in order to protect the natural regeneration of silver fir.

With the next revision, the range of planting of silver fir should be extended to the Baltic and Mazury-Podlasie nature-forest regions. To establish fir plantations in these regions, it is advisable to use the populations of silver fir growing on the eastern limits of its occurrence in the lowland and piedmont areas.

Conflict of interest

None declared.

Acknowledgement and financial support

I would like to thank Dr. John Kowalczyk from the Department of Silviculture and Genetics of the Forest Research Institute in Warsaw for his statistical analyses. I am also grateful to the graduates of the Off-site Forest Department of the Białystok Technical University, engineers: Joanna Osipiuk, Anatol Dmitruk, Marcin Duda, Józef Fiećko, Marek Gryka, Marcin Kazimieruk and Zbigniew Rydzewski for their cooperation in carrying out fieldwork. I thank Mr. Michał Smyk from the Off-site Forest Department of the Białystok Technical University in Hajnówka for his technical support.

References

- Dmitruk A. 2007. Zachowanie zasobów genowych reliktovej populacji jodły pospolitej w Puszczy Białowieskiej na podstawie analizy wzrostu i rozwoju sadzonek w uprawie zachowawczej w oddziale 416 Ag Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p: 75.
- Duda M. 2005. Zachowanie zasobów genowych reliktovej jodły pospolitej w Puszczy Białowieskiej na podstawie analizy i rozwoju sadzonek w uprawie zachowawczej. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p. 89.
- Fiećko J. 2013. Jakość hodowlana 20-letniej jodły pospolitej w uprawie doświadczalnej w oddz. 414a Nadleśnictwa Gołdap. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p: 65.
- Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R., Thompson R. 2009. ASReml User Guide Release 3.0 VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK, www.vsnl.co.uk
- Gončarenko G.G., Savickij B.P. 2000. Populacionno-genetičeskie resurecy pihty beloj v Belarusi. Gomel, Instytut Lesa, Nacionalnaã Akademia Nauk Belarusi. Ss: 121.
- Gryka M. 2013. Jakość hodowlana 18-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie doświadczalnej w oddz. 416 Ag Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p. 106.
- Kazimieruk M. 2011. Jakość hodowlana 15-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie doświadczalnej w oddziale 416 Cf (kwaterra III) Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p: 44.
- Korczyk A. F., Kawecka A., Martysevič V. V., Strelkov A. Z. 1997. Naturalne stanowisko jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Puszczy Białowieskiej. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*, nr 837: 29–61.
- Korczyk A.F. 1999. Ocena wartości genetycznej i hodowlanej naturalnych populacji jodły Pospolitej (*Abies alba* Mill.) ze wschodniego zasięgu w Polsce. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 339: 155–170.
- Osipiuk J. 2012. Ocena jakości hodowlanej 15-letniej jodły pospolitej w rodowej uprawie zachowawczej w oddz. 416 Cf (kwaterra II) Nadleśnictwa Hajnówka. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p. 71.
- Pawlaczyk E., Bobowicz M. 2011. Zmienność potomstwa jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z rezerwy Tisovik w uprawie doświadczalnej wyrażona w mikrosatelitarnym chloroplastowym DNA (cpDNA), in: *Planta in vivo, in vitro et in silico: z Mazowsza na Polesie i Wileńszczyznę: zróżnicowanie i ochrona szaty roślinnej pogranicza Europy Środkowej i Północno-Wschodniej: monografia sesji terenowych LV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego Planta in vivo, in vitro et in silico Warszawa, 6–12 września 2010. Warszawa: Polskie Towarzystwo Botaniczne. Zarząd Główny.*
- R Development Core Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Rydzewski Z. 2013. Jakość hodowlana 20-letniej jodły pospolitej w uprawie doświadczalnej w oddz. 245c w Nadleśnictwie Czerwony Dwór. Praca dyplomowa inżynierska Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny w Hajnówce, p. 61.
- Skrzyszevska K. 1999. Wartość genetyczno-hodowlana jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) reprezentowanej w Ogólnopolskim Doświadczeniu Proweniencyjnym Jd PL 86/90. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa*, 61: 43–66.
- Skrzyszevska K. 2003. Zmienność jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w doświadczeniach proweniencyjnych Jd PL 86/90. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollątaja w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa*, 398, 88: 121–128.
- Szeligowski M. 2006. Analiza wybranych cech jodły pospolitej różnych pochodzeń w wieku 21 lat na terenie LZD w Rogowie. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Forest and Wood Technology*, 60: 95–104.
- Szeligowski M., Bolibok L., Burczyk W., Drozdowski S. 2011. Analiza wybranych cech jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na powierzchniach proweniencyjnej w Rogowie. *Leśne Prace Badawcze*, 72, 3: 225–231.