

## Zróżnicowanie wybranych cech wegetatywnego potomstwa starych drzew sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Puszczy Augustowskiej

Variability of old Scots pine *Pinus sylvestris* L. vegetative progeny from the Augustowska Primeval Forests

Małgorzata Matras-Zarzecka\*, Artur Zarzecki

Nadleśnictwo Płaska w Żylinach, Sucha Rzeczka 60, Płaska, 2902

\*Tel. +48 87 6418723 wew. 211, e-mail: malgorzata.matras1@bialystok.lasy.gov.pl

**Abstract.** This study was carried out in the clone archive of old Scots pine *Pinus sylvestris* L. trees located in the Augustowska Primeval Forest. The aim of the study was to determine the intra-clonal diversity among quantitative and qualitative traits of the vegetative progeny of Scots pine trees older than 200 years. Our analyses included traits such as survival rate, height and diameter at breast height (DBH), stem straightness, length and width of the crowns as well as branch thickness and growth angle. There was no significant correlation between the age of mother trees and the traits of their vegetative progeny. However, mother trees did affect the survival of the progeny. In overall, the survival rate of grafts in the archive is high (about 80% at the age of 13) and there have been no significant fluctuations in recent years. Nevertheless, the variability of quantitative traits among vegetative progeny was high with the average height ranging from 2.16 m up to 6.71 m, and in the case of DBH ranging from 3.23 cm to 12.1 cm. Both, height of trees and their DBH, were significantly different among the analyzed clones. These intra-clone differences in growth traits indicate a high environmental impact on the growth and performance of clones. However, the diversity of quantitative and qualitative traits is comparable to the differences observed in economic seed orchards with seedlings at a similar age.

Most of the genotypes planted in the archive are fully viable and have matured to the stage of seed production. The clone archive can thus be viewed as both, a conservation effort and to obtain valuable seeds from the point of view of tree breeding. Therefore, establishing archives of tree clones using valuable genotypes is an effective method of conserving individual genotypes even of very old individuals.

**Keywords:** old trees, clonal archive, grafts, vegetative progeny, conservation of genotypes

**Słowa kluczowe:** stare drzewa, archiwum klonów, przeszczepy, potomstwo wegetatywne, ochrona genotypów

### 1. Wstęp

Jednym z ważniejszych wyzwań polskiego leśnictwa w nadchodzącym okresie będzie ochrona różnorodności biologicznej, w tym również genetycznej, warunkującej możliwość prowadzenia trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej w warunkach zmian klimatycznych. Ochrona różnorodności genetycznej realizowana jest w Lasach Państwowych w ramach długofalowego programu (Barzdajn 2011). Podejmowane są również działania doraźne mające na celu ochronę zagrożonych gatunków, populacji lub nawet pojedynczych genotypów. Jednym z cenniejszych działań w tym zakresie była inicjatywa ochrony starych drzew, pozostałości naturalnych populacji rosnących w lasach. W 1985 r. rozpoczęto inwentaryzację starych, przeszło 200-letnich, drzew w najstarszych puszczech rosnących w północno-wschodniej Polsce, m.in. w Puszczy Augustowskiej. Są to

najprawdopodobniej nasienniki, które w XIX wieku zgodnie z metodą Hartiga, zostawiano na zrębach do obsiewu uzupełniającego w liczbie 8–12 drzew/ha (Broda 1984, 1988 za Korczykiem 2008b). Obiekty te są szczególnie wartościowe ze względu na sposób gospodarowania w przeszłości (odnowienia naturalne), dzięki któremu zachowały się zasoby genowe rosnących tam populacji. Drzewa, o których mowa, są relikdami rodzimych, dzikich populacji powstałych w procesie naturalnej selekcji, mają więc one duże zdolności adaptacyjne, ponieważ reprezentują genotypy rosnące na tym obszarze przed rozpoczęciem intensywnego gospodarowania w lasach (Sokołowski 2006). W związku z tym niezwykle ważna jest inwentaryzacja starych drzew oraz zachowanie ich zasobów genowych dla przyszłych pokoleń (Korczyk 1997).

Włączenie starych drzew nie tylko do ochrony zmienności genetycznej, ale również do programów hodowli selekcyjnej

Wpłynęło: 22.05.2018 r., zrecenzowano: 4.01.2019 r., zaakceptowano: 24.02.2019 r.

drzew leśnych, jest niezwykle ważne. Działania związane z zachowaniem zasobów genowych tych genotypów winny obejmować kilka kolejnych etapów: inwentaryzację drzew, vegetatywne rozmnażanie wybranych genotypów, posadzenie ich w archiwum (archiwach) oraz szczegółową charakterystykę zmienności vegetatywnego potomstwa chronionych genotypów (Korczyk, Matras 2006).

Jedyną znaną techniką zachowania w długim okresie tych genotypów jest ich vegetatywne rozmnożenie i wysadzenie otrzymanego potomstwa w archiwach klonów (Bednarek 2003). W Puszczy Augustowskiej również stwierdzono pojedyncze drzewa w wieku powyżej 200 lat (Korczyk 1997). Na jej terenie dr hab. A. Korczyk wykonał inwentaryzację starych sosen, a następnie podjęto działania mające na celu rozmnożenie vegetatywne (szczepienie) i założono w 1999 r. powierzchnie archiwum klonów na terenie Nadleśnictwa Pomorze, w leśnictwie Rygol (oddz. 960ab) i leśnictwie Wiłkokuk (oddz. 637d).

## 2. Cel pracy

Celem badań była ocena zmienności cech ilościowych i jakościowych vegetatywnego potomstwa genotypów sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. z Puszczy Augustowskiej, zgromadzonych w archiwum klonów zlokalizowanym w leśnictwie Rygol.

## 3. Materiał i metody

### 3.1. Obiekt badawczy

Badania zmienności cech ilościowych i jakościowych vegetatywnego potomstwa starych drzew sosny zwyczajnej z Puszczy Augustowskiej prowadzono w Archiwum klonów założonym w oddziale 960ab leśnictwa Rygol. Archiwum zajmuje powierzchnię 3,4 ha i podzielone jest drogą leśną na dwie części. Szkice powierzchni wraz z rozmieszczeniem poszczególnych szczepów zamieszczono m.in. w opracowaniach Korczyka i Myszczyńskiej (2012) oraz Matrasa (2012). Powierzchnię założono na siedlisku Bśw, na glebach rdzawych wytworzonych z luźnych piasków. W archiwum zgromadzono potomstwo 60 wybranych drzew reprezentujących trzy główne siedliska, na których rośnie sosna na terenie Puszczy Augustowskiej (Bśw, BMśw, LMśw). Siedliska te nie są jednakowo reprezentowane. Najwięcej starych drzew pochodziło z siedliska BMśw (39 szt.), znacznie mniej z siedliska Bśw (17) i tylko 4 z siedliska LMśw. Największe zróżnicowanie wiekowe drzew matecznych występuje na siedlisku Bśw (208–319 lat), nieco mniejsze na siedlisku BMśw (221–292 lata), a wyraźnie mniejsze na siedlisku LMśw (212–252 lata). Zróżnicowanie indywidualne cech przyrostowych drzew matecznych jest znaczące, jednak średnie wartości pierśnic drzew z poszczególnych siedlisk są prawie identyczne, natomiast widać wyraźne zwiększanie się średnich wysokości drzew wraz ze wzrostem żyzności siedliska.

Głównym kryterium wyboru drzew do archiwum był wiek określony wstępnie przy użyciu danych z operatu urządzeniowego, a następnie zweryfikowany na podstawie wykonanych wywierć. Wybrane drzewa zostały szczegółowo scharakteryzowane i opisane w karcie informacyjnej. Zakres wykonanych pomiarów i obserwacji drzew matecznych, informacje o produkcji potomstwa vegetatywnego oraz szczegółowe dane dotyczące założonego archiwum klonów, w tym plany powierzchni, schemat rozmieszczenia i ilości wysadzonych na powierzchni klonów, podano w opracowaniu Korczyka i Myszczyńskiej (2012).

Archiwum założono jesienią 1999 r. Na powierzchni posadzono w więźbie 5×7 m szczepy na placówkach z przygotowaną ręcznie glebą. W kolejnych latach spulchniano ją i odchwaszczano talerze oraz wycinano pojawiające się odrosty i naloty gatunków drzewiastych.

### 3.2. Pomiary i obserwacje w terenie

Na powierzchni doświadczalnej określono przeżywalność szczepów, wykonano pomiary wysokości i pierśnicy szczepów, oszacowano prostotę strzał, długość i szerokość koron oraz grubość i kąt wyrastania gałęzi.

Wysokość szczepów mierzono łatami pomiarowymi z dokładnością do 5 cm, pierśnicę drzewek – średnicomierzem z podziałką milimetrową z dokładnością do 1 mm. Cechy jakościowe szacowano w czterostopniowej skali zbliżonej do stosowanej przy charakterystyce wybranych do zachowania drzew matecznych. Skalę tę częściowo zmodyfikowano uwzględniając występującą na gruncie zmienność ocenianych cech poszczególnych drzew. Istotną modyfikacją skali zastosowanej do oceny potomstwa było wyróżnienie grupy szczepów o formie krzewiastej, które wyłączono z dalszej oceny cech jakościowych. Skalę oceny poszczególnych cech określano na gruncie, uwzględniając maksymalną ich rozpiętość. Następnie szczepy zaliczano do poszczególnych grup: o najwyższej, najniższej oraz pośredniej wartości danej cechy. W przypadku długości koron grupę o najwyższej wartości stanowiły szczepy z koronami wyraźnie dłuższymi niż połowa wysokości drzewek, grupę o najniższej wartości drzewka z koronami wyraźnie krótszymi niż połowa wysokości drzewek i grupę o średniej wartości tej cechy – drzewka o koronach z długością zbliżoną do połowy ich wysokości. Opis zastosowanej skali oceny cech jakościowych znajduje się w tabeli 1.

Oceny cech jakościowych wykonano w czasie sezonu wegetacyjnego, a pomiary cech ilościowych jesienią 2012 roku po zakończeniu wzrostu drzewek.

### 3.3. Analiza statystyczna wyników badań

Zróżnicowanie cech ilościowych oszacowano na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji oraz określono istotność różnic średnich wartości analizowanych cech, stosując test post-hoc NIR Tukeya dla wyróżnienia grup jednorodnych.

**Tabela 1. Skala oceny cech jakościowych klonów sosny zwyczajnej**  
 Table 1. Artificial scale for estimation the qualitative characters of Scots pine clones

Cecha Character	Skala oceny Scale			
	0	1	2	3
<b>Prostość strzały</b> Straightness of stem	<b>forma krzewiasta</b> bushy form	<b>silne skrzywiona</b> <b>w kilku płaszczyznach</b> many crooks in different direction	<b>krzywizny w jednej płaszczyźnie</b> crooks in one direction	<b>strzała prosta</b> stright
<b>Długość korony</b> Lenght of crown	<b>forma krzewiasta</b> bushy form	<b>krótka</b> short >>1/2H*	<b>umiarkowanie długa</b> intermediate 1/2H	<b>długa</b> long <<1/2H
<b>Szerokość korony</b> Width of crown	<b>forma krzewiasta</b> bushy form	<b>szeroka</b> wide w/l>1**	<b>umiarkowanie szeroka</b> intermediate w/l 1	<b>wąska</b> narrow w/l.<1
<b>Grubość gałęzi</b> Thickness of branches	<b>forma krzewiasta</b> bushy form	<b>grube</b> thick <1/2d***	<b>umiarkowanie grube</b> intermediate ½ d	<b>cienkie</b> thin >1/2d
<b>Kąt wyrastania gałęzi</b> Angle of branches	<b>forma krzewiasta</b> bushy form	<b>poniżej 45°</b> less than 45°	<b>45–90°</b> between 45–90°	<b>ok. 90°</b> close by 90°

\*proportion the lenght of crown to total height, \*\* proportion the width to length of crown, \*\*\* proportion thickness of branches to thickness of stem in the same of whorl

## 4. Wyniki badań

### 4.1. Cechy ilościowe

#### 4.1.1 Przeżywalność

Wyniki oceny przeżywalności szczepów na badanych powierzchniach przedstawiono w tabeli 2 i na rycinach 1 i 2. Zróżnicowanie klonów pod względem przeżywalności było stosunkowo wysokie, a obserwowane różnice są istotne statystycznie. Test Tukeya pozwolił na wyróżnienie 6 grup jednorodnych. Średnia przeżywalność klonów wynosiła 78,65% i wahała się od 41,67% w przypadku klonu numer 18 do 100% w przypadku klonów o numerach: 7, 15, 264, 286, 293, 294, 298, 316, 325 i 390. Największe zmiany w przeżywalności obserwowano w pierwszym okresie wzrostu szczepów. W okresie od 2006 r. do 2012 r. stosunkowo niewielki (poniżej 4%) średni spadek przeżywalności był spowodowany głównie istotnym spadkiem wartości tej cechy u trzech klonów, o numerach: 18, 300 i 388. Z 60 analizowanych klonów 9 (15%) w dalszym ciągu charakteryzowało się przeżywalnością wynoszącą 100%, 17 przeżywalnością powyżej 90% i 7 przeżywalnością poniżej 60%. Wyraźny wpływ na przeżywalność szczepów miały m.in. warunki wzrostu drzew matecznych. Wraz ze wzrostem żyzności siedliska obserwowano wyższą przeżywalność szczepów, i to zarówno po 6, jak i po 12 latach wzrostu potomstwa w archiwum (ryc. 2).

#### 4.1.2. Wysokość

Zróżnicowanie wysokości szczepów na powierzchniach badawczych przedstawiono w tabeli 2 i na rycinie 3. Zróżnicowanie to jest bardzo wysoce istotne statystycznie (tab. 3). Rozpiętość tej cechy na powierzchni waha się od 1,55 m do 7,85 m, a średnich jej wartości dla klonów od 2,16 m (klon nr 295) do 6,71 m (klon nr 389). Dzięki wykonanej analizie wariancji wyróżniono 5 grup jednorodnych o różnej reprezentatywności. Grupy skrajne, obejmujące najlepsze i najgorsze klony, były stosunkowo mało liczne, natomiast grupy pośrednie obejmowały znaczną liczbę klonów. Najlepiej przyrastający klon o numerze 389 przyrastał istotnie lepiej od kolejnego w uszeregowaniu klonu o numerze 1, podobnie najslabszy klon o numerze 295 był istotnie niższy od kolejnego w uszeregowaniu o numerze 303. Interesujący jest fakt dużego zróżnicowania wysokości analizowanych klonów. W tym przypadku można również wyróżnić grupy klonów o niskim i wysokim zróżnicowaniu, i to zarówno w grupie klonów dobrze, jak i słabo przyrastających.

#### 4.1.3. Pierśnica

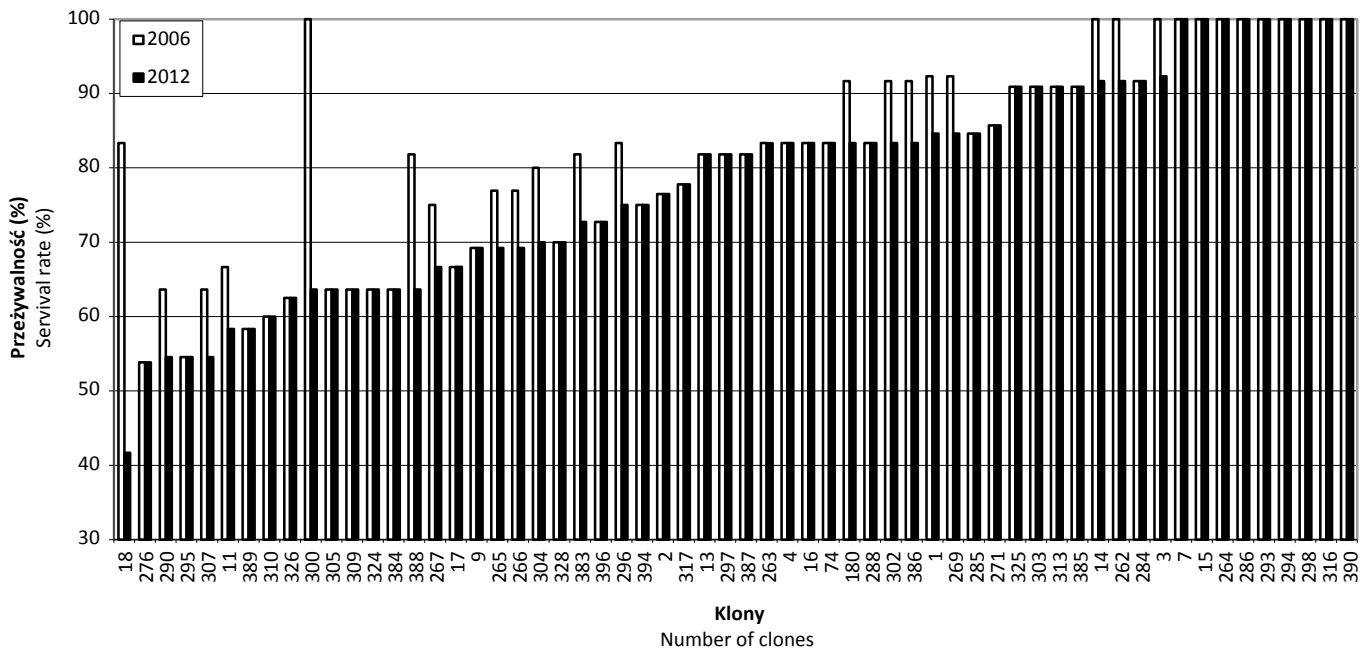
Zróżnicowanie pierśnic klonów na powierzchniach badawczych przedstawiono w tabeli 2 i na rycinie 4. Podobnie jak w przypadku wysokości, obserwowane zróżnicowanie jest bardzo wysoce istotne statystycznie (tab. 3). Całkowity zakres pierśnic szczepów waha się od 1,55 do 15,51 cm, a średnich wartości tej cechy dla klonów od 3,23 do 12,1 cm. Na podsta-

**Tabela 2. Średnie wartości analizowanych cech szczepów sosny zwyczajnej w archiwum klonów w leśnictwie Rygol**  
 Table 2. The mean value of qualitative and quantitative characters of the Scots pine clones growth in clonal archives in Rygol

<b>Numer klonu</b> Nr of clone	<b>Liczba osobników</b> No of ramets	<b>Przeżywalność / Survival rate</b> 2006 year	<b>Przeżywalność / Survival rate</b> 2012 year	<b>Wysokość</b> Height [m]	<b>Błąd standardowy wysokości</b> Height standard error	<b>Pierśnica [cm]</b> Diameter	<b>Błąd standardowy pierśnicy</b> Diameter standard error	<b>Prostość strzały</b> Straightness of stem	<b>Długość korony</b> Length of crown	<b>Szerokość korony</b> Width of crown	<b>Grubość gałęzi</b> Thickness of branches	<b>Kąt gałęzi</b> Angle of branches
1	11	92,3	84,6	6,21	0,216	11,67	0,432	2,64	3,00	2,27	1,82	3,00
2	13	76,5	76,5	4,85	0,347	7,88	0,855	2,46	2,86	1,85	2,08	1,92
3	12	100,0	92,3	4,60	0,352	7,99	0,847	2,17	2,75	2,08	2,17	1,83
4	10	83,3	83,3	4,98	0,312	9,93	0,844	2,40	2,80	2,10	1,90	1,90
7	12	100,0	100,0	5,17	0,292	8,61	0,767	2,42	2,83	2,00	2,25	2,25
9	9	69,2	69,2	5,65	0,436	9,40	0,964	3,00	2,89	2,11	2,11	2,11
11	7	66,7	58,3	3,92	0,367	7,26	0,778	2,57	2,57	2,00	2,14	1,71
13	9	81,8	81,8	4,41	0,464	7,74	1,095	2,78	3,00	2,11	2,11	2,00
14	12	100,0	91,7	4,83	0,305	9,52	0,844	2,55	2,91	2,09	2,09	1,91
15	11	100,0	100,0	4,93	0,318	8,19	0,739	2,46	2,82	2,64	2,73	1,73
16	10	83,3	83,3	3,90	0,311	6,07	0,766	2,00	2,89	1,67	2,00	1,78
17	9	66,67	66,7	4,43	0,398	7,70	0,857	2,78	2,67	1,89	2,00	1,89
18	5	83,33	41,7	5,28	0,249	10,06	0,535	2,40	3,00	1,60	1,80	1,80
74	10	83,33	83,3	5,02	0,268	8,21	0,580	2,70	2,90	2,10	2,40	2,10
180	10	91,67	83,3	4,93	0,477	9,03	1,025	2,40	2,80	1,60	1,60	1,90
262	11	100,0	91,7	5,47	0,304	10,41	0,761	2,46	2,82	1,46	1,55	2,18
263	11	83,3	83,3	5,31	0,257	9,65	0,427	2,55	2,91	1,73	1,73	2,18
264	13	100,0	100,0	5,67	0,194	10,79	0,339	1,62	2,846	1,39	1,54	1,77
265	9	76,9	69,2	5,97	0,424	8,98	0,832	2,67	2,667	2,22	2,33	1,67
266	9	76,9	69,2	5,40	0,349	8,97	0,668	2,67	2,778	2,11	2,22	2,00
267	8	75,0	66,7	4,67	0,251	8,28	0,845	2,63	2,625	2,13	2,13	1,75
269	11	92,3	84,6	4,91	0,228	8,28	0,545	2,73	2,727	2,27	2,27	1,73
271	12	85,7	85,7	4,87	0,447	8,08	0,961	2,67	2,667	2,42	2,33	1,83
276	7	53,6	53,9	4,71	0,527	7,71	0,870	2,57	2,429	2,29	2,43	1,71
284	11	91,7	91,7	5,33	0,174	9,06	0,490	2,36	2,818	1,82	1,91	2,09
285	11	84,6	84,6	5,61	0,254	10,36	0,719	2,91	2,818	1,46	1,91	1,64
286	13	100,0	100,0	5,38	0,278	9,27	0,730	2,69	2,615	1,85	1,85	2,00
288	10	83,3	83,3	4,59	0,384	8,15	0,976	2,50	2,6	2,20	2,3,0	2,30
290	6	63,6	54,6	4,75	0,544	9,53	0,958	3,00	2,833	1,83	2,17	1,83
293	11	100,0	100,0	4,39	0,250	8,56	0,840	2,18	2,636	1,64	1,55	1,91
294	11	100,0	100,0	4,24	0,292	7,06	0,722	2,18	2,727	2,18	2,18	1,91

<b>Numer klonu</b> Nr of clone	<b>Liczba osobników</b> No of ramets	<b>Przeżywalność / Survival rate</b> 2006 year	<b>Przeżywalność / Survival rate</b> 2012 year	<b>Wysokość</b> Height [m]	<b>Błąd standardowy wysokości</b> Height standard error	<b>Pierśnica [cm]</b> Diameter	<b>Błąd standardowy pierśnicy</b> Diameter standard error	<b>Prostość strzały</b> Straightness of stem	<b>Długość korony</b> Length of crown	<b>Szerokość korony</b> Width of crown	<b>Grubość gałęzi</b> Thickness of branches	<b>Kąt gałęzi</b> Angle of branches
295	6	54,6	54,6	2,24	0,184	3,58	0,423	0,00	2,8	1,20	2,80	2,80
296	9	83,3	75,0	3,80	0,260	6,68	0,721	1,11	2,778	1,56	2,22	1,89
297	9	81,8	81,8	5,30	0,213	9,71	0,652	2,22	2,444	2,11	2,33	2,00
298	11	100,0	100,0	5,05	0,409	9,027	0,986	2,00	2,818	1,46	1,64	1,91
300	7	100,0	63,6	5,32	0,226	10,09	0,851	2,86	3,00	2,00	1,71	1,86
302	10	91,7	83,3	5,51	0,313	9,54	0,955	2,70	2,80	2,20	2,30	2,20
303	10	90,9	90,9	2,56	0,208	3,75	0,486	0,40	2,90	1,40	2,70	2,20
304	7	80,0	70,0	5,30	0,309	9,90	0,899	2,71	2,714	2,27	2,286	1,86
305	7	63,6	63,6	5,14	0,452	8,83	1,301	2,43	2,714	2,00	2,00	1,71
307	6	63,6	54,6	5,17	0,169	9,25	0,699	2,50	2,667	2,33	2,50	1,67
309	7	63,6	63,6	5,28	0,286	9,11	0,825	2,14	2,71	2,29	1,86	1,86
310	6	60,0	60,0	5,02	0,579	8,66	1,209	2,43	2,62	2,33	2,13	1,86
313	10	90,9	90,9	5,41	0,231	9,72	0,788	2,40	3,00	1,90	1,70	2,40
316	11	100,0	100,0	5,17	0,287	9,21	0,816	2,27	2,82	1,82	1,73	1,82
317	7	77,8	77,8	4,81	0,522	8,27	1,070	2,57	2,71	2,29	2,14	2,14
324	7	63,6	63,6	5,24	0,525	9,56	1,166	2,43	2,43	1,43	1,71	1,71
325	11	90,9	90,9	5,65	0,341	8,86	0,796	2,18	2,46	1,55	2,09	2,18
326	5	62,5	62,5	4,48	0,527	7,23	0,720	1,80	2,60	2,40	2,20	1,40
328	7	70,0	70,0	5,13	0,398	8,29	0,996	2,43	2,43	2,14	2,00	2,57
383	8	81,8	72,7	4,70	0,194	8,26	0,765	2,63	2,38	2,13	2,00	1,75
384	7	63,6	63,6	5,38	0,672	9,51	1,326	2,57	3,00	1,71	2,00	2,14
85	10	90,9	90,9	5,61	0,285	10,00	0,513	2,60	3,00	1,80	1,90	1,70
386	10	91,6	83,3	4,92	0,240	8,24	0,648	2,00	2,90	1,90	1,80	2,20
387	9	81,8	81,8	6,21	0,324	11,37	0,805	2,67	2,89	1,56	1,22	2,11
388	7	81,8	63,6	5,40	0,608	9,30	1,339	2,86	3,00	1,86	2,29	2,14
389	7	58,3	58,3	6,71	0,237	12,09	0,636	2,29	2,86	1,57	1,43	1,86
390	11	100,0	100,0	4,91	0,234	9,62	0,684	2,18	3,00	1,36	1,82	1,46
394	9	75,0	75,0	5,41	0,488	9,96	1,098	2,44	2,89	1,44	1,33	2,22
396	8	72,7	72,7	4,68	0,387	7,65	0,646	2,27	2,77	1,83	2,19	2,17
<b>LMśw</b>	53	84,4	81,4	5,16			9,14	2,42	2,77	2,09	1,99	2,25
<b>BMśw</b>	349	83,2	78,7	4,98			8,76	2,43	2,77	1,95	2,04	1,93
<b>Bśw</b>	151	79,4	76,3	4,99			8,77	2,22	2,79	1,79	2,00	1,98

LMśw – fresh mixed broadleaved forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest, Bśw – fresh coniferous forest



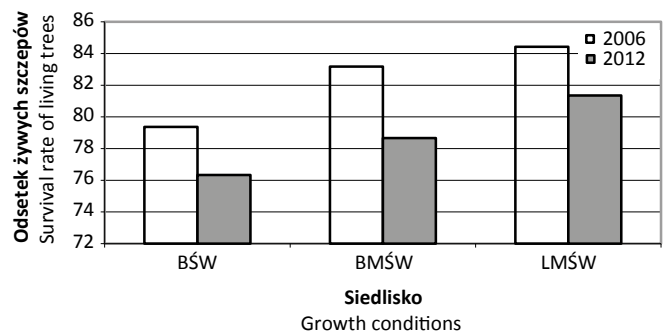
Rycina 1. Średnia przeżywalność szczepów sosny w archiwum klonów w leśnictwie Rygol oddz. 960ab  
Figure 1. Survival rate of trees in clones in 2006 and 2012 years in Rygol clonal archive

wie wykonanej analizy wariancji wyróżniono 6 grup jednorodnych o różnej reprezentatywności. Skrajne grupy, obejmujące najlepiej i najslabiej przyrastające na grubość klony, są stosunkowo mało liczne, natomiast grupy pośrednie obejmują znaczną liczbę klonów. W przypadku pierśnic najlepiej przyrastający klon o numerze 389 nie wykazuje już takiej dominacji jak dla wysokości, natomiast dwa najslabsze klony o numerach 295 i 303 posiadają istotnie mniejsze pierśnice od kolejnego, trzeciego pod względem wielkości tej cechy, klonu o numerze 296. Uszeregowanie klonów pod względem średniej wysokości i pierśnicy jest bardzo podobne.

#### 4.2. Cechy jakościowe

Dla oszacowania zmienności cech jakościowych klonów w archiwum wykonano ocenę prostości strzałk szczepów, szerokości i długości koron, grubości gałęzi bocznych oraz kąta ich wyrastania.

Wśród cech jakościowych największe zróżnicowanie obserwowano dla prostości strzałek (tab. 2). Oceniane w archiwum klonów szczepy charakteryzowały się stosunkowo dobrymi cechami jakościowymi strzałek. Spośród 550 ocenianych szczepów tylko 26 (4,7%) zakwalifikowano do grupy „0” o formie krzewiastej, a wyjątkowo negatywne pod względem tej cechy okazały się klony o numerach: 295, 303 oraz 296. W trzystopniowej skali oceny prostości strzałek, pomijając klasę „0”, średnia wartość tej cechy wyniosła 2,49. Była więc stosunkowo wysoka, co bardzo pozytywnie świadczy o prostości strzałk większości rodzimych drzew sosny. Jednak i w tym przypadku mamy do czynienia z wysoką zmiennością wewnątrz klonów, głównie w zakresie udziału osobników w poszczególnych klasach. Spośród 60 analizo-



Rycina 2. Dynamika przeżywalności klonów sosny zwyczajnej w czasie i jej różnicowanie związane z warunkami wzrostu drzew matecznych

Figure 2. Change in survival rate of the Scots pine clones in time and conditions of growth of mother trees

wanych klonów tylko osobniki o numerach 2 i 290 zaliczono do jednej, najlepszej klasy jakości. W przypadku 13 klonów poszczególne osobniki zaliczono do trzech klas jakości, a pozostałe do dwóch klas jakości strzałek. Na szczególną uwagę zasługują klony z wysokim udziałem osobników o całkowicie prostych strzałkach zaliczanych do klasy „3”.

Wegetatywne potomstwo drzew matecznych rosnące w archiwum klonów charakteryzowało się stosunkowo długimi koronami. Zmienność tej cechy była względnie niska, a średnia wartość wskaźnika długości koron dla wszystkich analizowanych osobników – wyjątkowo wysoka, wynosząca 2,78 w trzystopniowej skali ocen. Spośród 550 ocenianych szczepów 425 osobników (85%) zakwalifikowano do klasy „3”.

Oceniane na powierzchni doświadczalnej szczepy charakteryzowały się stosunkowo dużym zróżnicowaniem pod

**Tabela 3. Wyniki analizy wariancji cech ilościowych szczeptów sosny zwyczajnej w archiwum klonów w leśnictwie Rygol**

Table 3. Results of statistical analyses qualitative characters of the Scots pine clones in archive Rygol

Wyniki analizy wariancji / Results of statistical analyses					
	stopnie swobody df	suma kwadratów SS	średni kwadrat MS	wartość F	Pr(>F) P
<b>Pierśnica / Diameter</b>					
<b>Klony</b> Clones	59	1184,0	20,072	3,197	1,72e-12***
<b>Błąd</b> Error	493	3095,0	6,278		
<b>Wysokość / Height</b>					
<b>Klony</b> Clones	59	273,7	4,639	4,222	<2e-16 ***
<b>Błąd</b> Error	493	541,7	1,099		
<b>Istotność różnic / Level of differences:</b> 0 '***'					

względem szerokości koron, z przewagą osobników o koronach szerokich. Średnia wartość wskaźnika szerokości koron analizowanych 550 osobników wyniosła 1,915 i była najniższa ze wszystkich analizowanych cech jakościowych. W grupie zakwalifikowanej do klasy „1” znalazły się aż 152 osobniki. Pośród 60 analizowanych klonów nie ma ani jednego, którego wszystkie osobniki charakteryzowałyby się tylko wąskimi koronami. Ocena cech koron oszacowana na

powierzchni archiwum w sposób jednoznaczny charakteryzuje naturalne właściwości drzew matecznych pod względem tych cech, ponieważ potomstwo wysadzone w więźbie umożliwiającej wzrost szczeptów bez oddziaływania sąsiedztwa przez cały okres do momentu ostatnich pomiarów.

Średnie wartości grubości gałęzi klonów przedstawiono w tabeli 2. Oceniane na powierzchni doświadczalnej szczyty charakteryzowały się przeciętnymi cechami jeśli chodzi o grubość gałęzi. Spośród 550 ocenianych szczeptów w poszczególnych klasach znalazło się odpowiednio: klasa 1 (grube) – 134, 2 (umiarkowanie grube) – 276, 3 (cienkie) – 141. Przeciętną wartość tej cechy klonów potwierdza również średni wskaźnik dla powierzchni wynoszący 1,98 w trzystopniowej skali oceny.

Podobnie jak w przypadku grubości gałęzi, również pod względem kąta wyrastania gałęzi szczyty charakteryzowały się przeciętnymi wartościami tej cechy (1,98 w trzystopniowej skali ocen), a jej zmienność była niewielka.

### 4.3. Wpływ cech drzew matecznych na wzrost i rozwój ich wegetatywnego potomstwa

Dysponując danymi o wieku i cechach ilościowych drzew matecznych (Korczyk, Myszczyńska 2012; Matras 2012), podjęto próbę ich oceny w zależności od cech ilościowych ich potomstwa w archiwum klonów. W większości przypadków współczynniki korelacji cech drzew matecznych i ich potomstwa były minimalne (bliskie zera). Nie stwierdzono również wpływu wieku drzew matecznych na przeżywalność szczeptów. Informacja o braku korelacji cech wzrostowych wegetatywnego potomstwa z wiekiem drzew matecznych jest cenna, chociaż nie do końca zgodna z gloszoną ogólnie

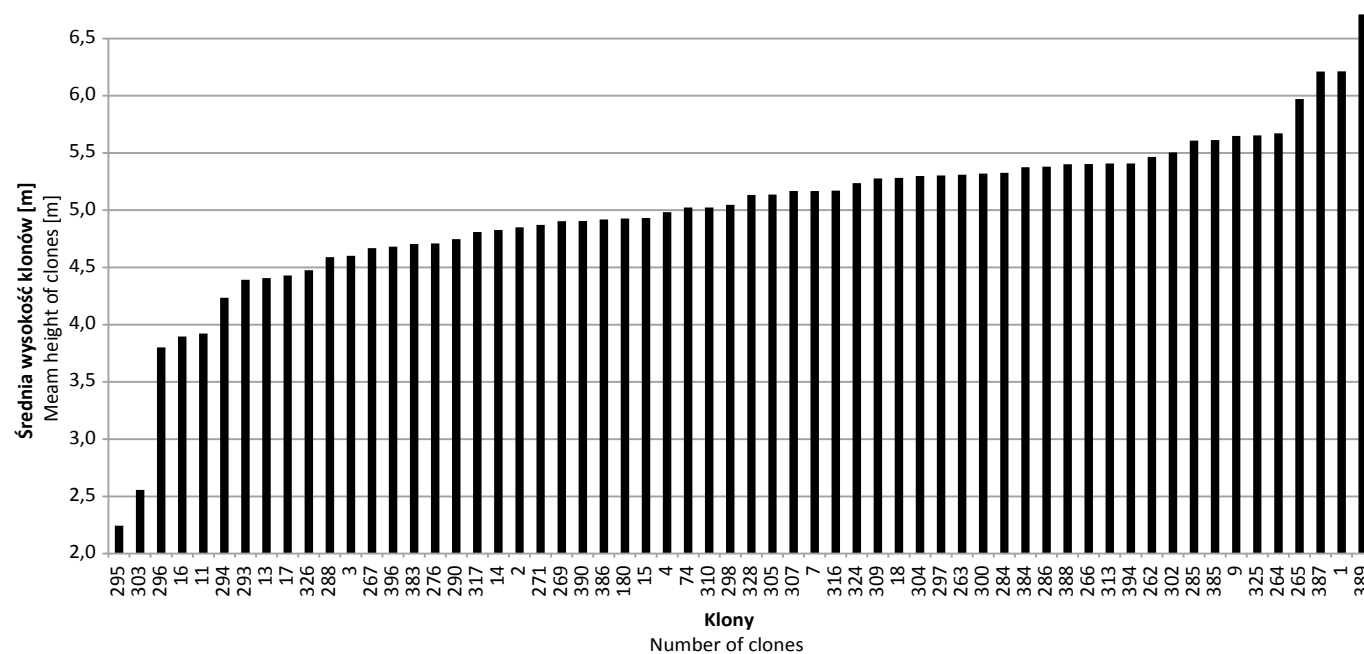
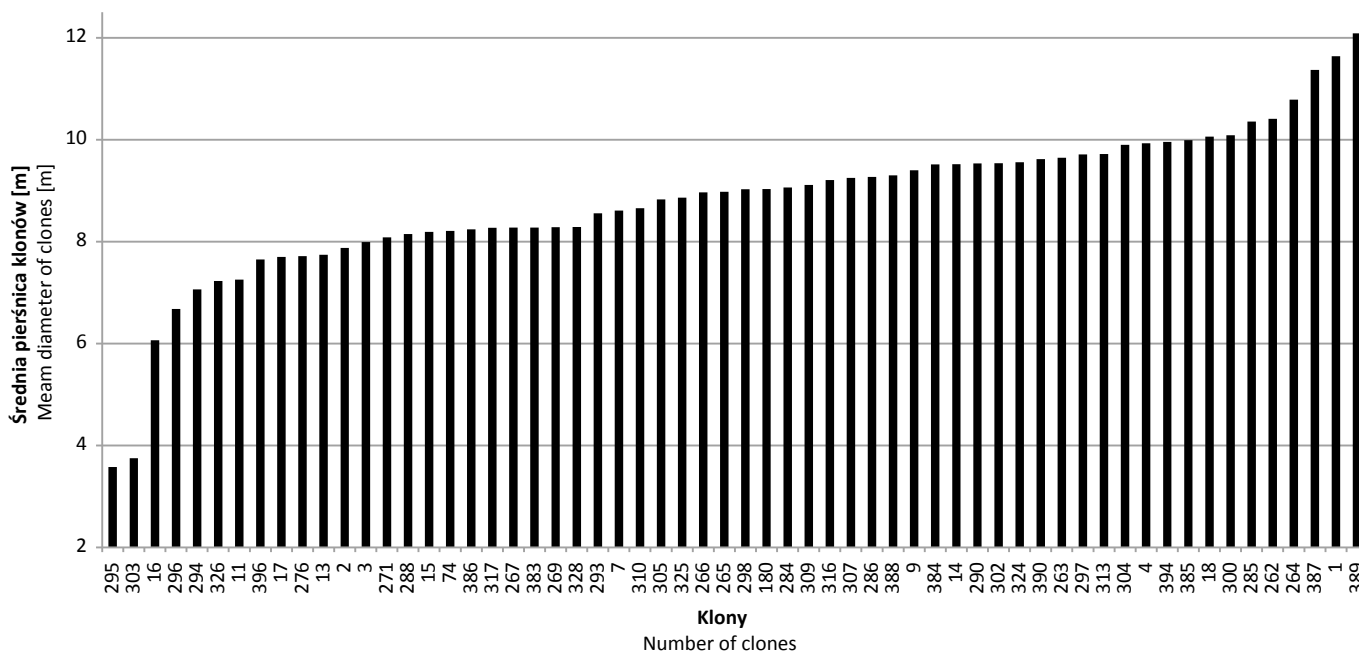
**Rycina 3. Średnia wysokość klonów [m] na powierzchni archiwum w leśnictwie Rygol**

Figure 3. Mean height [m] of clones in clonal archive Rygol



Rycina 4. Średnia pierśnica [cm] klonów na powierzchni w leśnictwie Rygol

Figure 4. Mean diameter [cm] of clones on experimental plot Rygol

też o negatywnym wpływie wieku na dynamikę wzrostu potomstwa, również wegetatywnego. Brak negatywnego wpływu wieku drzew matecznych na wzrost potomstwa sugeruje bowiem możliwości wegetatywnego rozmnażania przez szczepienie zarówno dla celów hodowli selekcyjnej, jak i zachowania zasobów genowych nawet bardzo starych drzew sosny zwyczajnej.

Zaobserwowano zależności między cechami drzew matecznych i ich potomstwem jedynie pod względem ich warunków wzrostu i przeżywalności ich potomstwa. Wskazuje to na konieczność precyzyjnego doboru lokalizacji archiwów w celu stworzenia szczepom optymalnych warunków (nie tylko glebowych) wzrostu.

## 5. Podsumowanie i dyskusja

Średnia przeżywalność szczepów sosny po 13 latach wzrostu na powierzchni doświadczalnej w leśnictwie Rygol wynosiła 78,65%, była więc względnie wysoka. Największe zmiany w przeżywalności obserwowano w początkowym etapie wzrostu szczepów. Najwięcej danych w literaturze na temat przeżywalności szczepów dotyczy plantacji nasiennych gromadzących szczepy wyhodowane ze znacznie młodszych drzew matecznych. Przeżywalność szczepów na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej jest z reguły wysoka i waha się w granicach 80–90% (Wilczkiewicz 1975; Kocięcki 1988; Matras 1996; Trojakiewicz, Burczyk 2005; Bobriniev, Pak 2007; Kanak et al. 2009; Kroon et al. 2009; Šejkina, Lebedeva 2010). W pierwszych latach po posadzeniu obserwowano stosunkowo wysoką (94–98%) przeżywalność szczepów jodły na plantacjach zachowawczych tego gatunku założonych w Sudetach w ramach „Programu restytucji populacji jodły

sudeckiej” (Bednarek 2003; Niemczyk 2005), jednak przypadek ten dotyczy drzew matecznych stosunkowo młodych. Inaczej wygląda przeżywalność szczepów wyhodowanych ze starych, przeszło 200-letnich sosen. Jak podaje Korczyk (2010), na podstawie obserwacji wykonanych w założonych przez siebie archiwach klonów w Puszczy Augustowskiej, Białowieskiej i Knyszyńskiej, generalnie wraz z wiekiem drzew matecznych maleje żywotność pozyskanych z nich szczepów, co może istotnie wpływać na efekty szczepienia i późniejszy wzrost szczepów. Niewątpliwie również inne czynniki, w tym genetyczne, istotnie wpływają na wzrost i rozwój szczepów. Jak wykazano w przypadku powierzchni w Rygoli również siedlisko drzew matecznych wpływało na przeżywalność wyhodowanych z nich szczepów.

Zróznicowanie cech jakościowych szczepów – pierśnicy i wysokości – było na analizowanej powierzchni bardzo wysokie i wahało się w przypadku średniej wysokości od 2,16 m do 6,71 m, a w przypadku pierśnicy od 3,23 cm do 12,1 cm. Zarówno wysokość, jak i pierśnica różnicowały bardzo istotnie analizowane klony. Zróznicowanie wewnątrz-klonowe cech wzrostowych świadczy o dużym wpływie środowiska na wzrost i rozwój klonów. Również inne czynniki, takie jak podkładka czy poprawność wykonania szczepu, niewątpliwie mogą istotnie modyfikować wzrost i rozwój szczepów. Ponadto w tym przypadku klony reprezentują różne populacje rosnące w odmiennych warunkach siedliskowych.

Niemczyk (2005) na plantacjach zachowawczych jodły pospolitej również obserwowała wysokie, istotne statystycznie, różnice w przyrostach szczepów jodły w pierwszych latach po posadzeniu zarówno między klonami na powierzchniach, między poszczególnymi powierzchniami, jak i między latami obserwacji.

Podobne różnice istotne statystycznie obserwowano na plantacji zachowawczej jodły założonej w Nadleśnictwie Kamienna Góra w ramach „Programu restytucji jodły” (Bednarek 2003) oraz lipy drobnolistnej na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Susz (Ludwikowska et al. 2011). Stwierdzone na powierzchni zróżnicowanie cech wzrostowych szczepów nie jest zjawiskiem odosobnionym. Stosunkowo duże różnice obserwuje się na plantacjach gospodarczych, i to nie tylko sosnowych. W tym przypadku często, podobnie jak ma to miejsce w doświadczeniach rodowych, zmienność wewnątrz-klonowa jest większa od zmienności między-klonowej. Podobne różnice obserwował Korczyk (1997, 2008a, b, 2010) na innych powierzchniach z klonami reprezentującymi inne kompleksy leśne, założonych w ramach zachowania starych drzew.

Oceniane na powierzchni doświadczalnej szczepy charakteryzowały się stosunkowo dobrymi cechami jakościowymi strzałek i długością koron oraz przeciętnymi cechami szerokości koron, grubości gałęzi oraz kąta ich wyrastania.

W literaturze omawianego zagadnienia brak jest szczegółowej charakterystyki cech jakościowych szczepów, trudno więc odnieść uzyskane wyniki do publikowanych informacji. W funkcjonujących w ramach bazy nasiennej w Lasach Państwowych plantacjach nasiennych przy planowaniu i wyznaczaniu cięć wykonuje się ocenę cech jakościowych szczepów. Pomimo że nie można tych danych bezpośrednio porównywać, skala zmienności cech jakościowych na plantacjach gospodarczych sosny zwyczajnej jest zbliżona do obserwowanej w archiwum klonów w leśnictwie Rygol.

## 6. Wnioski

Zróżnicowanie cech ilościowych szczepów w archiwum klonów w leśnictwie Rygol jest wysokie i dla większości cech istotne statystycznie. Duże zróżnicowanie występuje zarówno między analizowanymi klonami, jak i wewnątrz klonów co świadczy o jego genetycznym i środowiskowym charakterze.

W pierwszych latach wzrostu potomstwa drzew matecznych (do 6 roku) obserwowano istotne zmiany w przeżywalności poszczególnych klonów, w kolejnym okresie (6–12 lat) zmiany tej cechy były niewielkie i miały raczej charakter losowy (wpływ zwierzyny).

Brak negatywnej korelacji wieku oraz cech ilościowych drzew matecznych ze wzrostem ich potomstwa w archiwum wskazuje na możliwość wykorzystania tej metody rozmnażania zarówno do celów hodowli selekcyjnej drzew leśnych, jak i do zachowania leśnych zasobów genowych.

Zakładanie archiwów klonów cennych, z różnych względów, genotypów drzew leśnych, nawet osobników bardzo starych, wydaje się wystarczająco skuteczną metodą ochrony pojedynczych genotypów.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów.

## Literatura

- Barzdajn W., Blonkowski S., Burczyk J., Chałupka W., Fonder W., Grądzki T., Gryzlo Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Koziół Cz., Matras J., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szeląg Z., Tarasiuk St. 2011. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 2011–2035. DGLP, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 1–142. ISBN 978-83-61633-60-0.
- Bednarek T. 2003. Zmienność osobnicza jodły (*Abies alba* Mill.) z Sudetów Zachodnich w nasiennej plantacji zachowawczej w Nadleśnictwie Kamienna Góra. Praca doktorska, Katedra Hodowli Lasu AR w Poznaniu, 154 s.
- Bobrinev V.P., Pak L.N. 2007. Sozdanie lesosemennyh plantacij sosny na selekcionnoj osnove v Vostocnom Zabajkal'e. *Lesnoe Chozajstvo*: 29–30.
- Kanák J., Klápště J., Lstibůrek M. 2009. Úvodní genetické hodnocení semenných sadů borovice lesní v západních Čechách. *Zprávy lesnického výzkumu* 3: 189–204.
- Kocięcki S. 1988. Wytyczne w sprawie selekcji drzew na potrzeby nasiennictwa leśnego. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria B*, 7: 1–61.
- Korczyk A.F. 1997. Zachowanie zasobów genowych starych drzew i ginących gatunków drzewiastych w północno-wschodniej Polsce. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 29 s.
- Korczyk A.F. 2008a. Archiwa klonów rodzimych i starych drzew sosny zwyczajnej i świerka pospolitego w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 69(4): 1–17.
- Korczyk A.F. 2008b. Inwentaryzacja drzew starych i drzew ginących w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 69(2): 117–126.
- Korczyk A.F. 2010. Archiwum klonów starych drzew sosny zwyczajnej w Puszczy Knyszyńskiej. *Leśne Prace Badawcze* 71(1): 5–12. DOI 10.2478/v10111-009-0043-9.
- Korczyk A.F., Matras J. 2006. Program zakładania i prowadzenia archiwum klonów drzew leśnych Polski północnowschodniej. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 22 s.
- Korczyk A.F., Myszczyńska I. 2012. Archiwum klonów starych drzew sosny zwyczajnej w Puszczy Augustowskiej. *Leśne Prace Badawcze* 73(1): 33–44. DOI 10.2478/v10111-012-0004-6.
- Kroon J., Wennstrom U., Prescher F., Lindgren D., Mullin T.J. 2009. Estimation of clonal variation in seed cone production over time in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seed orchard. *Silvae Genetica* 58(1/2): 53–62. DOI 10.1515/sg-2009-0007.
- Ludwikowska A., Kowalkowski W., Tarasiuk S. 2011. Wzrost szczepów lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Susz. *Leśne Prace Badawcze* 72(2): 121–130. DOI 10.2478/v10111-011-0013-x.
- Matras J. 1996. Rejestr bazy nasiennej w Polsce. Warszawa, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, 328 s.
- Matras M. 2012. Zróżnicowanie wybranych cech szczepów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z Puszczy Augustowskiej. Maszynopis pracy magisterskiej, 81 s.
- Niemczyk M. 2005. Struktura genetyczna jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Karkonoskim Parku Narodowym oraz wzrost

- szczepów jodły w klonowych archiwach genetycznych. Praca doktorska. Katedra Hodowli Lasu AR w Poznaniu, 135 s.
- Sokołowski A.W. 2006. Lasy północno-wschodniej Polski. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 359 s. ISBN 9788389744401.
- Šejkina O.V., Lebedeva E.P. 2010. Semenošenje klonov pljusovych derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii v Ęuvašskoj Respublike. *Lesnyj Źurnal* 1: 48–52.
- Trojakiewicz M., Burczyk J. 2005. Efektywna liczba klonów na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 149(11): 50–58. DOI 10.26202/sylwan.2004034.
- Wilczkiewicz M. 1975. Badania z zakresu zakładania, prowadzenia i użytkowania plantacji nasiennych Św, Md, So, Bk, Jw. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 82 s.

### **Wkład autorów**

M.M-Z – koncepcja pracy, przygotowanie maszynopisu, korekta; M.M-Z., A.Z. – prace terenowe, opracowanie metodyki, A.Z. – przegląd literatury.

## Variability of old Scots pine *Pinus sylvestris* L. vegetative progeny from the Augustowska Primeval Forests

Małgorzata Matras-Zarzecka,\* Artur Zarzecki

Plaska Forest District, Żyliny, Sucha Rzeczek 60, 16–326 Plaska, Poland

\*Tel. +48 87 6418723 wew. 211, e-mail: [malgorzata.matras1@bialystok.lasy.gov.pl](mailto:malgorzata.matras1@bialystok.lasy.gov.pl)

**Abstract.** This study was carried out in the clone archive of old Scots pine *Pinus sylvestris* L. trees located in the Augustowska Primeval Forest. The aim of the study was to determine the intra-clonal diversity among quantitative and qualitative traits of the vegetative progeny of Scots pine trees older than 200 years. Our analyses included traits such as survival rate, height and diameter at breast height (DBH), stem straightness, length and width of the crowns as well as branch thickness and growth angle. There was no significant correlation between the age of mother trees and the traits of their vegetative progeny. However, mother trees did affect the survival of the progeny. In overall, the survival rate of grafts in the archive is high (about 80% at the age of 13 years) and there have been no significant fluctuations in recent years. Nevertheless, the variability of quantitative traits among vegetative progeny was high with the average height ranging from 2.16 m up to 6.71 m, and in the case of DBH, ranging from 3.23 cm to 12.1 cm. Both, height of trees and their DBH, were significantly different among the analysed clones. These intra-clone differences in growth traits indicate a high environmental impact on the growth and performance of clones. However, the diversity of quantitative and qualitative traits is comparable to the differences observed in the economic seed orchards with seedlings at a similar age. Most of the genotypes planted in the archive are fully viable and have matured to the stage of seed production. The clone archive can thus be viewed as both, a conservation effort and to obtain valuable seeds from the point of view of tree breeding. Therefore, establishing archives of tree clones using valuable genotypes is an effective method of conserving individual genotypes even of very old individuals.

**Keywords:** Old trees, clonal archive, grafts, vegetative progeny, conservation of genotypes

### 1. Introduction

One of the most important challenges of Polish forestry in the coming period will be the protection of biological diversity, including genetic diversity, which will condition the possibility of conducting continuous and sustainable forest management as the climate changes. Protecting genetic diversity is conducted as a long-term program of the State Forests (Barzdajn 2011). Ad hoc measures are also taken to protect endangered species, populations or even individual genotypes. One of the most valuable activities in this field was the initiative to protect old trees, the remaining natural populations growing in forests. In 1985, an inventory was begun of old, over 200-year-old trees in the oldest forests growing in north-eastern Poland, which included the Augustów Primeval Forest. These are most probably seed

trees of about 8–12 trees/ha left in clearcuts in the 19<sup>th</sup> century for supplementary sowing in accordance with the Hartig method (Brody 1984, 1988 after Korczyk 2008a). These trees are especially valuable due to the management practices of the past (natural renewal), which enabled the gene resources of the populations growing there to survive. The trees in question are relics of native, wild populations formed in the process of natural selection, so they are highly adaptable because they represent the genotypes growing in this area before intensive forest management began (Sokołowski, 2006). Therefore, it is extremely important to make an inventory of old trees and preserve their genetic resources for future generations (Korczyk 1997).

The inclusion of old trees, not only to protect genetic variability, but also for selective forest tree breeding programs is extremely important. Activities relating to the conserva-

Received: 22.05.2018, reviewed: 4.01.2019, accepted: 24.02.2019.

tion of the genetic resources of these genotypes should include several successive stages: conducting an inventory of the trees, the vegetative reproduction of selected genotypes, planting them in an archive (archives) and determining the detailed characteristics of the vegetative variability of the progeny of the protected genotypes (Korczyk, Matras 2006).

The only known technique for the long-term conservation of these genotypes is their vegetative propagation and planting the obtained progeny in clonal archives (Bednarek 2003). Single trees aged over 200 years were also found in the Augustowska Primeval Forest (Korczyk 1997). Dr. A. Korczyk inventoried the old pines in this area, and then took measures for their vegetative propagation (grafting). In 1999, a clonal archive was established in the Pomorze Forest Inspectorate in the Rygol (branch 960ab) and Wilkokuk Forest Districts (section 637d).

## 2. Aim of the work

The aim of the study was to assess the variability of the quantitative and qualitative traits of the vegetative progeny of *Pinus sylvestris* L. Scots pine genotypes from the Augustów Primeval Forest located in the clonal archive of the Rygol Forest District.

## 3. Materials and methods

### 3.1. Study subject

Studies on the variability of the quantitative and qualitative traits of the vegetative offspring of old Scots pine trees from the Augustów Primeval Forest were conducted in the clonal archive established in unit 960ab of the Rygol Forest District. The archive covers an area of 3.4 ha and is divided by a forest path into two parts. Maps of the area show the distribution of individual grafts, among others, those included in the studies of Korczyk and Myszczyńska (2012) and Matras (2012). The archive was established in fresh coniferous habitat, on brunic arenosols made of loose sands. The archive contains 60 offspring of selected trees representing three main habitats in which pine grows in the Augustów Primeval Forest (fresh coniferous – Bśw, fresh mixed coniferous – BMśw, fresh deciduous – LMśw). These habitats are not equally represented. Most of the old trees are from the BMśw habitat (39 individuals), many fewer from the Bśw (17) habitat and only 4 from the LMśw habitat. The highest age diversity of mother trees occurs in the Bśw habitat (208–319), slightly lower diversity in the BMśw habitat (221–292 years), and distinctly lower in the LMśw site (212–252 years). The variability of individual growth characteristics of the mother trees is significant. Even though the average diameter at breast height of the trees from different habitats is almost identical, you can see a clear increase in average tree

height as the fertility of the habitat increases. The main criterion for selecting trees for the archive was age, initially defined by using data from the forest management plan, and then verified on the basis of bores. Selected trees were characterized in detail and described in an information card. The study by Korczyk and Myszczyńska (2012) provides the scope of the measurements and observations of mother trees, information on the production of the vegetative progeny and detailed data on the established clonal archive, including surface maps, distribution scheme and the number of clones planted in the area.

The archive was founded in the autumn of 1999. Grafts were planted in  $5 \times 7$  m spacings in sites with manually prepared soil. In subsequent years, the soil was hoed, the spacings were weeded, and emerging basal shoots and seedlings of deciduous species were removed.

### 3.2 Measurements and field observations

The grafts in the experimental plot were measured in terms of their survival, height and DBH, stem straightness, crown length and width, as well as branch thickness and growth angle.

The height of the grafts was measured with measuring patches to an accuracy of 5 cm, the DBH of the saplings was measured with a millimetre graduated diameter gauge with an accuracy of 1 mm. Qualitative traits were estimated on a four-point scale similar to the one used for the characteristics chosen to preserve the parent trees. This scale was partially modified to take into account the variability of the assessed traits of individual trees occurring in the plot. An important modification of the scale assessing the progeny was the distinction of a group of grafts having a shrubby form, which were excluded from further assessment of qualitative traits. The scale of evaluation of the individual features was determined in the plot, taking into account their maximum range. Next, the grafts were classified into individual groups categorized by the highest, the lowest and the intermediate value of a given feature. In the case of crown length, the group with the highest value were grafts with crowns clearly longer than half of the height of the trees, the group with the lowest value of crown length were clearly shorter than half the height of the trees and the group with an average value of this feature were trees with crowns of a similar length to half of their height. Table 1 presents the description of the applied quality assessment scale.

The qualitative characteristics were assessed during the growing season, and the quantitative characteristics were measured in the autumn of 2012 after the end of the tree growth season.

### 3.3. Statistical analysis of the study results

The diversity of the quantitative features was estimated with one-way analysis of variance and the significance of

**Table 1.** Artificial scale for estimation the qualitative characters of Scots pine clones

Character \ Scale	0	1	2	3
Straitness of stem	bushy form	many crooks in different direction	crooks in one direction	stright
Lenght of crown	bushy form	short >>1/2H*	intermediate 1/2H	long <<1/2H
Width of crown	bushy form	wide w/l>1**	intermediate w/l 1	narrow w/l.<1
Thickness of branches	bushy form	thick <1/2d***	intermediate ½ d	thin >1/2d
Angle of branches	bushy form	less than 45°	between 45–90°	close by 90°

\*proportion the lenght of crown to total height, \*\* proportion the width to length of crown, \*\*\* proportion thickness of branches to thickness of stem in the same of whorl

differences in mean values of the analysed features was determined by using Tukey's post-hoc LSD test to distinguish homogeneous groups.

## 4. Findings

### 4.1. Quantitative features

#### 4.1.1. Survival

Results of the assessment of graft survival in the study plots are presented in Table 2 and Figures 1 and 2. The diversity of clones in terms of survival was relatively high, and the observed differences were statistically significant. Tukey's test allowed us to distinguish 6 homogeneous groups. The average survival rate of the clones was 78.65% and ranged from 41.67% in the case of clone number 18 to 100% in the case of clones with the numbers 7, 15, 264, 286, 293, 294, 298, 316, 325 and 390. The greatest changes in survival were observed in the first period of graft growth. From 2006 to 2012, a relatively small (under 4%) average decrease in survival was mainly due to a significant decrease in the value of this feature in three clones, numbers 18, 300 and 388. Of the 60 clones analysed, 9 (15%) were still characterized by a survival rate of 100%, 17 had a rate of above 90% and 7 a rate below 60%. The survival of the grafts was significantly influenced by, among others, the growing conditions of the mother trees. Higher survival rates of the grafts were observed as the fertility of the habitat increased, both after 6 and 12 years of the progeny growing in the archive (Fig. 2).

#### 4.1.2. Height

The variation in the height of the grafts in the study plots is shown in Table 2 and Figure 3. This differentiation has a very high statistical significance (Table 3). The distribution of this trait in the plots ranged from 1.55 m to 7.85 m, and its average values for the clones was from 2.16 m (clone no. 295) to 6.71 m (clone no. 389). The analysis of variance resulted in 5 homogeneous groups with different representativeness being distinguished. Groups with extreme values, including the best and worst clones, were relatively few, while intermediate groups had a large number of clones. The best-growing clone, number 389, was significantly better than the next in the ranking, clone no. 1. Similarly, the worst clone, no. 295, was significantly worse than the next clone, no. 303. The fact that the height of the analysed clones is diversified is of interest. In this case, it is also possible to distinguish groups of clones with a low and high differentiation, both in the group of clones growing well, as well as those with poor growth.

#### 4.1.3. Diameter at breast height

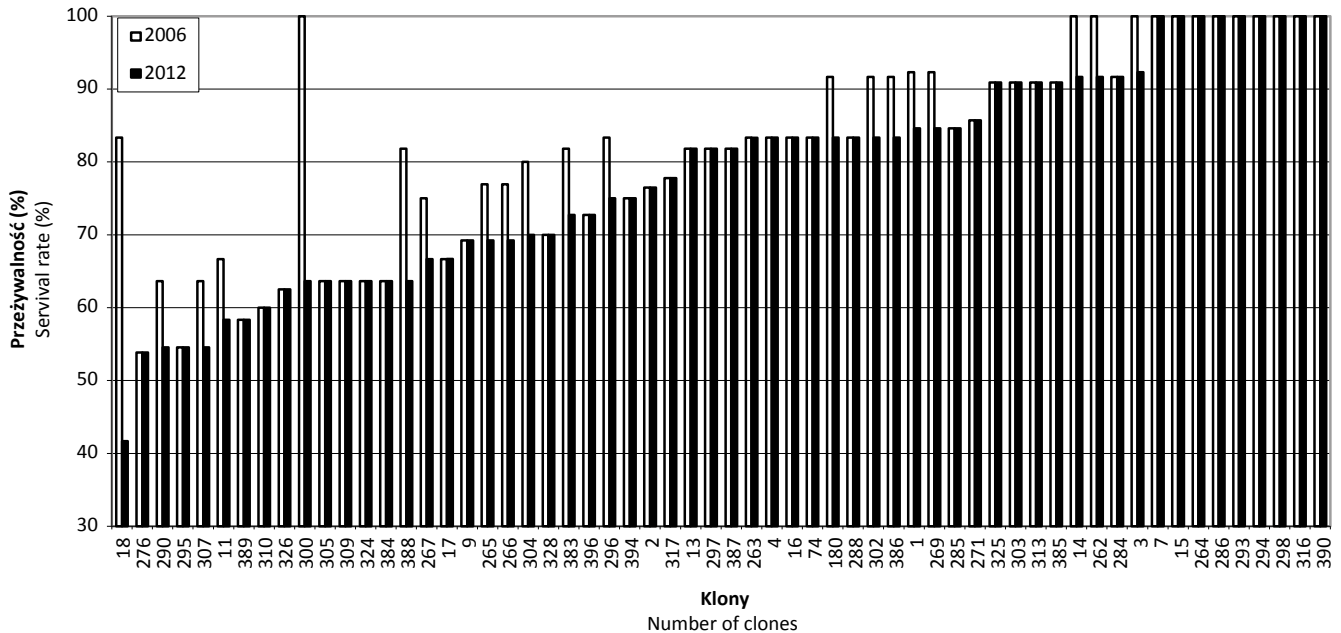
The DBH diversity of the clones in the study plots is presented in Table 2 and Figure 4. As in the case of heights, the observed variation has a very high statistical significance (Table 3). The total range of DBH measurements of the grafts ranged from 1.55 to 15.5 cm, and the average values of this attribute for the clones was from 3.23 to 12.1 cm. On the basis of the performed analysis of variance, 6 homogeneous groups with differing representativeness were distinguished. Groups with extreme values, including the clones with the best and worst growth, were relatively small, while the intermediate groups

**Table 2.** The mean value of qualitative and quantitative characters of the Scots pine clones growth in clonal archives in Rygol

Nr of clone	No of ramets	Survival rate 2006 year	Survival rate 2012 year	Height [m]	Height standard error	Diameter	Diameter standard error	Strainness of stem	Length of crown	Width of crown	Thickness of branches	Angle of branches
1	11	92.3	84.6	6.21	0.216	11.67	0.432	2.64	3.00	2.27	1.82	3.00
2	13	76.5	76.5	4.85	0.347	7.88	0.855	2.46	2.86	1.85	2.08	1.92
3	12	100.0	92.3	4.60	0.352	7.99	0.847	2.17	2.75	2.08	2.17	1.83
4	10	83.3	83.3	4.98	0.312	9.93	0.844	2.40	2.80	2.10	1.90	1.90
7	12	100.0	100.0	5.17	0.292	8.61	0.767	2.42	2.83	2.00	2.25	2.25
9	9	69.2	69.2	5.65	0.436	9.40	0.964	3.00	2.89	2.11	2.11	2.11
11	7	66.7	58.3	3.92	0.367	7.26	0.778	2.57	2.57	2.00	2.14	1.71
13	9	81.8	81.8	4.41	0.464	7.74	1.095	2.78	3.00	2.11	2.11	2.00
14	12	100.0	91.7	4.83	0.305	9.52	0.844	2.55	2.91	2.09	2.09	1.91
15	11	100.0	100.0	4.93	0.318	8.19	0.739	2.46	2.82	2.64	2.73	1.73
16	10	83.3	83.3	3.90	0.311	6.07	0.766	2.00	2.89	1.67	2.00	1.78
17	9	66.67	66.7	4.43	0.398	7.70	0.857	2.78	2.67	1.89	2.00	1.89
18	5	83.33	41.7	5.28	0.249	10.06	0.535	2.40	3.00	1.60	1.80	1.80
74	10	83.33	83.3	5.02	0.268	8.21	0.580	2.70	2.90	2.10	2.40	2.10
180	10	91.67	83.3	4.93	0.477	9.03	1.025	2.40	2.80	1.60	1.60	1.90
262	11	100.0	91.7	5.47	0.304	10.41	0.761	2.46	2.82	1.46	1.55	2.18
263	11	83.3	83.3	5.31	0.257	9.65	0.427	2.55	2.91	1.73	1.73	2.18
264	13	100.0	100.0	5.67	0.194	10.79	0.339	1.62	2.846	1.39	1.54	1.77
265	9	76.9	69.2	5.97	0.424	8.98	0.832	2.67	2.667	2.22	2.33	1.67
266	9	76.9	69.2	5.40	0.349	8.97	0.668	2.67	2.778	2.11	2.22	2.00
267	8	75.0	66.7	4.67	0.251	8.28	0.845	2.63	2.625	2.13	2.13	1.75
269	11	92.3	84.6	4.91	0.228	8.28	0.545	2.73	2.727	2.27	2.27	1.73
271	12	85.7	85.7	4.87	0.447	8.08	0.961	2.67	2.667	2.42	2.33	1.83
276	7	53.6	53.9	4.71	0.527	7.71	0.870	2.57	2.429	2.29	2.43	1.71
284	11	91.7	91.7	5.33	0.174	9.06	0.490	2.36	2.818	1.82	1.91	2.09
285	11	84.6	84.6	5.61	0.254	10.36	0.719	2.91	2.818	1.46	1.91	1.64
286	13	100.0	100.0	5.38	0.278	9.27	0.730	2.69	2.615	1.85	1.85	2.00
288	10	83.3	83.3	4.59	0.384	8.15	0.976	2.50	2.6	2.20	2.3.0	2.30
290	6	63.6	54.6	4.75	0.544	9.53	0.958	3.00	2.833	1.83	2.17	1.83
293	11	100.0	100.0	4.39	0.250	8.56	0.840	2.18	2.636	1.64	1.55	1.91
294	11	100.0	100.0	4.24	0.292	7.06	0.722	2.18	2.727	2.18	2.18	1.91
295	6	54.6	54.6	2.24	0.184	3.58	0.423	0.00	2.8	1.20	2.80	2.80

Nr of clone	No of ramets	Survival rate 2006 year	Survival rate 2012 year	Height [m]	Height stan- dard error	Diameter	Diameter standard error	Straitness of stem	Lenght of crown	Width of crown	Thicknees of branches	Angle of branches
296	9	83.3	75.0	3.80	0.260	6.68	0.721	1.11	2.778	1.56	2.22	1.89
297	9	81.8	81.8	5.30	0.213	9.71	0.652	2.22	2.444	2.11	2.33	2.00
298	11	100.0	100.0	5.05	0.409	9.027	0.986	2.00	2.818	1.46	1.64	1.91
300	7	100.0	63.6	5.32	0.226	10.09	0.851	2.86	3.00	2.00	1.71	1.86
302	10	91.7	83.3	5.51	0.313	9.54	0.955	2.70	2.80	2.20	2.30	2.20
303	10	90.9	90.9	2.56	0.208	3.75	0.486	0.40	2.90	1.40	2.70	2.20
304	7	80.0	70.0	5.30	0.309	9.90	0.899	2.71	2.714	2.27	2.286	1.86
305	7	63.6	63.6	5.14	0.452	8.83	1.301	2.43	2.714	2.00	2.00	1.71
307	6	63.6	54.6	5.17	0.169	9.25	0.699	2.50	2.667	2.33	2.50	1.67
309	7	63.6	63.6	5.28	0.286	9.11	0.825	2.14	2.71	2.29	1.86	1.86
310	6	60.0	60.0	5.02	0.579	8.66	1.209	2.43	2.62	2.33	2.13	1.86
313	10	90.9	90.9	5.41	0.231	9.72	0.788	2.40	3.00	1.90	1.70	2.40
316	11	100.0	100.0	5.17	0.287	9.21	0.816	2.27	2.82	1.82	1.73	1.82
317	7	77.8	77.8	4.81	0.522	8.27	1.070	2.57	2.71	2.29	2.14	2.14
324	7	63.6	63.6	5.24	0.525	9.56	1.166	2.43	2.43	1.43	1.71	1.71
325	11	90.9	90.9	5.65	0.341	8.86	0.796	2.18	2.46	1.55	2.09	2.18
326	5	62.5	62.5	4.48	0.527	7.23	0.720	1.80	2.60	2.40	2.20	1.40
328	7	70.0	70.0	5.13	0.398	8.29	0.996	2.43	2.43	2.14	2.00	2.57
383	8	81.8	72.7	4.70	0.194	8.26	0.765	2.63	2.38	2.13	2.00	1.75
384	7	63.6	63.6	5.38	0.672	9.51	1.326	2.57	3.00	1.71	2.00	2.14
85	10	90.9	90.9	5.61	0.285	10.00	0.513	2.60	3.00	1.80	1.90	1.70
386	10	91.6	83.3	4.92	0.240	8.24	0.648	2.00	2.90	1.90	1.80	2.20
387	9	81.8	81.8	6.21	0.324	11.37	0.805	2.67	2.89	1.56	1.22	2.11
388	7	81.8	63.6	5.40	0.608	9.30	1.339	2.86	3.00	1.86	2.29	2.14
389	7	58.3	58.3	6.71	0.237	12.09	0.636	2.29	2.86	1.57	1.43	1.86
390	11	100.0	100.0	4.91	0.234	9.62	0.684	2.18	3.00	1.36	1.82	1.46
394	9	75.0	75.0	5.41	0.488	9.96	1.098	2.44	2.89	1.44	1.33	2.22
396	8	72.7	72.7	4.68	0.387	7.65	0.646	2.27	2.77	1.83	2.19	2.17
<b>LMśw</b>	53	84.4	81.4	5.16			9.14	2.42	2.77	2.09	1.99	2.25
<b>BMśw</b>	349	83.2	78.7	4.98			8.76	2.43	2.77	1.95	2.04	1.93
<b>Bśw</b>	151	79.4	76.3	4.99			8.77	2.22	2.79	1.79	2.00	1.98

LMśw – fresh mixed broadleaved forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest, Bśw – fresh coniferous forest



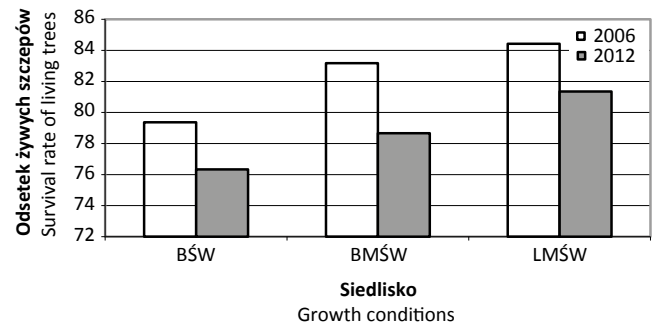
**Figure 1.** Survival rate of trees in clones in 2006 and 2012 years in Rygol clonal archive

contained a large number of clones. The clone with the best DBH growth was clone no. 389, but it did not exhibit such domination as with the height measurements, while the two weakest clones, nos. 295 and 303, had significantly smaller DBHs than the next, third one, clone no. 296. The ranking of the clones in terms of mean height and DBH is very similar.

#### 4.2. Qualitative features

To estimate the variability of the qualitative features of clones in the archive, the stem straightness, crown width and length, branch thickness and growth angle of the grafts were assessed.

The greatest variation among the quantitative features was observed for stem straightness (Table 2). The grafts assessed in the clonal archive were characterized by relatively good qualitative characteristics of the stem. Out of 550 assessed grafts, only 26 (4.7%) were classified as ‘0’ with the shrubby form and clones numbered 295, 303 and 296 were exceptionally negative in this respect. When omitting the ‘0’ class, the average value of this feature was 2.49 in the three-point straight stem rating scale. This is relatively high, which is a positive sign of the straightness of most of the pine trees’ stems. However, the clones also exhibited high variability for this trait, mainly in terms of the participation of individuals in particular classes. Of the 60 clones analysed, only individuals with numbers 2 and 290 were included in the best quality class. In the case of 13 clones, particular individuals were



**Figure 2.** Change in survival rate of the Scots pine clones in time and conditions of growth of mother trees

classified to three quality classes, and the remaining clones were in two classes of stem quality. Particularly noteworthy are the clones with a high proportion of individuals having completely straight stems assessed as class ‘3’.

The vegetative progeny of mother trees growing in the clonal archive were characterized by relatively long crowns. The variability of this feature was relatively low, and the average value of the crown length index for all analysed individuals was exceptionally high, amounting to 2.78 in the three-point rating scale. Of the 550 grafts assessed, 425 individuals (85%) were classified to class ‘3’.

The grafts assessed in the experimental plot were characterized by a relatively large variation in crown width, with a predominance of individuals having wide crowns. The aver-

**Table 3.** Results of statistical analyses qualitative characters of the Scots pine clones in archive Rygol

Results of statistical analyses					
	df	SS	MS	F	Pr(>F) P
Diameter					
Clones	59	1184.	20.072	3.197	1.72e-12***
Error	493	3095.0	6.278		
Height					
Clones	59	273.7	4.639	4.222	<2e-16 ***
Error	493	541.7	1.099		
Level of differences: 0 '***'					

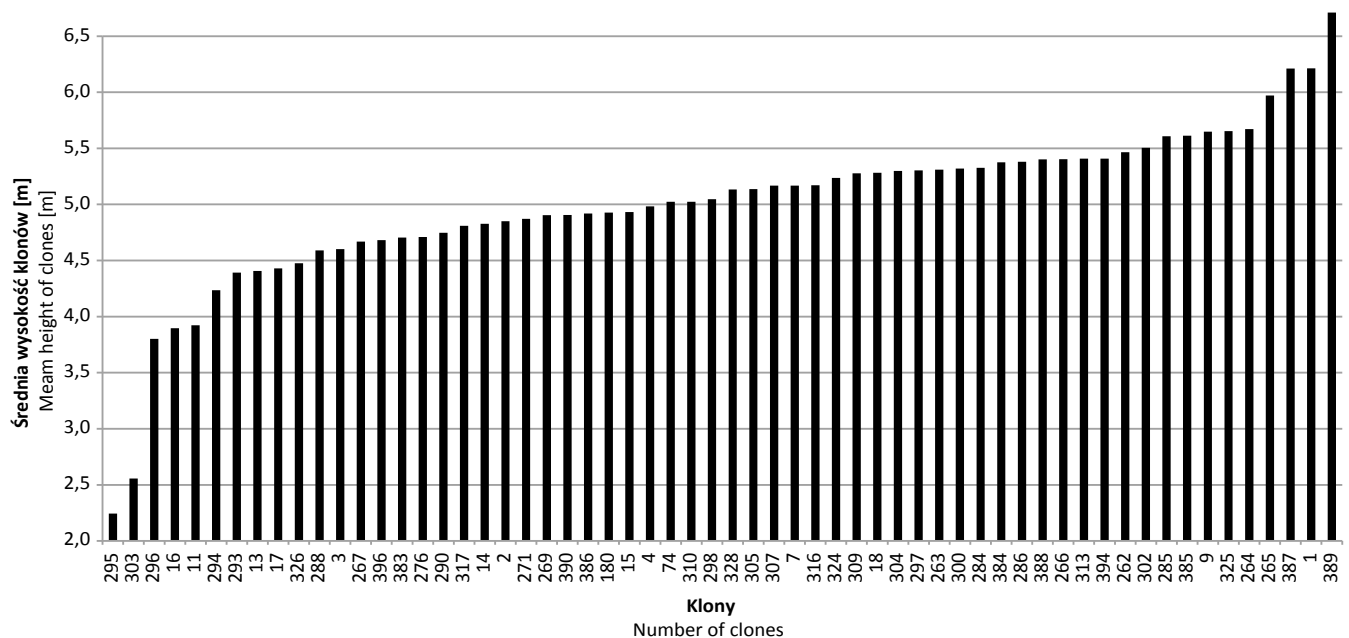
age value of the crown width index of 550 individuals was 1.915 and was the lowest of all analysed qualitative traits. There were as many as 152 individuals in the group classified to class '1'. Of the 60 analysed clones, there was not a single one with all of its individuals having only narrow crowns. The assessment of crown characteristics estimated in the archive plots clearly characterizes the natural properties of the mother trees in terms of these features, since the spacing of the progeny planting was conducted in such a way that enabled them to grow without being affected by their neighbours for the entire period up to the moment of taking the last measurements.

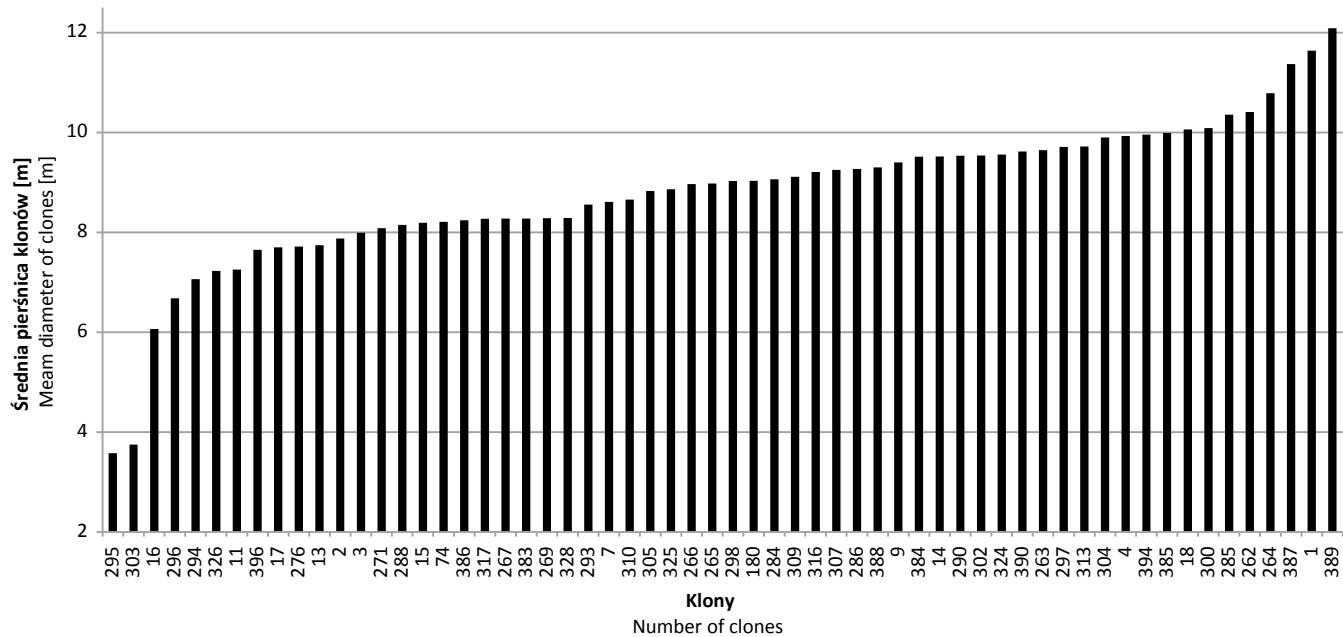
The average values of the clones' branch thickness are presented in Table 2. The assessed grafts in the experimental plots were characterized by average branch thickness characteristics. Of the 550 grafts assessed, there were respectively 134 in class 1 (thick), 276 in class 2 (moderately thick) and 141 in class 3 (thin). The average value of this characteristic of the clones is also confirmed by the average index for the plot of 1.98 in the three-point rating scale.

As in the case of branch thickness, the grafts were found to have average values of branch growth angle (1.98 in the three-point rating scale), and its variability was small.

#### 4.3. The influence of the characteristics of mother trees on the growth and development of their vegetative progeny

Having at our disposal data on the age and quantitative features of the mother trees (Korczyk, Myszczynska 2012; Matras 2012), an attempt was made to assess them depending on the quantitative characteristics of their progeny in the clonal archive. In most cases, the correlation coefficients of the mother trees' characteristics and their progeny were minimal (close to zero). The age of the mother trees on the survival of the grafts was also not confirmed. Information about the lack of a correlation of growth traits of the vegetative progeny with the age of mother trees is valuable, although not entirely consistent with the general thesis on the negative influence of age on the dynamics of progeny growth, also vegetative. The lack of a negative impact of the mother trees' age on progeny growth suggests the possibility of

**Figure 3.** Mean height [m] of clones in clonal archive Rygol



**Figure 4.** Mean diameter [cm] of clones on experimental plot Rygol

using vegetative reproduction by grafting for both selective breeding as well as the conservation of genetic resources of even very old Scots pine trees.

The observed dependencies between the mother trees and their progeny were observed only in terms of the conditions of growth and survival of the progeny. This indicates the need to precisely select the location of archives in order to create optimal conditions (not only soil conditions) for their growth.

## 5. Summary and discussion

The average survival rate of pine grafts after 13 years of growth in the experimental plots of Rygol Forest District was 78.65%, which was relatively high. The greatest changes in survival were observed at the initial stage of graft growth. Most data in the literature on the survival of grafts concern seed orchards that collect grafts grown from much younger mother trees. The survival of grafts in Scots pine seed orchards is usually high and ranges between 80–90% (Wilczkiewicz 1975; Kocięcki 1988; Matras 1996; Trojakiewicz, Burczyk 2005; Bobriniev, Pak 2007; Kanak et al. 2009; Kroon et al. 2009; Šejkina, Lebedeva 2010). In the first few years after planting, a relatively high (94–98%) survivability of fir grafts was observed in conservation seed orchards of this species established in the Sudety Mountains under the ‘Sudety Mountain fir restitution program’ (Bednarek 2003; Niemczyk 2005); however, this case concerns relatively young mother trees. The survival of grafts grown from

old, over 200-year-old pines differs. According to Korczyk (2010), on the basis of observations from the archives of clones in the Augustów, Białowieża and Knyszyńska Forests, as the age of mother trees increases, the survivability of the grafts obtained from them generally decreases, which can significantly impact the effects of grafting and the subsequent growth of the grafts. Undoubtedly, other factors, including genetic ones, significantly influence the growth and development of grafts. As was shown in the case of the Rygol plots, the habitat of the mother trees also influenced the survival of the grafts grown from them.

The diversity of quantitative traits of the grafts – diameter at breast height and height – was very high in the analysed plots and fluctuated in the case of average height from 2.16 m to 6.71 m, and in the case of DBH from 3.23 cm to 12.1 cm. The analysed clones differed very significantly in terms of DBH and height. The intra-clonal diversity of the growth traits indicates the high impact of habitat on the growth and development of clones. Other factors, such as the rootstock or making the graft properly may undoubtedly modify the growth and development of grafts significantly. Additionally, in this case, the clones represent various populations growing in different habitat conditions.

Niemczyk (2005) also observed high, statistically significant differences in the growth of fir grafts in the first few years after planting, both between clones in the plots, between individual plots, as well as between the years of the observation in the conservation seed orchards of silver fir.

Similar statistically significant differences were ob-

served in the conservation seed orchard of fir established in the Kamienna Góra Forest Inspectorate under the ‘Fir Restitution Program’ (Bednarek 2003) and small-leaved lime at the seed orchard in the Susz Forest Inspectorate (Ludwikowska et al. 2011). The differentiation of the grafts’ growth confirmed in the plots is not an isolated phenomenon. Relatively large differences are observed in economic plantations, and not only ones of pine. In this case, as in the case of hereditary studies, intra-clonal variability is often greater than inter-clonal variability. Similar differences were observed by Korczyk (1997, 2008a, b, 2010) on other plots with clones representing other forest complexes established to conserve old trees.

The grafts assessed in the experimental plots were characterized by relatively good qualitative characteristics of the stem and crown length as well as average features of crown width, branch thickness and growth angle.

The literature on the issue under discussion lacks detailed characteristics of the qualitative traits of grafts, so it is difficult to refer the obtained results to published information. In the seed orchards operating within the seed base of the State Forests, the qualitative characteristics of grafts are assessed when planning and determining cuts. Although these data cannot be directly compared, the scale of the variation in the qualitative traits found in the economic plantations of Scots pine is similar to what was observed in the clonal archive of the Rygol Forest District.

## 6. Conclusions

The diversity of the quantitative traits of grafts in the clonal archive of Rygol Forest District is high and statistically significant for most traits. Large variation occurs both between the clones being analysed and within the clones themselves, which is evidence of its genetic and environmental character.

In the first years of growth (up to 6 years of age) of the progeny of mother trees, significant changes in the survival of individual clones were observed. In the next period (6–12 years of age), changes in this trait were small and rather random (impact of game animals).

The lack of a negative correlation between age and the quantitative features of mother trees with the growth of their progeny in the archive indicates the possibility of applying this breeding method both for selective forest tree breeding as well as for the conservation of the genetic resources of forests.

Establishing archives of valuable clones, for various reasons, genotypes of forest trees, even of very old individuals, seems to be a sufficiently effective method of protecting individual genotypes.

## Conflict of interest

The authors declare the lack of potential conflicts of interest.

## Acknowledgements and source of funding

The research was financed from the authors’ own funds.

## References

- Barzdajn W., Błonkowski S., Burczyk J., Chałupka W., Fonder W., Grądzki T., Gryzłó Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Koziół Cz., Matras J., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szelałg Z., Tarasiuk St. 2011. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 2011–2035. DGLP, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 1–142. ISBN 978-83-61633-60-0.
- Bednarek T. 2003. Zmienność osobnicza jodły (*Abies alba* Mill.) z Sudetów Zachodnich w nasiennej plantacji zachowawczej w Nadleśnictwie Kamienna Góra. Praca doktorska, Katedra Hodowli Lasu AR w Poznaniu, 154 s.
- Bobrinev V.P., Pak L.N. 2007. Sozdanie lesosemmenyh plantacij sosny na selekcionnoj osnove v Vostocnom Zabajkal’e. *Lesnoe Chozajstvo* 1: 29–30.
- Kanák J., Klápště J., Lstibůrek M. 2009. Úvodní genetické hodnocení semenných sadů borovice lesní v západních Čechách. *Zprávy lesnického výzkumu* 3: 189–204.
- Kocięcki S. 1988. Wytyczne w sprawie selekcji drzew na potrzeby nasiennictwa leśnego. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria B*, 7: 1–61.
- Korczyk A.F. 1997. Zachowanie zasobów genowych starych drzew i ginących gatunków drzewiastych w północno-wschodniej Polsce. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 29 s.
- Korczyk A.F. 2008a. Inwentaryzacja drzew starych i drzew ginących w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 69(2): 117–126.
- Korczyk A.F. 2008b. Archiwa klonów rodzimych i starych drzew sosny zwyczajnej i świerka pospolitego w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 69(4): 1–17.
- Korczyk A.F. 2010. Archiwum klonów starych drzew sosny zwyczajnej w Puszczy Knyszyńskiej. *Leśne Prace Badawcze* 71(1): 5–12. DOI 10.2478/v10111-009-0043-9.
- Korczyk A.F., Matras J. 2006. Program zakładania i prowadzenia archiwum klonów drzew leśnych Polski północnowschodniej. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 22 s.
- Korczyk A.F., Myszczyńska I. 2012. Archiwum klonów starych drzew sosny zwyczajnej w Puszczy Augustowskiej. *Leśne Prace Badawcze* 73(1): 33–44. DOI 10.2478/v10111-012-0004-6.
- Kroon J., Wennstrom U., Prescher F., Lindgren D., Mullin T.J. 2009. Estimation of clonal variation in seed cone production over time in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seed orchard. *Silvae Genetica* 58(1/2): 53–62. DOI 10.1515/sg-2009-0007.

- Ludwikowska A., Kowalkowski W., Tarasiuk S. 2011. Wzrost szczepów lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Susz. *Leśne Prace Badawcze* 72(2): 121–130. DOI 10.2478/v10111-011-0013-x.
- Matras J. 1996. Rejestr bazy nasiennej w Polsce. Warszawa, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, 328 s.
- Matras M. 2012. Zróżnicowanie wybranych cech szczepów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z Puszczy Augustowskiej. Maszynopis pracy magisterskiej, 81 s.
- Niemczyk M. 2005. Struktura genetyczna jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Karkonoskim Parku Narodowym oraz wzrost szczepów jodły w klonowych archiwach genetycznych. Praca doktorska. Katedra Hodowli Lasu AR w Poznaniu, 135 s.
- Sokołowski A.W. 2006. Lasy północno-wschodniej Polski. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 359 s. ISBN 9788389744401.
- Šejkina O.V., Lebedeva E.P. 2010. Semenošenje klonov pljusovych derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii v Ėuvaškoj Respublike. *Lesnyj Žurnal* 1: 48–52.
- Trojakiewicz M., Burczyk J. 2005. Efektywna liczba klonów na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 149(11): 50–58. DOI 10.26202/sylwan.2004034.
- Wilczkiewicz M. 1975. Badania z zakresu zakładania, prowadzenia i użytkowania plantacji nasiennych Św, Md, So, Bk, Jw. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa, 82 s.

### Authors' contribution

M.M.-Z. – study concept, preparation of the manuscript, corrections; M.M.-Z., A.Z. – fieldwork, development of the methodology, A.Z. – literature review.