

Zmienność cech morfologicznych, wiosennego pędzenia pąków i kwitnienia świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.) na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Bielsk

Variability of morphological features, bud burst and flowering of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in the seed orchard of the Bielsk Forest District

Sławomir Mioduszewski*, Marek Rzońca

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

*Tel. +48 22 7150476, e-mail: S.Mioduszewski@ibles.waw.pl

Abstract. The main aim of this paper was to characterize Norway spruce clones in terms of bud burst, flowering and morphological features. Observation and measurements were carried out in the Norway spruce seed orchard of the Bielsk Forest District in the north-eastern part of Poland.

The seed orchard was established in 1989 and consists of 428 grafts of over 37 trees from the Białowieża Primeval Forest. An assessment of bud burst, stem forking, stem form, crown width, branch thickness, vitality, flowering and fructification as well as diameter measurements was done in 2013 and 2014.

The results showed variability of morphological features among different clones as well as within individual clones. Differences among clones in spring bud development, stem form and branch thickness were statistically significant. Additionally, a positive correlation between male and female flowering was observed. The research also confirmed an influence of the healthiness of the grafts on seed production with trees in a weakened state producing more seeds.

Keywords: Norway spruce, grafts, seed production, quantitative traits, phenology, fructification, heritability

1. Wstęp

Świerk pospolity (*Picea abies* [L.] Karst.) należy do sekcji *Eupicea*, rodzaju *Picea* i rodziny *Pinaceae* (Seneta, Dolatowski 2009). Obok sosny ma istotne znaczenie gospodarcze, jest gatunkiem domieszkowym, a naturalne lite drzewostany tworzy w piętrze od 1000 do około 1500 m n.p.m. Jest gatunkiem bardzo zmiennym i polimorficznym. Spowodowane jest to jego naturalnym zasięgiem, rozciągającym się od północnej Skandynawii i Syberii aż do Europy Południowej. Zmienność wewnątrzgatunkowa świerka pospolitego określana jest głównie na podstawie badań proweniencyjnych, według których wyróżniono 13 regionów (Giertych 1977) o zróżnicowanych cechach dziedzicznych. Różnice pomiędzy proweniencjami widoczne są w formie korony, gałęzi, szyszek, kory i są zależne od warunków środowiskowych i czynników genetycznych.

Świerk pospolity jest drzewem osiągającym wysokość do 50 m i pierśnicę do 200 cm. Rośnie dobrze na stanowiskach słonecznych i półcienistych, chłodnych o dużej wilgotności po-

wietrza (Pirc 2006). Występuje głównie w północno-wschodniej części kraju oraz w górach i na pogórzu, stanowiąc wraz z bukiem i jodłą główny gatunek lasotwórczy południowej Polski.

Świerk jest gatunkiem narażonym na zmiany klimatyczne i związane z nimi anomalie pogodowe. Jako pierwszy zareagował na suszę na początku lat 90. XX wieku, czego następstwem było osłabienie jego drzewostanów. Po obniżeniu odporności drzewostanów automatycznie wystąpiły szkody spowodowane przez kornika, a w szczególności kornika druzkarza (*Ips typographus* L.).

W warunkach klimatycznych Polski obradza średnio co 3–5 lat, natomiast na obrzeżach swojego zasięgu (Skandynawia) co 11–12 lat (Tomanek 1966; Chałupka 1975). Obecnie czynniki abiotyczne i biotyczne wpływają niekorzystnie na obradzanie świerka, powodując zachwianie systematyczności produkcji nasion. Od lat 80. XX wieku urodzaj jest nieregularny i w północno-wschodniej części kraju dopisał w latach: 1980, 1981, 1992, 1993, 1998 (Kantorowicz 2000).

Niesystematyczne obradzanie nie zapewnia odpowiedniej ilości i jakości nasion, które zaspokoiłyby potrzeby szkółkarskie. Taka sytuacja wymusiła na przełomie lat 80. i 90. tworzenie plantacji nasiennych świerka. Pierwsze pisemne opracowanie, dotyczące tworzenia plantacji nasiennych drzew leśnych, zostało zawarte w „Programie doskonalenia gospodarki nasiennej i wdrażania osiągnięć leśnej genetyki stosowanej w Lasach Państwowych w okresie 1975–1990” (1975). Jednak praktyczne wyznaczenie zadań i celów selekcji drzew leśnych do realizacji w jednostkach Lasów Państwowych nastąpiło dopiero pod koniec lat 80. XX w. (Kocięcki 1988). Kontynuacją wszystkich realizowanych programów hodowli selekcyjnej drzew leśnych, także prowadzenia plantacji nasiennych jest wdrożony w 1991 r. „Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010” (Burzyński et al. 1993), znowelizowany w roku 2000 (Burzyński et al. 2000) oraz przedłużony o „Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011–2035” (Barzdajn et al. 2009).

Celem pracy jest poznanie zmienności cech morfologicznych i fenologii (kwitnienia i wiosennego pędzenia) świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.) oraz ich zależności na plantacji nasiennej, w oddz. 282w leśnictwa szkółkarsko-nasiennego Grabowiec w Nadleśnictwie Bielsk.

2. Materiały i metody

Plantacja nasienne świerka

Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną Nadleśnictwo Bielsk znajduje się prawie w całości w IV Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, jedynie najbardziej wysunięte na północ tereny nadleśnictwa, położone w gminie Zabłudów (teren leśnictwa Pawły), należą do II Krainy Mazursko-Podlaskiej. Większość terenu nadleśnictwa leżąca w IV krainie zaliczono do 5. Dzielnicy Niziny Podlaskiej i Wysoczyzny Siedleckiej, mezoregionu „c” Wysoczyzny Bielskiej (Tramplera et al. 1986). Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 6,8°C, wahając się od -35,4°C do 35,5°C, a średnie roczne opady 593 mm (Górniak 2000).

Plantacja nasienne świerka pospolitego została założona wiosną 1989 r. i znajduje się na terenie leśnictwa szkółkarsko-nasiennego w Grabowcu, w oddziale 282w, w obrębie Bielsk. Obejmuje gleby powstałe z glin zwałowych, piasków i żwirów lodowcowych, na których występuje siedlisko LMśw (PUL 2008). Powierzchnia z pozostałym terenem szkółki leśnej jest ogrodzona siatką metalową 2-metrowej wysokości. Na terenie obiektu znajduje się wegetatywne potomstwo 37 drzew matecznych, pochodzących z Puszczy Białowieskiej. Dane dotyczące drzew matecznych zostały zaczerpnięte z „Rejestru bazy nasiennej w Polsce” (1996) (tab. 1).

Plan rozmieszczenia szczepów opracowano w 1988 r. w Instytucie Badawczym Leśnictwa. Plantacja nasienne o po-

wierzchni 2,04 ha została podzielona na trzy kwatery o różnicowanej powierzchni, na których łącznie wysadzono 544 szczepy: I kwatery – 187 szczepów, II kwatery – 170, III kwatery – 187. Świerki sadzono w więźbie 6×6 m. Po przeprowadzonych w obiekcie cięciach rozluźniających zostało 428 szczepów, z których dwa uschły w 2013 r. (ryc. 1).

Metody pomiaru

Prace terenowe na plantacji nasiennej świerka pospolitego przeprowadzono od maja do września 2013 r. i w kwietniu 2014 r. Przy pomiarach i opisach szczepów uwzględniono następujące cechy:

- pierśnicę w cm, z dokładnością do 0,5 cm,
- fazę fenologiczną wiosennego pędzenia (rozwoju pąków) wg skali (Kruttsch 1973):

- 0 – pąki uspione,
- 1 – początek nabrzmiewania pąków, szpilki pod pąkami zgięte na zewnątrz,
- 2 – pąki nabrzmiałe, jeszcze nieotwarte, barwy szarozielonej,
- 3 – pękające łuski pąków,
- 4 – początkowe wydłużanie szpilek, pąki podwójnej długości, szpilki niewyprostowane,
- 5 – pierwsze wyprostowanie szpilek, „pędzel malarski”,
- 6 – wydłużenie pędów, szpilki u podstawy niewyprostowane,
- 7 – różnicowanie pędów, szpilki u podstawy wyprostowane,
- 8 – wszystkie szpilki wyprostowane, rozwijające się nowe pąki, wydłużenie prawie całkowite.

Dla każdego szczepu określono fazę pędzenia (średnią wartość faz rozwojowych pąków), a następnie dla każdego klonu wyliczono wskaźnik pędzenia w kolejnym terminie obserwacyjnym (W_T) (Sabor et al. 1999) jako średnią arytmetyczną faz rozwoju wszystkich osobników według wzoru:

$$W_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

gdzie:

- n – liczebność osobników w pochodzeniu,
- x_i – wartość średniej fazy pędzenia osobnika i .

Analizę zróżnicowania pędzenia wiosennego pomiędzy klonami świerka przeprowadzono na podstawie przeciętnych wskaźników pędzenia (W_p) obliczonych w analizowanym sezonie wegetacyjnym ze wzoru:

$$W_p = \frac{1}{kn} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n x_i$$

gdzie:

- k – liczba terminów obserwacyjnych,
- n – liczebność osobników w pochodzeniu,
- x_i – wartość średniej fazy pędzenia osobnika i .

Za późno pędzące uznano klony, których wskaźnik W_p ma wartość mniejszą od średniej (\bar{x}) dla wszystkich klonów rosnących na plantacji nasiennej. Natomiast za wcześnie pędzące uznano te klony, których wartości wskaźnika W_p są większe od średniej:

Tabela 1. Charakterystyka świerka (*Picea abies* [L.] Karst.) z Puszczy Białowieżskiej wykorzystanego w 1989 r. do założenia plantacji nasiennej w oddz. 282w Nadleśnictwa BielskTable 1. Characteristic of the Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plus trees from the Białowieża Primeval Forest used in 1989 to establish the seed orchard in the compartment 282w of the Bielsk Forest District

Lp. No.	Nr drzewa wg. IBL Tree No. Acc. IBL	Rok uznania Year of acceptance	Nadleśnictwo Forest District	Obręb Precinct	Leśnictwo Forest Range	Oddział Com- partment	Wiek Age	Wysokość Height [m]	Pierśnica Diameter [cm]	Wskaźnik jakości / masy Index of the quality / thicknes
1	3130		brak danych / no data							
2	3396	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	448Da	120	38	63	A ⁺ B
3	3397	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	36	58	A ⁺ B
4	3398	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Cc	120	38	58	a B
5	3399	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Cc	120	38	54	a b
6	3400	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Cb	120	38	60	A B
7	3401	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	37	63	A ⁺ B
8	3402	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	38	53	A b
9	3403	1984	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	36	54	A ⁺ B
10	3415	1985	Hajnówka	Leśna	Judzianka	461Cd	90	34	54	A b
11	3416	1985	Hajnówka	Hajnówka	Wilczy Jar	419Dd	130	37	52	a b
12	3417	1985	Hajnówka	Hajnówka	Wilczy Jar	419Dd	130	37	68	a b
13	3419	1985	Hajnówka	Starzyna	Słobódka	663Ab	130	36	74	A B
14	3420	1985	Hajnówka	Starzyna	Słobódka	663Cb	130	35	58	A b
15	3421	1985	Hajnówka	Starzyna	Słobódka	695Af	140	35	56	A b
16	3422	1985	Hajnówka	Starzyna	Słobódka	663Da	130	35	56	a b
17	3423	1985	Hajnówka	Starzyna	Topiło	666Ad	140	35	62	A B
18	3424	1985	Hajnówka	Starzyna	Topiło	663Cd	160	34	84	a B
19	3425	1985	Hajnówka	Starzyna	Topiło	669Dd	150	36	84	a B
20	3426	1985	Hajnówka	Starzyna	Topiło	669Dd	150	36	67	A b
21	3429	1985	Browsk	Browsk	Loniczyno	52Ab	110	30	64	a b
22	3430	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	149Bc	140	32	50	a b
23	3431	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	149Bc	140	31	49	A b
24	3432	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	150Bd	130	32	66	A B
25	3433	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	150Bd	130	32	53	A b
26	3434	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	150Bd	130	32	52	A b
27	3435	1985	Browsk	Narewka	Nowosady	149Da	130	34	54	A b
28	3448	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	35	44	A b
29	3449	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	39	49	A b
30	3450	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	40	67	a B
31	3451	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	38	58	a b
32	3452	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ca	120	36	60	a B
33	3453	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	448Da	120	36	53	A b
34	3454	1985	Białowieża	Białowieża	Krzyże	449Ab	130	38	65	a B
35	3455	1985	Białowieża	Białowieża	Batorówka	447Ac	120	36	78	a B
36	3456	1985	Białowieża	Białowieża	Batorówka	447Bf	110	34	60	A ⁺ b
37	3458		brak danych / no data							

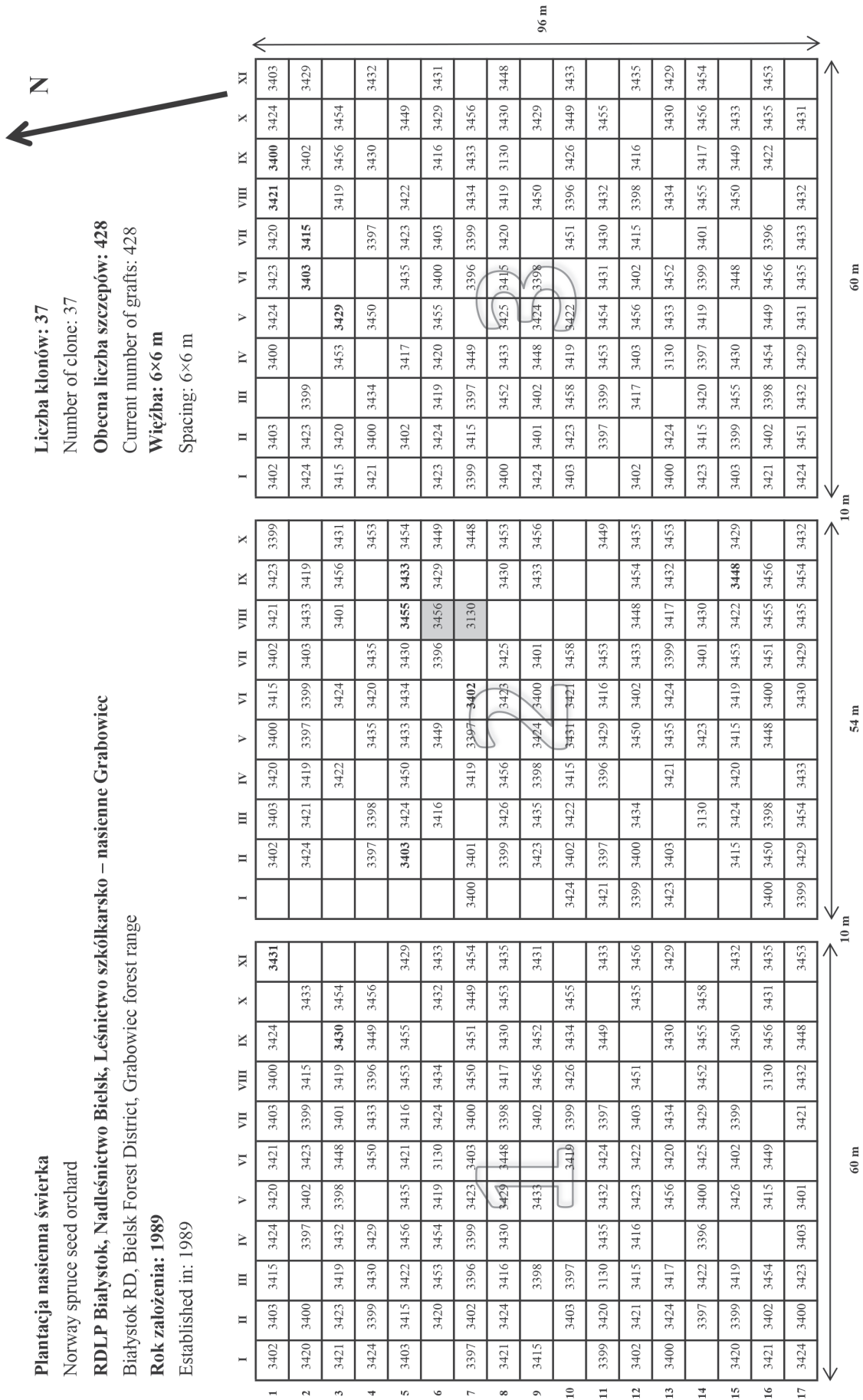
A⁺ – drzewo bardzo dobrej jakości / very good quality

A – drzewo dobrej jakości / good quality

a – drzewo o jakości lepszej niż przeciętne / better quality than average tree

B – drzewo dobrze przyrastające, o pierśnicy i wysokości o 10% lub więcej większej niż u drzew porównawczych / good growth tree, with diameter and height greather over 10% than comparative tree

b – drzewo o pierśnicy i wysokości zbliżonej do przeciętnej drzewostanu / diameter and height similar to average tree



Rycina 1. Rozmieszczenie klonów świerka pospolitego (*Picea abies* [L.] Karst.) na plantacji nasiennej w oddz. 282w Nadleśnictwa Bielsk, na dzień 15 września 2013 roku
Figure 1. Distribution of the Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) clones in a seed orchard in compartment 282w of the Bielsk Forest District, on 15th September 2013

3403 – szereg z szyszkami / graft with cones,

█ – wypad / fall out graft

- rozwidlenia strzały – ocena szacunkowa wg skali:
 - 1 – strzała z przewodnikiem prawidłowym,
 - 2 – przewodnik wyrastający z bocznego pędu,
 - 3 – strzała rozwidlona (2 przewodniki),
 - 4 – strzała bez przewodnika.
- prostota strzały – ocena szacunkowa wg skali:
 - 1 – strzała całkowicie prosta,
 - 2 – strzała z 1 lub 2 małymi skrzywieniami,
 - 3 – strzała z więcej niż 3 małymi skrzywieniami lub z przynajmniej 1 dużym.
- szerokość korony – ocena przez porównanie szerokości korony – „sz” do długości korony – „d”, wg następującej skali:
 - 1 – korona wąska ($sz/d < 3/5$),
 - 2 – korona przeciętna ($4/5 > sz/d \geq 3/5$),
 - 3 – korona szeroka ($sz/d > 4/5$).
- grubość gałęzi – ocena w połowie wysokości korony przez porównanie z innymi koronami, wg skali:
 - 1 – gałęzie cienkie,
 - 2 – gałęzie średnie,
 - 3 – gałęzie grube.
- zdrowotność – ocena szacunkowa wg skali:
 - 1 – szczep zupełnie zdrowy,
 - 2 – szczep osłabiony, z lekką defoliacją i odbarwieniem igieł,
 - 3 – szczep chory, z silną defoliacją i odbarwieniem igieł.
- kwitnienie (osobno dla pylników i szyszek) – ocena szacunkowa wg skali:
 - 0 – brak pylników lub szyszeczek,
 - 1 – pylniki lub szyszeczki w liczbie kilku sztuk,
 - 2 – pylniki lub szyszeczki w liczbie kilkunastu sztuk,
 - 3 – drzewo obsypane pylnikami lub szyszeczkami.
- obradzanie:
 - 0 – brak szyszek,
 - 1 – szyszki w liczbie od 1 do 10 sztuk,
 - 2 – szyszki w liczbie od 11 do 20 sztuk,
 - 3 – liczba szyszek powyżej 20 szt.

Analiza danych empirycznych

Wyniki pomiarów i obserwacji analizowano bez przekształceń matematycznych według następującego modelu doświadczenia:

$$\text{wartość cechy} = \mu + R_m + E_n$$

μ – średnia ogólna dla doświadczenia,

R_m – wpływ klonu m ,

E_n – wpływ drzewa n w klonie m .

Do obliczenia wariancji i komponentów wariancji wykorzystano język programowania statystycznego „R”. We wszystkich analizach przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. W modelu jako zmienną losową przyjęto wpływ klonu. Założono, że efekt bloku (kwatery) nie ma charakteru zmiennej losowej, dlatego nie uwzględniono go we wzorze na odziedziczalność.

Na podstawie otrzymanych komponentów wariancji obliczono odziedziczalność klonową i indywidualną według

wzorów przedstawionych poniżej (Giertych, Mąka 1994):

$$h_c^2 = \sigma_c^2 / \left(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_c^2 \right) \quad \text{odziedziczalność klonowa}$$

$$h_s^2 = 4 \sigma_c^2 / (\sigma_E^2 + \sigma_c^2) \quad \text{odziedziczalność indywidualna}$$

gdzie:

σ_c^2 – komponent wariancji klonowej,

σ_E^2 – komponent wariancji błędu,

n – średnia liczba szczepów w klonie.

Znając odziedziczalność cech, można ocenić wartość genetyczną potomstwa drzewa matecznego (klonu). Można to zrobić, obliczając tzw. wartość indeksową klonu (WR). Wartość ta jest sumą wartości z badanych cech. Aby różne cechy można było sumować, powinny one zostać wyrażone we wspólnej jednostce. Podstawowy indeks zakłada, że wartość indeksową każdego osobnika da się przedstawić jako:

$$WR = w_1 h_c^2 P_1 + w_2 h_c^2 P_2 + \dots + w_n h_c^2 P_n$$

gdzie:

w – współczynniki ważące znaczenie ekonomiczne tych cech,

h – odziedziczalność dla każdej cechy,

P – suma iloczynów mierzalnych wartości cech fenotypowych.

Obliczono także współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wszystkimi analizowanymi cechami, przy przyjętym poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Wyniki badań

Fenologia rozwoju wiosennego

Fenologię, która stanowi podstawę określania odporności przymrozkowej, oceniono na podstawie charakterystyki terminu pędzenia. Ocenę przeprowadzono w trzech terminach w 2013 r. (8 maja, 4 czerwca i 4 lipca) oraz 30 kwietnia 2014 r. Na podstawie dwuletnich obserwacji stwierdzono zróżnicowanie wiosennego pędzenia między klonami, co potwierdziła analiza wariancji (tab. 2). Najwyższa istotność różnic występowała na początku rozwoju wiosennego, gdy cecha ta osiągała bardzo wysoką odziedziczalność klonową (tab. 2). Uzyskane wyniki rozwoju pąków w dwóch kolejnych latach, w terminach 8 maja 2013 r. i 30 kwietnia 2014 r., wykazały klony wcześniej i późno zaczynające vegetację. Początek wiosennego rozwoju szczepów w latach obserwacji był ze sobą silnie skorelowany (tab. 3). Do wcześniej zaczynających vegetację i stabilnych pod względem tej cechy klonów można zaliczyć numery 3417, 3435, a późno – 3400, 3448 (ryc. 2).

Występujące różnice rozwojowe szczepów w obrębie klonu były zauważalne w trzech terminach badań. Największe zróżnicowanie odnotowano w obserwacjach czerwcowych 2013 r., ze względu na liczbę występujących stopni rozwojowych (7 z 9 stopni). W obrębie jednego klonu występowały szczepy uśpione i kończące swój rozwój vegetacyjny, np.: 3399, 3402, 3403. Szczepy w klonach: 3426, 3424, 3396, 3397, 3398, 3401, 3416, 3422, 3431, 3433, 3434, 3450, 3451, 3452, 3454, 3458 charakteryzowały się małą zmiennością rozwoju pąków (ryc. 3).

Tabela 2. Podsumowanie oddzierzalności, współczynnika zmienności i analizy wariancji cech szczepów świerka pospolitego
 Table 2. Summary of heritability, coefficient of variance, variance features of the Norway spruce grafts

Cecha / Feature	Wariancja klonowa / Clone variance	Wariancja błędu / Error variance	Oddzierzalność indywidualna / Individual heritability	Oddzierzalność klonowa / Clone heritability	Współczynnik zmienności / Coefficient of variance [%]	ANOVA (p)
Pierśnica / Diameter	1,8410	36,6470	0,191	0,366	28,41	0,0143*
Prostość strzały / Stem form	0,0549	0,3497	0,543	0,644	41,82	0,0000000476***
Szerokość korony Crown width	0,0046	0,4299	0,042	0,110	26,81	0,460000
Grubość gałęzi Branches thickness	0,0189	0,3275	0,218	0,399	27,51	0,00733**
Rozwidlenia / Forking	0,0190	0,5180	0,142	0,297	54,05	0,070900
Rozwój pąków 08.05.2013 Bud burst	0,0514	0,2165	0,768	0,732	52,58	0,00000000743***
Rozwój pąków 04.06.2013 Bud burst	0,0560	0,6749	0,307	0,489	12,59	0,00193**
Rozwój pąków 04.07.2013 Bud burst	0,0091	0,1834	0,188	0,362	5,54	0,0438*
Rozwój pąków 30.04.2014 Bud burst	0,2286	0,6221	1,075	0,726	51,16	0,00000000293***

Wskaźniki pędzenia (W_p) określono na podstawie całorocznych obserwacji w 2013 r. Do późno i wcześnie zacyznających vegetację zaliczono odpowiednio 13 i 22 klony. Dwa klony o numerach 3422, 3424 nie zostały ujęte w żadnej grupie, gdyż ich wartość W_p była równa średniej, dla całej plantacji nasiennej (tab. 4).

Rozwidlenia i prostość strzały

Obserwacje wykazały, że cechy jakościowe strzał drzew na planacji nasiennej są zadawalające przy osiągniętym współczynniku zmienności 54,05% rozwidlenia strzały (tab. 2). 331 szczepów (77,80%) posiadało strzałę z przewodnikiem, co świadczy o prawidłowym rozwoju, 4,90% populacji charakteryzowało się strzałą bez przewodnika. Przewodnik wyrastający z bocznego pędu miało 16,20% drzew, natomiast strzałę rozwidloną stwierdzono u 1,20% świerków. Na poziomie poszczególnych klonów średnia z oceny rozwidlenia przewodnika mieściła się w zakresie od 1,00 do 2,00. Za klony o najbardziej prawidłowej budowie uznano: 3396, 3425, 3426, 3433, 3452, 3454, 3456, 3458 (tab. 4). Analiza statystyczna nie potwierdziła istotnych różnic rozwidlenia pomiędzy klonami. Oddzierzalność indywidualna szczepów wyniosła 0,142, a oddzierzalność klonowa – 0,297 (tab. 2).

Z oceny prostości strzały wynika, że 284 (66,70%) osobników posiadało strzałę prostą, 107 (24,60%) wytworzyło strzałę z lekkimi skrzywieniami, zaś strzałę skrzywioną miało

37 świerków, czyli 8,70%. Na poziomie poszczególnych klonów średnia prostość strzały wahała się w zakresie od 1,00 do 2,30. Za klony o najbardziej prawidłowej budowie uznano: 3452, 3454, 3448, 3450, 3396 (tab. 4). Analiza wariancji potwierdziła zróżnicowanie prostości strzały pomiędzy klonami, przy osiągnięciu wysokiej wartości oddzierzalności klonowej (tab. 2).

Szerokość korony i grubość gałęzi

Koronę wąską posiadało 45 świerków (10,60% populacji). W grupie osobników o koronach przeciętnych znajdowało się 141 szczepów (33,00%). Na plantacji dominowały świerki o koronach szerokich (242 sztuk, tj. 56,30%). Na poziomie klonów średnia szerokość korony wynosiła od 2,15 do 3,00 (tab. 4). Analiza statystyczna nie potwierdziła zróżnicowania szerokości korony pomiędzy klonami (tab. 2). Szerokość korony jest cechą najsilniej skorelowaną z grubością gałęzi i pierśnicą szczepów (0,598***; 0,776***) (tab. 3).

Na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Bielsk dominowały świerki o przeciętnej grubości gałęzi i stanowiły 64,30% ogółu. Liczba szczepów o gałęziach cienkich i grubych znajdowała się na podobnym poziomie, odpowiednio 14,20% i 21,50% drzew. Na poziomie poszczególnych klonów średnia z oceny grubości gałęzi mieściła się w granicach od 1,33 do 2,67. Za klony o ugałęzieniu najdrobniejszym uznano: 3458, zaś najgrubszym: 3421, 3425 (tab. 4). Analiza statystyczna wykazała istotne różnice grubości gałęzi pomiędzy

Tabela 3. Fenotypowa korelacja badanych cech szczepów świerka pospolitego

Table 3. Phenotype correlation of tested features of Norway spruce grafts

Cecha Characteristic	Prostość strzały (2013) / Stem form	Pierśnica (2013) / Diameter	Rozwój pąków 08.05.2013 / Bud burst	Rozwój pąków 04.06.2013 / Bud burst	Rozwój pąków 04.07.2013 / Bud burst	Rozwój pąków 30.04.2014 / Bud burst	Szerokość korony (2013) / Crown width
Prostość strzały (2013) / Stem straightness	x	-0,349***	0,074	0,013	0,039	0,072	-0,241***
Pierśnica (2013) / Diameter	-0,349***	x	0,027	0,124*	0,007	-0,03	0,776***
Rozwój pąków 08.05.2013 / Bud burst	0,074	0,027	x	0,400***	0,213***	0,630***	0,063
Rozwój pąków 04.06.2013 / Bud burst	0,013	0,124*	0,400***	x	0,510***	0,298***	0,226***
Rozwój pąków 04.07.2013 / Bud burst	0,039	0,007	0,213***	0,510***	x	0,183**	0,097*
Rozwój pąków 30.04.2014 / Bud burst	0,072	-0,03	0,630***	0,298***	0,183**	x	-0,041
Szerokość korony (2013) / Crown width	-0,241***	0,776***	0,063	0,226***	0,097*	-0,041	x
Grubość gałęzi (2013) / Branch thickness	-0,107	0,693***	0,069	0,222***	0,110*	-0,047	0,598***
Rozwidlenia (2013) / Forking	0,095*	-0,023	-0,038	-0,042	0,024	-0,022	-0,024
Kwitnienie męskie (2013) / Male flowering	0,113*	-0,190***	-0,236***	-0,324***	-0,078	-0,268***	-0,238***
Kwitnienie żeńskie (2013) / Female flowering	0,054	-0,162***	-0,230***	-0,425***	-0,196***	-0,236***	-0,216***
Kwitnienie męskie (2014) / Male flowering	-0,047	0,183**	-0,096	-0,016	0,064	-0,243***	0,082
Kwitnienie żeńskie (2014) / Female flowering	-0,02	-0,195**	-0,295***	-0,384***	-0,184**	-0,226***	-0,326***
Zdrowotność (2013) / Vitality	0,293***	-0,481***	-0,194***	-0,367***	-0,145**	-0,175**	-0,506***
Obrazanie (2013) / Fructification	0,083	-0,134**	-0,185***	-0,329***	-0,132**	-0,210***	-0,152**

klonami, przy osiągnięciu 0,399 odziedziczalności klonowej, 0,218 odziedziczalności indywidualnej i 27,51% współczynnika zmienności (tab. 2).

Wartość indeksowa klonów

Na podstawie oceny prostości strzały, szerokości korony, grubości gałęzi określono wskaźnik wartości indeksowej klonów – *WR*. Do obliczeń zastosowano arkusz kalkulacyjny do oceny i wyznaczania cięć na plantacyjnych uprawach nasiennych i plantacjach nasiennych. Ze względu na założenia arkusza, tzn. minimum 10 szczepów w klonie, ocenie poddano 21 klonów.

Na podstawie otrzymanych wyników najwyższe wartości indeksu osiągnęły klony 3419, 3429, 3415, a najniższe 3424, 3421, 3453 (tab. 4). Uzyskane wyniki, oceniające wartość genetyczną klonów, należy uwzględnić przy planowaniu cięć. Szczepy z klonów o najniższych wartościach należy stopniowo usuwać na rzecz drzew o prawidłowej budowie, przy zachowaniu efektywnej liczby klonów.

Kwitnienie i obrazanie

Ocenę kwitnienia szczepów przeprowadzono 16 maja 2013 r. i 30 kwietnia 2014 r. Pylniki wytwarzało od 6,10% do 47,12% szczepów, zależnie od roku przeprowadzenia ob-

Grubość gałęzi (2013) / Branch thickness	Rozwidle- nia (2013) / Forking	Kwitnie- nie męskie (2013) / Male flowering	Kwitnienie żeńskie (2013) / Female flowering	Kwitnie- nie męskie (2014) / Male flowering	Kwitnienie żeńskie (2014) / Female flowering	Zdrowot- ność (2013) / Vitality	Obradza- nie (2013) / Fructification
-0,107*	0,095*	0,113*	0,054	-0,047	-0,02	0,293***	0,083
0,693***	-0,023	-0,190***	-0,162***	0,183**	-0,195**	-0,481***	-0,134**
0,069	-0,038	-0,236***	-0,230***	-0,096	-0,295***	-0,194***	-0,185***
0,222***	-0,042	-0,324***	-0,425***	-0,016	-0,384***	-0,367***	-0,329***
0,110*	0,024	-0,078	-0,196***	0,064	-0,184**	-0,145**	-0,132**
-0,047	-0,022	-0,268***	-0,236***	-0,243***	-0,226***	-0,175**	-0,210***
0,598***	-0,024	-0,238***	-0,216***	0,082	-0,326***	-0,506***	-0,152**
x	0,045	-0,159***	-0,163***	0,239***	-0,214***	-0,424***	-0,126**
0,045	x	0,155**	0,162***	0,109	0,218***	0,168***	0,159***
-0,159***	0,155**	x	0,718***	0,227***	0,442***	0,453***	0,641***
-0,163***	0,162***	0,718***	x	0,173**	0,480***	0,370***	0,863***
0,239***	0,109	0,227***	0,173**	x	0,313***	0,045	
-0,214***	0,218***	0,442***	0,480***	0,313***	x	0,395***	
-0,424***	0,168***	0,453***	0,370***	0,045	0,395***	x	0,318***
-0,126**	0,159***	0,641***	0,863***	0,104	0,182**	0,318***	x

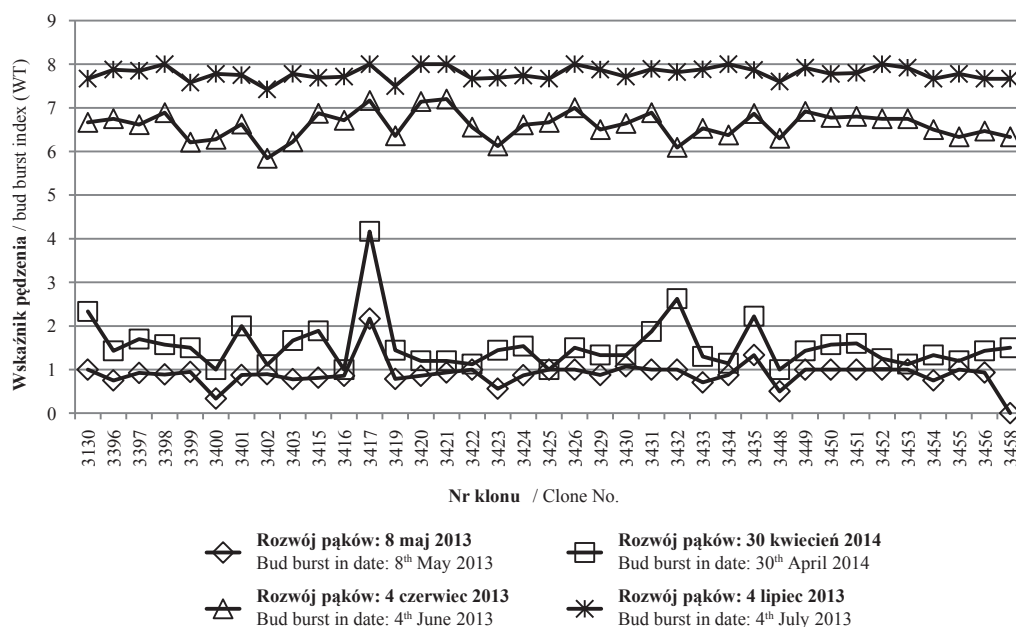
serwacji. W przypadku szyszeczek żeńskich liczba kwitnących szczepów mieściła się w zakresie od 4,23% w 2013 r. do 8,63% w 2014 r. (tab. 5). Na podstawie dwuletnich obserwacji wytwarzania kwiatów żeńskich i męskich uzyskano istotną statystycznie korelację między tymi cechami (tab. 3). Stwierdzono, że świerki uczestniczące w kwitnieniu produkują zarówno gamety żeńskie, jak i męskie.

Obradzanie na plantacji nasiennej oceniono 10 września 2013 r., gdy szyszki były w pełni wykształcone. Szyszki były małe (do ok. 10 cm) i osiągnęły rozmiary połowy szyszek przeciętnych rozmiarów. Szyszki zaobserwowano na 12 drzewach, czyli 2,80% wszystkich drzew. 414 (97,20%) szczepów nie produkowało nasion w analizowanym sezonie wegeta-

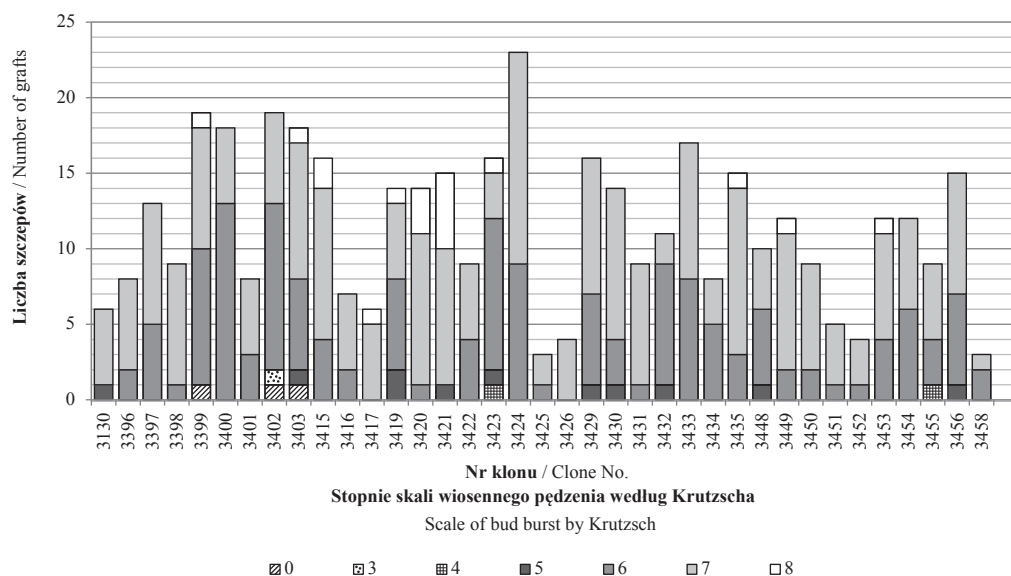
cyjnym. Na poziomie klonowym obrodziło 11 osobników, średnio szyszki obserwowano na pojedynczym szczepie.

Zdrowotność

Ocenę zdrowotności wykonano 24 maja 2013 r. Kondycja zdrowotna świerków na plantacji nasiennej była zadowalająca. 381 osobników (89,40%) nie posiadało żadnych objawów chorobowych, ani przebarwień igieł. Na 13 świerkach (3,10% ogółu) przebarwienia igieł i ogólny stan drzew nie był dobry, wykazywały one silne uszkodzenia aparatu asymilacyjnego. Na poziomie poszczególnych klonów zdrowotność mieściła się w granicach od 1,00 do 1,67.



Rycina 2. Wskaźniki pędzenia (WT) klonów w poszczególnych terminach obserwacyjnych w 2013 i 2014 roku
Figure 2. Coefficient of bud burst in the clones in different terms in 2013 and 2014



Rycina 3. Zmienność wiosennego pędzenia pąków w obrębie klonów, na dzień 04.06.2013 roku
Figure 3. Variability of bud burst within the clones, on 4th June 2013

W klonach: 3130, 3398, 3417, 3422, 3425, 3431, 3434, 3449, 3450, 3452, 3454 zaobserwowano tylko w pełni zdrowe osobniki (tab. 4).

Na podstawie korelacji fenotypowych stwierdzono, że zdrowotność wykazuje silne powiązanie z pozostałymi cechami, z wyjątkiem kwitnienia męskiego w 2014 r. (tab. 3). W roku 2013 zdrowotność była silnie skorelowana z kwitnieniem męskim i żeńskim ($0,453^{***}$; $0,370^{***}$). Otrzymane współczynniki korelacji oznaczają, że w roku słabego urodzaju drzewa osłabione kwitły intensywniej w stosunku do szczepów w pełni zdrowych. Szczepy chore (ocenione na podstawie otrzymanych współczynników korelacji) charakteryzowały się węższymi koronami, cieńszymi gałęziami, gorszą prostością i rozwidleniami przewodnika.

4. Podsumowanie i dyskusja

Świerk pospolity, jako gatunek narażony na zmiany klimatu i jeden z głównych gatunków lasotwórczych Polski, w szczególności jej części północno-wschodniej i południowej, wymaga działań ochronnych i selekcyjnych, w celu wyboru populacji i osobników o najlepszych cechach ilościowych i jakościowych.

Selekcja w Lasach Państwowych jest prowadzona w formie długoletnich programów, które tworzą wytyczne odnośnie do wyselekcjonowanych drzewostanów nasiennych, gospodarczych drzewostanów nasiennych, drzew mącznych oraz postępowania z leśnym materiałem podstawowym. W celu przekazania najlepszych genotypów potomstwu,

Tabela 4. Podsumowanie cech morfologicznych i wartości genetycznej klonów świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie BielskTable 4. Summary of morphological features and breeding index of the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) clones in a seed orchard in the Bielsk Forest District

Lp. No.	Nr klonu Clone No.	Liczba szczepów Number of grafts	Pierśnica Diameter [cm]	Szerokość korony Crown width	Prostość strzały Stem straightness	Rozwidlenia Forking	Grubość gałęzi Branch thickness	Przeciętny wskaźnik pędzenia Bud burst Index (W_p)	WR Breeding Index
1	3130	6	22,33	2,5	1,17	1,17	1,83	5,11	
2	3396	8	23,06	2,5	1,13	1	2,13	5,13	
3	3397	13	18,92	2,15	1,38	1,62	2	5,13	0,21
4	3398	9	26,11	3	1,33	1,22	2,33	5,26	
5	3399	19	20,68	2,53	1,32	1,42	1,95	4,91	0,45
6	3400	18	19,35	2,39	1,39	1,11	1,94	4,8	0,30
7	3401	8	22,5	2,25	1,25	1,38	2,38	5,08	
8	3402	19	21,39	2,37	1,21	1,37	2,16	4,72	0,31
9	3403	18	20,22	2,28	1,61	1,22	1,89	4,93	-0,09
10	3415	16	17,27	2,38	1,38	1,56	1,81	5,13	0,56
11	3416	7	23,14	2,57	1,43	1,71	2	5,1	
12	3417	6	24,75	2,5	1,83	1,33	2,17	5,78	
13	3419	14	22,04	2,5	1,14	1,07	2	4,88	0,74
14	3420	14	22,71	2,5	1,29	1,5	2,07	5,33	0,30
15	3421	15	22,67	2,93	1,8	2	2,53	5,38	-1,64
16	3422	9	24,94	2,56	1,33	1,11	2,22	5,07	
17	3423	16	20,84	2,44	1,69	1,5	2	4,79	-0,45
18	3424	23	19,76	2,35	2,3	1,43	2,3	5,07	-2,33
19	3425	3	26,67	2,67	1,33	1	2,67	5,11	
20	3426	4	19,63	2,5	1,25	1	2	5,33	
21	3429	16	20,3	2,25	1,25	1,25	1,88	5,08	0,72
22	3430	14	20,38	2,57	1,36	1,29	1,93	5,14	0,40
23	3431	9	18,44	2,44	1,67	1,22	2	5,26	
24	3432	11	18,14	2,36	1,55	1,55	1,73	4,97	0,34
25	3433	17	22,74	2,35	1,24	1	2,06	5,04	0,43
26	3434	8	21,56	2,38	1,25	1,13	2,25	5,08	
27	3435	15	21,1	2,27	1,27	1,47	2,2	5,36	0,12
28	3448	10	24,55	2,7	1,1	1,5	2,2	4,8	0,48
29	3449	12	24,04	2,75	1,17	1,33	2,5	5,28	-0,19
30	3450	9	24,5	2,67	1,11	1,33	2,22	5,19	
31	3451	5	23,6	2,6	1,6	2	2,4	5,2	
32	3452	4	20,88	2,75	1	1	1,75	5,25	
33	3453	12	16,32	2,25	2	1,17	1,83	5,22	-0,84
34	3454	12	23,21	2,58	1,08	1	2,25	4,97	0,43
35	3455	9	20,44	2,67	1,22	1,67	2	5,04	
36	3456	15	19,47	2,2	1,4	1	1,93	5,02	0,29
37	3458	3	14,67	2,33	1,67	1	1,33	4,67	
Średnia / Average			21,2	2,46	1,42	1,33	2,08	5,07	0,01
SD / Standard deviation			6,63	0,68	0,65	0,74	0,59	0,21	0,58

Tabela 5. Kwitnienie męskie i żeńskie klonów świerka pospolitego na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Bielsk

Table 5. Male and female flowering of Norway Spruce clones in a seed orchard in the Bielsk Forest District

Kwitnienie / Flowering	2013	2014
A		
Liczba klonów Total number of clones	37	37
Klony wytwarzające szyszcзки Female flowering	14	16
	% 37,84%	43,24%
Klony wytwarzające pylniki Male flowering	20	36
	% 54,05%	97,30%
B		
Liczba szczepów Total number of grafts	426	278
Szczepy wytwarzające szyszcзки Female flowering	18	24
	% 4,23%	8,63%
Szczepy wytwarzające pylniki Male flowering	26	131
	% 6,10%	47,12%

nasiona i zrazy pozyskiwane są z osobników lub populacji wyselekcjonowanych, które posiadają najlepsze cechy fenotypowe. Plantacje nasienne zakładane są w celu ułatwienia zbioru odpowiedniej ilości nasion świerka, o wysokiej wartości genetycznej. Takie działania selekcyjne prowadzą do intensyfikacji produkcji leśnej, ograniczania wpływu czynników środowiskowych oraz zwiększenia oddziaływania czynników genetycznych. Ważnym elementem przy zakładaniu tego typu obiektów jest żyzność siedliska, która wpływa dodatnio na produkcję szyszek i nasion (Tyszkiewicz 1949; Załęski 1995; Boratyński, Bugała 1998; Buraczyk 2009). Innym sposobem zwiększania kwitnienia i obradzania świerka na plantacjach nasiennych może być stymulacja kwitnienia. W Polsce badania nad metodami stymulacji kwitnienia sosny i świerka prowadzone były przez Chałupkę (1985, 1987, 1991, 1997). Jednakże wyniki badań były niejednoznaczne i nie wskazały w pełni skutecznej metody stymulacji kwitnienia. Natomiast w Instytucie Badawczym Leśnictwa prowadzono badania nad metodami stymulacji kwitnienia modrzewia europejskiego (Markiewicz 2006), na ich podstawie stwierdzono, że obrączkowanie jest skuteczniejsze w roku słabego kwitnienia modrzewia, a największym wzrostem odznaczają się klony i rody naturalnie słabo kwitnące.

Dane zebrane w sezonach wegetacyjnych 2013 i 2014 r., dostarczyły informacji na temat zmienności, kwitnienia i obradzania wegetatywnego potomstwa drzew matecznych, wysadzonych w 1989 r. na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie

Bielsk. Analiza cech morfologicznych pokazała ich zróżnicowanie pomiędzy klonami, które z wyjątkiem szerokości korony i rozwidleń strzały jest potwierdzone statystycznie. Otrzymane w przeprowadzonych badaniach wyniki analizy wariancji są zgodne z wynikami otrzymanymi przez Instytut Badawczy Leśnictwa, uzyskanymi przed wykonaniem cięć rozluźniających. W analizowanych w 2011 roku cechach (prostość strzały, szerokość korony, grubość gałęzi), poza szerokością korony, między klonami stwierdzono również istotne różnice. W roku 2011 odziedziczalność klonowa pod względem poszczególnych cech wynosiła odpowiednio: prostość strzały – 0,58; szerokość korony – 0,21; grubość gałęzi – 0,47. W analogicznych pomiarach z 2013 r. odziedziczalność osiągnęła następujące wartości: prostość strzały – 0,64; szerokość korony – 0,11; grubość gałęzi – 0,40. Zmienność badanych cech klonów jest potwierdzona i przyjmuje zbliżone wartości w kolejnych latach obserwacji, niezależnie od wykonujących pomiary obserwatorów.

Praca wykazała także zmienność fenologii rozwoju pąków w obrębie poszczególnych klonów, gdzie szczepy wykazują zróżnicowane stadia rozwojowe. Szczepy w jednym klonie posiadają ten sam genotyp, a rozwijają się w różnym tempie. Taka sytuacja znajduje potwierdzenie również w innych badaniach nad fenologią rozwoju wiosennego wegetatywnego potomstwa świerka (Szwajka 2011).

Obliczony wskaźnik W_p podzielił klony świerka na wczesnie i późno zaczynające wegetację, odpowiednio 13 i 22 klony. Dwa klony nie zostały zaliczone do żadnej grupy, gdyż ich wskaźnik W_p był równy średniej ogólnej. Wczesne rozpoczynanie wzrostu wiosennego jest groźne dla najmłodszych roślin, które w wypadku tego gatunku, na przestrzeniach otwartych są wrażliwe na przymrozki późne (Jaworski 1995). Zmienność pędzenia wiosennego między klonami wydaje się być ważnym aspektem, którego poznanie dostarczy informacji niezbędnych do podejmowania określonych decyzji gospodarczych dotyczących zarządzania plantacjami nasiennymi.

Lata 2013 i 2014, w których prowadzono badania, były dla Polski północno-wschodniej rokiem słabego urodzaju świerka. Na podstawie otrzymanych współczynników korelacji zdrowotności i kwitnienia żeńskiego (0,370***, 0,395***) potwierdzono założenia, że drzewa o osłabionej kondycji fizjologicznej w roku nieurodzaju liczniej przystępują do produkcji nasion w celu przekazania genów potomstwu (Tyszkiewicz 1949; Tomanek 1966; Boratyński, Bugała 1998).

Na plantacjach nasiennych kwitnienie kwiatów męskich i żeńskich jest na ogół ze sobą silnie skorelowane (Chałupka 1988), co znalazło potwierdzenie w otrzymanych współczynnikach korelacji ilości pylników względem ilości szyszczek żeńskich na szczepie, który w 2013 r. wyniósł 0,718***. W 2014 r. współczynnik korelacji tych cech był znacznie niższy (0,313***), co prawdopodobnie spowodowane było wczesnym terminem obserwacji (30 kwietnia), w którym część szyszczek żeńskich nie była jeszcze widoczna.

Uzyskane wyniki wskazują na dużą zmienność szczepów, klonów oraz złożoność procesu owocowania, a tym samym na potrzebę dalszych badań nad tym zagadnieniem. Szczegól-

nią rangę mają badania nad obradzaniem świerków, w okresie zmian klimatycznych i nieprzewidywalnych warunków pogodowych. Długookresowe obserwacje kwitnienia i produkcji nasion u świerka pospolitego na plantacjach nasiennych wskazują, że okresowość urodzaju ma podobny charakter do obserwowanego w dojrzałych drzewostanach (Dietrichson 1989, Nikkanen, Ruotsalainen 2000). Oceny owocowania drzewostanów świerkowych prowadzone w Puszczy Białowieskiej wykazują wyraźne zależności tej cechy od wysokości i grubości obradzającego drzewa (Buraczyk 2002). Innym ważnym potwierdzonym elementem (na podstawie długoletnich badań) jest zależność długości korony i produkcji nasion. Świerki w drzewostanach zbliżonych do naturalnych produkujące dużą ilość nasion muszą zachować względną długość korony powyżej 60% swojej wysokości (Buraczyk 2005). Długość korony jest to cecha niezmiernie ważna w obiektach, takich jak plantacje nasienne, których celem jest produkcja nasion, z uwzględnieniem zachowania ich wysokiej wartości genetycznej.

Podsumowując, należy podkreślić, że między klonami występuje silna zmienność, która powinna być uwzględniana podczas prowadzenia cięć rozluźniających. Szczepy z klonów o cechach najgorszych należy stopniowo usuwać na rzecz drzew o prawidłowej budowie. Ze względu na minimalną liczbę klonów na plantacjach, wykonywanie selekcyjnego cięcia rozluźniającego, prowadzącego do całkowitego usunięcia najgorszych klonów, nie jest możliwe. Prowadząc cięcia schematyczno-selekcyjne należy pamiętać, aby wykonywać je w określonych terminach, dostosowanych do więzby rozmieszczenia drzew, co jest często nieprzebrane przez zarządców tych obiektów. Opóźniony termin zabiegu prowadzi do ograniczenia i zahamowania rozwoju korony, co powoduje spadek produkcji nasion (Buraczyk 2006). Ustalenie relacji między długością korony i ilością produkowanych nasion powinno stanowić podstawę do opracowania zasad i wytycznych gospodarki, zwłaszcza dla stanowisk służących do produkcji nasion (Kantorowicz 2000).

5. Wnioski

1. Na plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Bielsk klony świerka pospolitego charakteryzują się dużą zmiennością badanych cech, w przypadku fenologii rozwoju wiosennego pąków, prostości strzały i grubości gałęzi – potwierdzoną statystycznie.

2. Kwitnienie męskie i żeńskie świerka jest na ogół silnie, dodatnio ze sobą skorelowane, co potwierdzono w badaniach w 2013 roku.

3. W roku słabego urodzaju nasion licznie obradzają szczepy o osłabionej kondycji fizjologicznej.

4. Stwierdzono zróżnicowanie tempa rozwoju pąków pomiędzy różnymi szczepami należącymi do tego samego klonu.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Autorzy dziękują dr. hab. Janowi Kowalczykowi za udostępnienie arkusza kalkulacyjnego do oceny plantacji nasiennych oraz mgr. inż. Marcinowi Koniecznyńskiemu za udostępnienie wstępnych wyników analiz cech jakościowych klonów plantacji nasiennej w Nadleśnictwie Bielsk.

Niniejsze badania były wykonane w ramach pracy magisterskiej. Na wykonanie ich nie otrzymano żadnego dofinansowania.

Literatura

- Barzdajn W., Błokowski S., Burczyk J., Chałupka W., Fonder W., Grądzki T., Gryzłó Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Kozioł Cz., Matras J., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szelaż Z., Tarasiuk S. 2009. Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011–2035. Warszawa.
- Boratyński A., Bugała W. 1998. Biologia świerka pospolitego. Opracowanie zbiorowe, PAN Instytut Dendrologii.
- Buraczyk W. 2002. Wpływ grubości i wysokości świerków na ich owocowanie w Puszczy Białowieskiej. *Sylwan* 4: 25–33.
- Buraczyk W. 2005. Relation between crown length and seed production in Norway spruce trees (*Picea abies* [L.] Karst.). *Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology* 56: 76–86.
- Buraczyk W. 2006. Relation between social status and seed production in Norway spruce trees (*Picea abies* [L.] Karst.). *Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology* 60: 85–93.
- Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Matras J. (kierownik zespołu), Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A. 1993. Program zachowania zasobów leśnych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. DGLP, IBL, Warszawa.
- Burzyński G., Czart J., Fonder W., Korczyk A., Matras J. (kierownik zespołu), Puchniarski T., Tomczyk A., Załęski A. 2000. Program zachowania zasobów leśnych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 1991–2010. Wydanie II poprawione, Warszawa.
- Chałupka W. 1975. Wpływ czynników klimatycznych na urodzaj szyszek u świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Polsce. *Arboretum Kórnickie* 20: 213–225.
- Chałupka W. 1985. Regulacja kwitnienia na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.). PAN Instytut Dendrologii, Kórnik. Rozprawa habilitacyjna.
- Chałupka W. 1987. Stimulation of flowering in Scots pine (*Pinus sylvestris*) grafts by gibberellin injection. *Forest Ecology and Management* 19: 177–181. DOI:10.1016/0378-1127(87)90024-7.
- Chałupka W. 1988. Kwitnienie i zamieranie szczepów na modelowej plantacji nasiennej świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w Kórniku. *Arboretum Kórnickie* 23: 127–157.
- Chałupka W. 1991. Effect of GA_{4/7} on flowering of pruned and unpruned seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Arboretum Kórnickie* 36: 43–59.
- Chałupka W. 1997. Carry-over effect of gibberellins (GA_{4/7}) and ringing on female flowering in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings. *Annals of Forest Science* 54: 237–241. DOI: 10.1051/forest:19970302.

- Dietrichson J. 1989. Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) seed production in orchards. Experiences from Norway. Proc. IUFRO WP S2.02. – 11. Mtg. On Norway Spruce Provanances, Breeding and Genetic Conservation, Sweden 1988. Eds. L. G. Stener and M. Werner, Inst. För Skogsförbättring, Uppsala, Rap. 11: 167 – 188.
- Giertych M. 1977. Genetyka, w: Świerk pospolity. *Picea abies* (L.) Karst. Nasze drzewa leśne. PWN Warszawa – Poznań, 287–331.
- Giertych M., Mąka A. 1994. Ocena indeksowa dziewięcioletnich rodów sosny (*Pinus sylvestris* L.) z kontrolowanych krzyżówek. *Arboretum Kórnickie* 33: 87–107.
- Gómiak A. 2000. Klimat województwa podlaskiego. Białystok, IMGW.
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.
- Kantorowicz W. 2000. Half a Century of Seed Years in Major Tree Species of Poland. *Silvae Genetica* 49(6): 245–249.
- Kocięcki S.T. 1988. Wytyczne w sprawie selekcji drzew na potrzeby nasiennictwa leśnego. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria B* 7: 1–61.
- Krutzsch P. 1973. Norway spruce. Development of buds. IUFRO S2.02.11. The Royal College of Forestry. Stockholm, Sweden.
- Markiewicz P. 2006. Wpływ zabiegów stymulacyjnych na kwitnienie i obradanie modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) na plantacjach nasiennych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Nikkanen T., Rutosalainen S. 2000. Variation in flowering abundance and its impact on the genetic diversity of the seed crop in Norway spruce seed orchard. *Silva Fennica* 34(3): 205–222. DOI: 10.14214/sf.626.
- Pirc H. 2006. Drzewa od A do Z. Warszawa, Wyd. Klub dla Ciebie.
- Sabor J., Skrzyszewska K., Kulej M., Banach J. 1999. Rola obserwacji fenologicznych w genetyce populacyjnej drzew leśnych. Konferencja naukowa „Klimatyczne uwarunkowania życia lasu”. Zakopane 21–22 maj 1999, 105–113.
- Seneta W., Dolatowski J. 2009. Dendrologia. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Szwajka A. 2011. Zmienność szczepów na plantacji zachowawczej świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst.) w Nadleśnictwie Oleszyce. Praca magisterska. Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, SGGW w Warszawie.
- Tomanek J. 1966. Botanika leśna. Warszawa, PWRiL.
- Trampler T., Dmyterko E., Girzda A. 1986. Przyrodniczo-leśna regionalizacja Polski. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria B* 5: 51–62.
- Tyszkiewicz S. 1949. Nasiennictwo leśne. Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Załęski A. 1995. Nasiennictwo leśnych drzew i krzewów iglastych. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 180 s.

Materiały źródłowe

- Program doskonalenia gospodarki nasiennej i wdrażania osiągnięć leśnej genetyki stosowanej w Lasach Państwowych w okresie 1975 – 1990. NZLP, Warszawa 1975. Maszynopis: 1 – 64.
- Rejestr bazy nasiennej w Polsce. 1996. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Plan Urzędnia Lasu Nadleśnictwa Bielsk na okres 01.01.2009-31.12.2018. 2008. Białystok, Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej oddział w Białymstoku.

Wkład autorów

- S.M. – koncepcja, zbieranie danych, przegląd literatury, opracowanie manuskryptu; M.R. – interpretacja statystyczna, korekta.