

KINGA SKRZYSZEWSKA, JACEK BANACH

## Wzrost i stabilność świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst) na powierzchni proveniencyjnej w Krynicy (seria doświadczalna IUFRO 1964/68)\*

Growth and stability of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) at the provenance trial in Krynica (IUFRO 1964/68 test)

### ABSTRACT

Skrzyszevska K., Banach J. 2021. Wzrost i stabilność świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst) na powierzchni proveniencyjnej w Krynicy (seria doświadczalna IUFRO 1964/68). Sylwan 165 (1): 9-20. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020099>.

The research was performed on Norway spruce growing at the IUFRO 1964/68 experimental trial in Krynica (the Carpathians, S Poland). The growth and stability of Norway spruce were assessed taking into account the division into geographical regions proposed by Krutzsch. The height and breast height diameter were measured, on the basis of which the volume and the slenderness ratio were calculated. The stability class of each tree was also determined based on the slenderness. Significant differences were found between the Krutzsch regions for each of the analyzed traits. Spruces from region 75 (Belarus), as well as spruces from regions in the north-eastern range of the species occurrence in Poland, had above-average values of each trait. Spruces from regions in the southern part of Poland also had a good growth, but they were characterized by a large share of trees with unfavorable stability (slenderness ratio > 80). The worst growth was noted for spruces from all regions located on the Scandinavian Peninsula. In the cluster analysis, four groups of Krutzsch regions were distinguished. They differed in terms of mean values of the analysed features. The best growth, tree volume and stability were characteristic for spruces from regions located in Germany, the Czech Republic, Slovakia, Poland, Belarus, Lithuania, Latvia and Russia (group C). Contrary to group D, which includes regions from the central part of the Scandinavian Peninsula, France, Tyrol and Dalmatia, the rest of spruce trees had the worst growth, low stem volume and large share of trees (>50%) classified as very unstable.

### KEY WORDS

height, breast height diameter, volume, slenderness, Krutzsch regions

### ADDRESSES

Kinga Skrzyszevska – e-mail: [rlkskrzy@cyf-kr.edu.pl](mailto:rlkskrzy@cyf-kr.edu.pl)

Jacek Banach – e-mail: [rlbanach@cyf-kr.edu.pl](mailto:rlbanach@cyf-kr.edu.pl)

Katedra Ekologii i Hodowli Lasu, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

### Wstęp

Świerk pospolity należy do głównych gatunków lasotwórczych w wielu krajach Europy. W Polsce zajmuje drugie miejsce pod względem zajmowanej powierzchni leśnej wśród drzew iglastych

\*Prace sfinansowano z subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie na rok 2019 (SUB/040012/D019).

(około 6%) [Banach i in. 2017]. Z racji znaczenia w gospodarce leśnej oraz ze względu na duże możliwości produkcyjne drewna stał się obiektem wielu badań proveniencyjnych. Liczne prace dotyczą jego rozwoju, zmienności wewnątrzgatunkowej, wymagań, wpływu na otaczające środowisko czy właściwości drewna. Szeroko opisywane są wymagania hodowlane i ekologiczne [Boratyński, Bugała 1998; Puchniarski 2008; Jaworski 2019], właściwości surowca drzewnego [Michalec 2007; Zubizarreta Gerendiain i in. 2009] oraz zagadnienia dotyczące zmienności wewnątrzgatunkowej i selekcji świerka [Giertych 1977; Kocięcki 1977; Kapeller i in. 2017; Skrøppa, Steffenrem 2020]. Badane były także cechy biometryczne i produktywność świerka z obszaru karpackiego [Orzeł i in. 1999; Młynarczyk i in. 2011], smukłość świerków [Orzeł, Socha 1999; Korzeniewicz i in. 2017], zmienność fenologiczna w północno-wschodnim zasięgu [Danusevičius 1996; Skrøppa, Steffenrem 2019], efekt adaptacyjny po przeniesieniu populacji skandynawskich do krajów nadbałtyckich [Zeltinš i in. 2019] oraz odporność na niską temperaturę [Gömöry i in. 2010].

Zmienność cech adaptacyjnych świerka testowanego na polskiej uprawie międzynarodowego doświadczenia IUFRO 1964/1968 zlokalizowanej w Krynicy (Beskid Sądecki) badali Sabor i Stanuch [2009], Masternak i in. [2009] oraz Sabor i in. [2013]. Analizowana była również jego zdrowotność [Żółciak i in. 2009]. Wiele badań dotyczyło oceny polimorfizmu izoenzymowego [Masternak i in. 2011; Masternak, Sabor 2013; Sabor i in. 2013]. Badaniami objęto także wegetatywne potomstwo najlepszych świerków wybranych w tym doświadczeniu [Masternak, Struczak 2016]. Opublikowane wyniki znacznie poszerzają stan wiedzy na temat szeroko rozumianej zmienności oraz możliwości adaptacyjnych świerka pospolitego, brak jest jednak informacji dotyczących porównania jego produktywności.

Celem pracy była analiza cech wzrostowych (wysokości, pierśnicy i miąższości) oraz stabilności świerka pospolitego pochodzącego z europejskiego obszaru występowania testowanego w doświadczeniu IUFRO 1964/1968. Poszczególne bloki doświadczenia założone zostały w bliskim sąsiedztwie, można zatem przyjąć, że kompleks warunków środowiskowych jednakowo oddziałuje na każde testowane potomstwo, a czynnikiem różnicującym świerki badanych pochodzeń jest ich genotyp.

## Material i metody

Doświadczenie proveniencyjne serii IUFRO 1964/1968 obejmuje świerk pospolity pochodzący z europejskiego zasięgu występowania, który jest badany na 20 uprawach doświadczalnych rozlokowanych w 13 krajach Europy oraz w Kanadzie [Krutzsch 1974]. Każda uprawa doświadczalna składa się z 11 jednohektarowych bloków zawierających po 100 pochodzeń. Początkowo proveniencje były reprezentowane przez 25 świerków, które posadzono losowo w więźbie 2×2 m, stosując tzw. system poletek jednodrzewowych [Bałut, Sabor 2001]. Poszczególne proveniencje zostały przydzielone do 95 regionów geograficznych (odpowiadających obszarom występowania świerka pospolitego w Europie) oraz jednego regionu w Kanadzie [Krutzsch 1974; Bałut 1989].

Badania opisane w tej pracy przeprowadzono na 19 uprawie doświadczenia IUFRO 1964/1968, zlokalizowanej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy-Zdroju (Kraina Karpacka, Mezoregion Beskidu Sądeckiego). Doświadczenie założono w dwóch lokalizacjach: w leśnictwie Kopciowa (oddział 14fhij – 8 bloków; 21,002468 E, 49,460182 N) oraz w leśnictwie Powroźnik (oddział 165d – 3 bloki; 20,983150 E, 49,337416 N). Pomiary zostały wykonane wiosną 2019 roku, 51 lat po założeniu doświadczenia (wiek świerków – 54 lata), tylko w pierwszej lokalizacji, ponieważ świerki rosnące w leśnictwie Powroźnik uległy w 1999 roku zniszczeniu w wyniku wiatrolomu.

Pomierzono wysokość ( $h$  [m]) wszystkich świerków przy użyciu wysokościomierza Vertex IV oraz ich pierśnice ( $d_{1,3}$  [cm]) w dwóch kierunkach. Następnie obliczono współczynnik smukłości ( $Sm$ ) jako stosunek  $h$  do  $d_{1,3}$  oraz miąższość strzały pojedynczego drzewa ( $v$  [m<sup>3</sup>]) według wzoru:

$$v = g_{1,3} \cdot h \cdot f_{1,3} \quad [1]$$

gdzie:

$$g_{1,3} - \text{pierśnicowe pole przekroju } (g_{1,3} = \frac{\pi \cdot d_{1,3}^2}{40000}),$$

$$f_{1,3} - \text{pierśnicowa liczba kształtu grubizny drzewa.}$$

Pierśnicowa liczba kształtu dla pojedynczego świerka została obliczona na podstawie wzoru empirycznego opracowanego przez Bruchwalda i Rymer-Dudzińską [1996]:

$$f_{1,3} = (0,34 + 0,684 \cdot d_{1,3}^{-0,5}) \cdot [1 - 225,73 \cdot (d_{1,3} - 1)^{-3,2542}] \quad [2]$$

Dla każdej badanej cechy świerków z regionów Krutzscha obliczono wartość średnią i błąd standardowy. Nie uwzględniono dwóch regionów: 55 Montenegro; Jugoslawia i 96 Hudson, Ontario; Canada, ponieważ na uprawie doświadczalnej nie rosną już drzewa z tych lokalizacji.

Jako miernik stabilności drzewa zastosowano klasyfikację zaproponowaną przez Burschela i Hussa [2003], bazującą na wartości współczynnika smukłości ( $Sm$ ). Autorzy wyróżnili 4 klasy stabilności:  $Sm > 100$  – świerk bardzo niestabilny ( $K_{BNS}$ ),  $Sm = 80-100$  – niestabilny ( $K_{NS}$ ),  $Sm < 80$  – stabilny ( $K_S$ ),  $Sm < 45$  – rosnący pojedynczo (KRP). Dla każdego regionu obliczono udział świerków (%) w każdej z wyróżnionych klas stabilności, z wyjątkiem KRP (brak takich drzew).

Do określenia istotności różnic między regionami Krutzscha zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Sporządzono również dendrogram podobieństwa regionów (metoda Warda, odległość euklidesowa), a dla wyróżnionych grup obliczono wartości średnie cech, które zamieszczono na dendrogramie. Analizy statystyczne zostały przeprowadzone przy użyciu programu Statistica 13.3 (Tibco, Inc.).

## Wyniki

**WYSOKOŚĆ I PIERŚNICA.** Średnia wartość wysokości świerka z poszczególnych regionów Krutzscha w doświadczeniu wyniosła 20,1 m (zakres od 15,9 do 23,1 m), natomiast przeciętna pierśnica – 23,6 cm (od 16,6 do 30,9 cm). Współczynnik zmienności między wartościami średnimi cech dla regionów wynosił odpowiednio 7 i 11%, a uzyskane różnice okazały się istotne statystycznie ( $p < 0,01$ ). Największą średnią wysokością i pierśnicą, tj. powyżej dwóch odchyłeń standardowych od średniej, charakteryzowały się świerki z regionu 75 (Białoruś), odpowiednio 23,1 m i 30,9 cm, co wyróżniało je na tle badanej kolekcji. Do najlepszych zaliczono również świerki z regionów 6 i 11 (centralne Niemcy), 49 (wschodnia Słowacja), 68, 69 i 70 (północno-wschodnia Polska), 71, 72, 73 i 74 (Litwa, Białoruś, Łotwa i Estonia) oraz 78 (Rosja – Smoleńsk). Świerki pochodzące z regionów karpaccich 60, 62 i 63 (Beskid Wschodni, Beskid Sądecki, Beskid Śląski i Żywiecki) charakteryzowały się wzrostem powyżej średniej dla całego doświadczenia. Najmniejszą wysokością i pierśnicą cechowały się drzewa z regionów 1, 2 i 3 (południowo-wschodnia Francja) oraz 89, 90, 91, 92, 93 i 94 (środkowa Skandynawia) (tab.).

**MIAŻSZOŚĆ DRZEW.** Średnia miąższość strzały pojedynczego drzewa wynosiła 0,479 m<sup>3</sup>, z zakresem zmienności od 0,182 do 0,856 m<sup>3</sup> i współczynnikiem zmienności 25,1%. Stwierdzono statystycznie istotne różnice między średnimi dla regionów ( $p < 0,01$ ). Świerki o największej średniej miąższości strzały pochodziły z regionu 75 (Białoruś), natomiast najniższej – z 80 (zachodnia Syberia).

Tabela.

Średnie [jednostki odchylenia standardowego] wartości cech wzrostowych (h – wysokość,  $d_{1,3}$  – pierśnica, v – miąższość, Sm – smukłość) oraz udział [%] drzew w klasach stabilności ( $K_S$  – stabilne,  $K_{NS}$  – niestabilne,  $K_{BNS}$  – bardzo niestabilne) dla świerka pospolitego z regionów geograficznych Krutzscha [1974] w doświadczeniu IUFRO 1964/1968 w Krynicy (N – liczba drzew)

Average [standard deviation units] values of the growth traits (h – height,  $d_{1,3}$  – breast height diameter, v – volume, Sm – slenderness ratio) and fraction [%] of trees in the stability classes ( $K_S$  – stabile,  $K_{NS}$  – unstable,  $K_{BNS}$  – very unstable) for Norway spruce from geographical regions distinguished by Krutzsch [1974] in IUFRO 1964/1968 experiment in Krynica (N – number of trees)

Numer i nazwa regionu Krutzscha Krutzsch region number and name	N	h	$d_{1,3}$	v	Sm	$K_S$	$K_{NS}$	$K_{BNS}$
1 Massif Central, Dauphiné; FR	12	-1,07	-1,08	-1,10	0,72	25,0	33,3	41,7
2 West Alps; FR	28	-1,64	-1,54	-1,52	1,13	14,3	46,4	39,3
3 Jura; FR	16	-0,93	-1,50	-1,46	1,74	6,3	50,0	43,8
4 Ardennes, Voges, Eifel; BE, FR, DE	22	0,43	0,50	0,38	-0,64	40,9	40,9	18,2
5 Rheinisches Schiefergebirge, Hessian Foothills; DE	21	0,79	0,65	0,68	-0,62	28,6	57,1	14,3
6 Harz Mts 1; DE	31	1,21	0,96	0,91	-0,45	41,9	45,2	12,9
7 Harz Mts 2 (Westerhof); DE	98	-0,21	0,23	-0,03	-0,94	36,7	49,0	13,3
8 Mecklenburg Lakeland, Schwerin, Rostock; DE	71	0,36	0,38	0,33	-0,45	38,0	42,3	19,7
9 Lausitz; DE	11	0,21	-0,46	-0,51	0,98	9,1	63,6	27,3
10 Erzgebirge; CZ	60	0,21	0,73	0,58	-1,34	43,3	51,7	5,0
11 Thüringerwald; DE	17	0,86	1,35	1,03	-1,79	47,1	47,1	5,9
12 Odenwald; DE	41	0,14	-0,15	-0,29	0,26	22,0	56,1	22,0
13 Schwarzwald (Baden-Württemberg); DE	76	-0,43	-0,08	-0,14	-0,26	32,9	47,4	19,7
14 Breisgau; DE	62	-0,57	-0,62	-0,71	0,32	25,8	53,2	21,0
15 West (Lepontine) Alps; CH	67	-1,21	-0,65	-0,73	-0,19	26,9	53,7	19,4
16 Swabian Upland (Württemberg); DE	56	-0,21	0,08	-0,06	-0,45	28,6	57,1	14,3
17 Swabian Jura; DE	103	-0,14	0,00	-0,13	-0,23	35,0	43,7	21,4
18 Franconian (Frankischer) Jura; DE	52	-0,07	0,15	-0,11	-0,62	32,7	53,8	13,5
19 Franconia, Upper Palatinate; DE	66	0,93	0,50	0,58	0,11	27,3	53,0	19,7
20 Bavarian Forest; DE	34	0,43	0,38	0,25	-0,32	41,2	41,2	17,6
21 Bohemian Forest; CZ, DE	215	-0,64	-0,35	-0,40	-0,06	30,2	48,8	20,9
22 Swabian-Bavarian Upland 1; DE	93	-0,57	-0,27	-0,46	-0,40	31,2	59,1	9,7
23 Swabian-Bavarian Upland 2; DE	108	-0,64	-0,42	-0,54	0,02	29,6	52,8	17,6
24 Swabian-Bavarian Upland 3; DE	62	-0,86	-0,85	-0,87	0,53	21,0	53,2	25,8
25 Bavarian Alps; DE	47	-0,21	-0,62	-0,66	0,89	12,8	59,6	27,7
26 East Alps; DE	101	-0,29	-0,31	-0,36	0,02	26,7	55,4	17,8
27 Tyrol; AT	45	-0,71	-0,85	-0,91	0,87	17,8	44,4	37,8
28 Tyrol-Salzburg; AT	84	-0,64	-0,58	-0,65	0,47	21,4	53,6	25,0
29 East Alps; IT	23	-1,43	-0,69	-0,77	-0,47	30,4	60,9	8,7
30 Niedrige Tauern, Styria; AT	87	0,21	0,00	-0,15	0,09	31,0	49,4	19,5
31 Carinthia-Styria; AT	106	-0,50	-0,65	-0,64	0,64	21,7	48,1	30,2
32 Styria (N-E) 1; AT	196	-0,14	-0,38	-0,45	0,51	24,5	47,4	28,1
33 Styria (S-E) 2; AT	34	0,07	0,04	-0,07	-0,13	32,4	50,0	17,6
34 Styria (E) 3; AT	47	-0,29	-0,54	-0,45	0,83	19,1	51,1	29,8
35 Upper AT; AT	7	-0,29	0,54	0,18	-1,55	28,6	71,4	0,0
36 Bohemian Upland, Lower AT; CZ, AT	83	-0,43	-0,27	-0,32	0,00	25,3	56,6	18,1
37 West Bohemia; CZ	76	0,57	0,46	0,41	-0,28	35,5	47,4	17,1
38 Central Bohemia; CZ	32	-0,29	0,23	-0,01	-0,87	40,6	43,8	15,6

Tabela ciąg dalszy.

Numer i nazwa regionu Krutzscha Krutzsch region number and name	N	h	d <sub>1,3</sub>	v	Sm	K <sub>S</sub>	K <sub>NS</sub>	K <sub>BNS</sub>
39 Sudetes (Krkonoše, Tafelgebirge); CZ	65	0,43	0,42	0,37	-0,32	35,4	40,0	24,6
40 South Bohemia; CZ	28	0,57	0,35	0,26	-0,40	25,0	60,7	14,3
41 Bohemia; CZ	97	0,50	0,27	0,27	0,00	30,9	46,4	22,7
42 South Bohemia, Moravia; CZ	124	0,29	0,19	0,20	0,02	31,5	47,6	21,0
43 Moravia 1; CZ	50	0,43	0,27	0,18	-0,11	22,0	60,0	18,0
44 Moravia 2; CZ	60	0,14	0,12	0,03	0,00	35,0	40,0	25,0
45 Moravia 3; CZ	96	0,43	0,42	0,33	-0,40	28,1	54,2	17,7
46 Velká Fatra, Malá Fatra; SK	37	0,43	1,00	1,03	-1,23	48,6	32,4	18,9
47 Nízke Tatry; SK	167	0,79	0,65	0,68	-0,28	32,3	48,5	19,2
48 Tatras; SK, PL	124	0,21	0,15	0,13	0,09	29,0	52,4	18,5
49 East SK (Spiš); SK	8	1,07	1,65	1,54	-2,17	62,5	37,5	0,0
50 Slovenské rudohorie; SK	19	-1,00	-0,23	-0,58	-1,30	47,4	42,1	10,5
51 Štiavnické podhorie; SK	13	-0,07	-0,38	-0,38	0,34	30,8	53,8	15,4
52 West HU; HU	34	-0,36	-0,50	-0,69	0,38	26,5	50,0	23,5
53 North HU; HU	21	-1,29	-0,27	-0,63	-1,32	38,1	52,4	9,5
54 Dalmatia; HR	22	-2,14	-2,15	-1,84	1,91	9,1	45,5	45,5
56 Rhodope Mts; BG	60	-1,36	-1,15	-1,09	0,40	15,0	63,3	21,7
57 Southern Carpathians, Transylvanian Upland; RO	23	0,86	0,62	0,70	-0,30	34,8	52,2	13,0
58 Bihor Mts, Transylvania; RO	34	0,71	0,31	0,15	0,00	29,4	52,9	17,6
59 East Carpathians; RO	155	0,86	0,31	0,43	0,43	24,5	51,6	23,9
60 East Beskids (Tarnawa); PL	22	1,21	0,85	0,90	-0,40	31,8	50,0	18,2
61 Little Poland Upland; PL	22	0,29	0,19	0,01	-0,34	36,4	54,5	9,1
62 Babia Góra, Beskid Sądecki; PL	29	1,21	0,42	0,41	0,40	13,8	62,1	24,1
63 Beskid Śląski, Beskid Żywiecki; PL	96	0,86	0,73	0,68	-0,45	30,2	58,3	11,5
64 Kłodzko Valley; PL	44	0,21	0,73	0,62	-0,89	43,2	31,8	25,0
65 Silesian Lowland, Great PL Lowland; PL	62	0,64	0,54	0,49	0,06	40,3	40,3	19,4
66 West-Pomeranian Lakeland; PL	103	0,29	0,54	0,43	-0,79	38,8	47,6	13,6
67 East-Pomeranian, Warmia, Masuria; PL	46	0,57	0,62	0,48	-0,81	39,1	47,8	13,0
68 Masurian Lakeland; PL	58	2,00	2,00	2,29	-1,17	53,4	32,8	13,8
69 Augustów Lakeland, Podlasie; PL	47	1,71	2,35	2,50	-2,17	66,0	29,8	4,3
70 Białowieża Primeval Forest; PL	56	1,93	1,73	2,12	-0,74	41,1	44,6	14,3
71 Vilnius Lakeland, Belarus Lakeland; LT, BY	63	1,64	1,85	2,20	-1,34	50,8	36,5	12,7
72 Latvia, Estonia, 1; LV, EE	68	1,50	1,27	1,38	-0,72	30,9	58,8	10,3
73 Latvia, Estonia, 2; LV, EE	31	1,36	1,38	1,53	-1,26	35,5	54,8	9,7
74 Latvia, Estonia, 3; LV, EE	52	1,50	1,23	1,38	-0,55	44,2	34,6	21,2
75 Belarus; BY	40	2,14	2,81	3,14	-2,53	72,5	25,0	2,5
76 West Russia (Valdai Hills); RU	43	1,14	0,96	0,97	-0,47	32,6	51,2	16,3
77 Russia 1; RU	32	0,21	-0,08	0,08	0,60	28,1	43,8	28,1
78 Russia 2; RU	43	1,93	1,81	2,18	-0,85	41,9	44,2	14,0
79 Udmurtsk (Upper Kama Upland); RU	18	-0,50	-0,58	-0,58	0,06	27,8	55,6	16,7
80 West Siberia; RU	2	-2,29	-2,69	-2,48	2,68	0,0	0,0	100,0
81 Knusk; RU	20	0,00	0,31	0,24	-0,34	30,0	45,0	25,0
82 Jutland; DK	35	0,29	0,04	-0,04	0,53	25,7	51,4	22,9

Tabela ciąg dalszy.

Numer i nazwa regionu Krutzscha Krutzsch region number and name	N	h	d <sub>1,3</sub>	v	Sm	K <sub>S</sub>	K <sub>NS</sub>	K <sub>BNS</sub>
83 Bögstad (Ostland); NO	63	-0,43	-0,54	-0,67	0,57	19,0	52,4	27,0
84 S-E Norway; NO	11	-0,57	-1,12	-1,02	2,09	9,1	45,5	45,5
85 Central Norway; NO	12	-0,29	-1,04	-0,91	1,74	16,7	25,0	58,3
86 Scania; Sweden	35	-0,79	-0,62	-0,78	0,11	34,3	37,1	28,6
87 Götland, Smaland (S-E Sweden); SE	31	-0,43	-0,88	-0,94	1,06	3,2	71,0	25,8
88 Götland; SE	32	0,00	-0,46	-0,57	0,62	21,9	53,1	25,0
89 Sundermanland (S-E Sweden); SE	7	-1,79	-1,85	-1,73	1,83	0,0	71,4	28,6
90 Central Sweden; SE	68	-0,93	-1,23	-1,08	1,74	13,2	39,7	47,1
91 Norrland; SE	12	-0,14	-0,96	-0,88	1,72	16,7	41,7	41,7
92 Madelpad, Angermanland; SE	5	-1,14	-1,27	-1,16	1,36	20,0	20,0	60,0
93 S-E Sweden Coast; SE	7	-3,00	-2,46	-1,90	2,68	14,3	28,6	57,1
94 South Finland; FI	15	-1,21	-1,42	-1,28	1,38	13,3	60,0	26,7
95 Karelian; FI, RU	23	-0,29	0,12	0,35	-0,23	30,4	52,2	17,4
Średnia Mean		20,1 m	23,6 cm	0,479 m <sup>3</sup>	88,4	29,6	48,1	22,3
Odchylenie standardowe Standard deviation		1,4 m	2,6 cm	0,120 m <sup>3</sup>	4,8	13,0	11,0	14,2
Współczynnik zmienności Coefficient of variability [%]		7,0	11,0	25,1	5,3	43,9	22,9	63,7
Minimum Minimum		15,9 m	16,6 cm	0,182 m <sup>3</sup>	76,5	0	0	0
Maksimum Maximum		23,1 m	30,9 cm	0,856 m <sup>3</sup>	101,0	72,5	71,4	100,0
Test F (poziom istotności p)		6,35	5,67	6,32	3,05	2,67	1,25	2,28
F-test (significance level p)		(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,05)	(<0,01)

Dużą miąższość strzały osiągnęły również świerki z regionów: 49 (zachodnia Słowacja), 68, 69 i 70 (północno-wschodnia Polska), 71, 72, 73 i 74 (Litwa, Białoruś, Łotwa i Estonia) oraz 78 (Rosja – Smoleńsk). Świerki pochodzące z regionów Krutzscha zlokalizowanych w Polsce – 60, 62 i 63 (Beskid Wschodni, Beskid Sądecki, Beskid Śląski i Żywiecki) – cechowały się miąższością powyżej średniej dla całego doświadczenia. Najniższe wartości miąższości osiągnęły świerki z regionów 80 (zachodnia Rosja), 1, 2 i 3 (Francja) oraz 84, 89, 90, 92, 93 i 94 (Półwysep Skandynawski) (tab.).

SMUKŁOŚĆ I STABILNOŚĆ DRZEW. Średni współczynnik smukłości świerków z poszczególnych regionów Krutzscha wynosił 88,4 (zakres od 46,5 do 101,0), przy niewielkim współczynniku zmienności – 5,3% i istotnej różnicy między regionami ( $p < 0,01$ ). Najniższą wartością współczynnika (76,5), określającą najlepszą smukłość, charakteryzowały się świerki z regionu 75 (Białoruś). Korzystnym współczynnikiem smukłości cechowały się także drzewa z regionów: 11 (wschodnie Niemcy), 49 i 50 (wschodnia Słowacja), 53 (północne Węgry) oraz 69 (północno-wschodnia Polska). Wysoką wartość współczynnika  $Sm$ , wskazującą na obniżoną odporność na czynniki stresowe, wykazywały świerki skandynawskie (regiony 84, 85, 89, 91, 92 i 93), zachodniosyberyjskie (80), chorwackie (54) oraz francuskie (3) (tab.).

W doświadczeniu IUFRO 1964/1968 przeważały drzewa w klasie „niestabilne” (48,1%) i w klasie „stabilne” (29,6%). Stosunkowo dużo było również świerków w klasie „bardzo niesta-

bilne” (22,3%). Przewaga świerków stabilnych (<50%) została zaobserwowana dla 5 regionów Krutzscha: 49 (zachodnia Słowacja), 68 i 69 (północno-wschodnia Polska), 71 (pogranicze Litwy i Białorusi) oraz 75 (Białoruś). Pod względem tej cechy wyróżniały się świerki z regionu 75 (Białoruś): z udziałem drzew w klasie „stabilne” wynoszącym 72,5% oraz najniższym udziałem w klasie „bardzo niestabilne” – tylko 2,5%. Najniższą stabilnością cechowały się drzewa z regionów Krutzscha wyróżnionych na Półwyspie Skandynawskim (84, 85, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94), we Francji (2, 3), w Niemczech (9, 25) oraz Chorwacji (54). Niską stabilność miały również rodzime świerki z regionów 60, 61, 62, 63, tj. Beskidu Wschodniego, Wyżyny Małopolskiej, Beskidu Sądeckiego oraz Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, dla których udział drzew w klasie „niestabilny” wynosił ponad 50,0% (tab.).

**PODOBIEŃSTWO REGIONÓW KRUTZSCHA.** W analizie wielowymiarowej wszystkie regiony Krutzscha rozdzieliły się na 4 duże skupienia, które oznaczono literami A, B, C i D, różniące się przeciętnymi wartościami poszczególnych cech. Świerki o najlepszych parametrach, charakteryzujące się przeciętnie najwyższymi wartościami cech przyrostowych i miąższości, najniższym współczynnikiem smukłości i największym udziałem drzew stabilnych, znalazły się w zgrupowaniu C (28 regionów). Nieco tylko niższymi wartościami cech wzrostowych charakteryzowały się świerki w zgrupowaniu B (36 regionów), natomiast cechował je gorszy współczynnik smukłości oraz bardzo duży udział (54%) drzew niestabilnych. Najgorsze świerki znalazły się w zgrupowaniu D (12 regionów) – o bardzo niskiej miąższości strzały, prawie dwukrotnie niższej niż w regionach grupy C, z bardzo niekorzystnym współczynnikiem smukłości i najniższym udziałem drzew stabilnych (13,5%) oraz najwyższym bardzo niestabilnych (51,5%). Świerki w zgrupowaniu A (18 regionów) charakteryzowały się pośrednimi wartościami cech przyrostowych oraz bardzo dużym łącznym udziałem drzew niestabilnych i bardzo niestabilnych (ryc. 1).

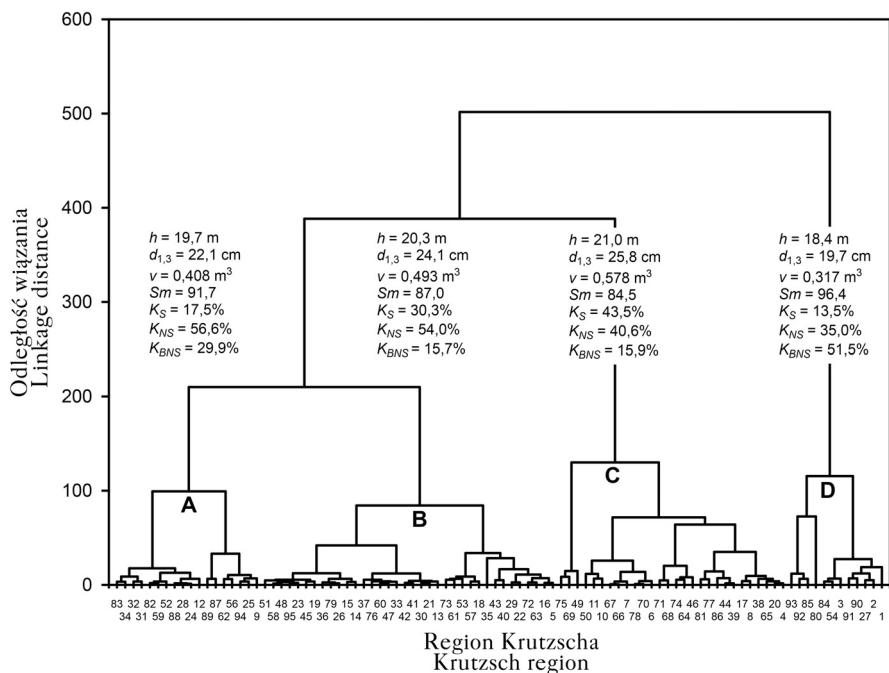
Geograficzne rozmieszczenie grup wyróżnionych w analizie skupień wykazało pewną prawidłowość. Regiony tworzące grupę C – świerki o bardzo dobrym wzroście i miąższości oraz dobrej stabilności, a także grupę B – drzewa o dobrym wzroście i miąższości oraz przeciętnej stabilności, występują pasem od Ardenów we Francji (region 4), poprzez Niemcy, Czechy, Słowację Polskę, Białoruś, kraje nadbałtyckie, aż po wschodnią Rosję (region 77). W tym pasie występują tylko 3 regiony zaliczone do grupy A, tj. o przeciętnym wzroście, miąższości i stabilności. Do grupy A należą również regiony Krutzscha występujące od zachodnich Węgier (52), poprzez obszar alpejski, aż po zachodnią Austrię (24), a także zlokalizowane w południowej części Półwyspu Skandynawskiego. Ostania grupa – D, ze świerkami charakteryzującymi się małą miąższością, słabym wzrostem i stabilnością drzew – obejmuje regiony położone blisko granicy zasięgu świerka, tj. Dalmację, Tyrol, południowo-zachodnią Francję i środkową część Półwyspu Skandynawskiego (ryc. 2).

## Dyskusja

Doświadczenia proveniencyjne obejmujące cały zasięg występowania gatunku są efektywnym sposobem badania zróżnicowania wewnątrzgatunkowego. Należy do nich doświadczenie IUFRO 1964/1968, obejmujące potomstwo drzewostanów rosnących w całym zasięgu świerka, co umożliwia prowadzenie selekcji pod względem różnych cech oraz szukanie populacji, których potomstwo będzie się dobrze adaptowało w określonych warunkach środowiskowych.

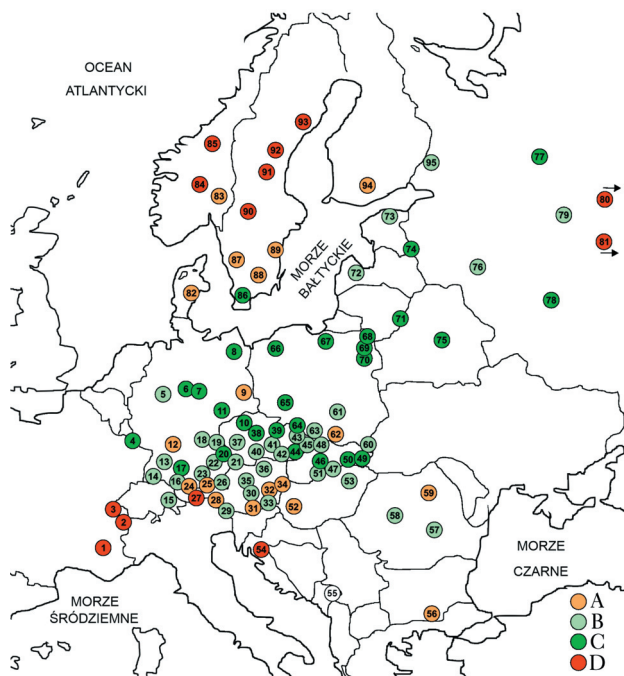
Najlepszy wzrost świerków z regionu 75 (Białoruś) na uprawie w Krynicy (wysokość i pierśnica powyżej dwóch odchyień od średniej) okazał się identyczny z wynikiem uzyskanym we wcześniejszych badaniach na równoległej uprawie w Szwecji [Persson, Persson 1997]. Do najlepszych zaliczono również świerki występujące w pasie od centralnych Niemiec po zachodnią





Ryc. 1.

Podobieństwo świerka z regionów Krutzscha (metoda Warda, odległość euklidesowa)  
Clustering of provenances from Krutzsch regions (Ward method, euclidean distance)  
dla wyróżnionych grup regionów zamieszczono przeciętne wartości analizowanych cech  
for distinguished groups of regions mean values of analysed traits are given (denotes in table)



Ryc. 2.

Podział świerka pospolitego testowanego na powierzchni doświadczalnej IUFRO 1964/68 w Krynicy według grup regionów wyróżnionych w analizie skupień  
Division of Norway spruce tested in the IUFRO 1964/68 experiment in Krynica according to the groups of regions distinguished in the cluster analysis

1-95 – numery regionów Krutzscha, A – przeciętny wzrost, miąższość strzały i stabilność, B – dobry wzrost i miąższość strzały oraz przeciętna stabilność, C – bardzo dobry wzrost i miąższość strzały oraz dobra stabilność, D – słaby wzrost, niska miąższość strzały oraz stabilność  
1-95 – Krutzsch region numbers, A – average growth, stem volume and stability, B – good growth and stem volume as well as average stability, C – very good growth and stem volume as well as good stability, D – poor growth, stem volume and stability

○ A  
○ B  
○ C  
○ D



Rosję (Smoleńsk), w tym także populacje występujące w północno-wschodniej Polsce. Dobry wzrost populacji świerka z tego obszaru Polski wykazywano również we wcześniejszych badaniach [Bałut 1989; Sabor, Stanuch 2009] oraz w serii doświadczalnej – IUFRO 1972 [Chmura i in. 2018]. Badania Pacalaya i in. [2019] wskazały na dobry wzrost niektórych populacji zachodniokarpackich, co jednak nie znalazło potwierdzenia w wynikach uzyskanych na uprawie w Krynicy. Najmniejszą wysokością i pierśnicą cechowało się natomiast potomstwo świerczyn z południowo-wschodniej Francji i środkowej Skandynawii, co potwierdza się w badaniach na innych uprawach doświadczalnych [Fotland, Skrøppa 1989; Persson, Persson 1997; Ujvári-Jármay i in. 2016; Lieppe i in. 2020].

Uzyskano bardzo duże zróżnicowanie miąższości pojedynczych świerków z poszczególnych regionów Krutzscha. Średnia wartość obliczona dla świerków z najlepszego regionu – 75 Białoruś – była blisko 5 razy wyższa w porównaniu z miąższością wykazaną dla świerków z regionu 80 Zachodnia Syberia. Uzyskana duża wartość przeciętnej miąższości pojedynczego drzewa dla świerków pochodzących z północno-wschodniej Polski i niska świerków skandynawskich znalazła potwierdzenie w badaniach przeprowadzonych na równoległej powierzchni w Szwecji [Persson, Persson 1997]. Duże zróżnicowanie cech biometrycznych świerków pochodzeń europejskich rosnących w górskich warunkach środowiskowych wskazuje, że selekcja wprowadzanych populacji może być efektywną metodą kształtowania trwałych drzewostanów, o zwiększonej miąższości i dostosowanych do miejscowych warunków wzrostu.

Współczynnik smukłości ma duże znaczenie w opisie kondycji drzewostanów, ponieważ na jego podstawie określa się stabilność drzewostanu. Drzewa o niskiej smukłości ( $Sm < 80$ ) są odporne na szkodliwe działanie wiatru i okiści, natomiast drzewa o współczynniku smukłości powyżej 80 są podatne na złamania strzały [Burschel, Huss 2003; Schütz i in. 2006]. Mimo znacznego rozluźnienia więźby, będącej efektem 2 nawrotów trzebieży selekcyjnej oraz cięć sanitarnych (przeciętnie w bloku zostało 25% świerków) [Masternak i in. 2009], w prezentowanych badaniach wykazano bardzo duże zróżnicowanie pod względem tej cechy. Na prawie 5 tys. pomierzonych drzew tylko u około 31% stwierdzono właściwy współczynnik smukłości (świerki stabilne). Podobnie wysokie wartości współczynnika, niezależnie od pozycji biosocjalnej drzewa, uzyskano dla świerków rosnących w niepielęgnowanym drzewostanie [Korzeniewicz i in. 2017]. Stosując klasyfikację Burschela i Hussa [2003], stwierdzono, że prawie połowa analizowanych drzew była niestabilna. Wysokie wartości tego wskaźnika u analizowanych świerków mogą przyczyniać się do postępującego procesu wydzielania się drzew na uprawie doświadczalnej wskutek oddziaływania czynników abiotycznych. W tym zakresie wskazane byłoby poszerzenie badań, gdyż na wielkość współczynnika smukłości może mieć również wpływ budowa korony świerków. Według badań przeprowadzonych w Rumunii forma *P. abies pendula* cechuje się istotnie niższym współczynnikiem smukłości w porównaniu do formy *pyramidalis* [Apostol, Budeanu 2019; Budeanu i in. 2019].

W kompleksowej analizie najniżej oceniono populacje świerka z Półwyspu Skandynawskiego, z wyjątkiem bardzo dobrych z regionu 86 Scania w południowej Szwecji. Prawdopodobnie może to być potomstwo świerczyn z Europy Środkowej i Wschodniej, których nasiona przeniesiono właśnie na południowe obszary Szwecji i Norwegii [Jansen i in. 2017]. Podobnie słaba okazała się większość populacji z Francji, z wyjątkiem bardzo dobrych z regionu Ardenów i Wogezów. Większość populacji środkowoeuropejskich i wschodnioeuropejskich należała do grupy o najlepszej produktywności i stabilności. Według Kannenberga i Grossa [1999] może to wynikać z pojawienia się na tym obszarze licznych korzystnych dla gatunku adaptacji ekologicznych w trakcie powrotu po ostatniej epoce lodowcowej.

## Wnioski

- ✚ Wykazano istotne zróżnicowanie pod względem wszystkich badanych cech między świerkami pochodzącymi z poszczególnych regionów jego występowania – regionów Krutzscha.
- ✚ Po 51 latach wzrostu na uprawie Krynica w Beskidzie Sądeckim najlepszą adaptację wykazało potomstwo drzewostanów świerkowych z Białorusi (region 75). Świerki z tego regionu osiągnęły największe wartości cech przyrostowych oraz charakteryzował je duży udział drzew o dobrej stabilności.
- ✚ W analizie kompleksowej cech wyróżniono 4 grupy regionów Krutzscha, różniące się pod względem wzrostu, miąższości pojedynczego drzewa i klasy stabilności, a ich występowanie wykazało prawidłowość geograficzną. Do grupy o najlepszych wartościach cech zaliczono świerki z regionów znajdujących się w pasie od środkowych Niemiec po Białoruś. Świerki pochodzące z regionów Krutzscha zlokalizowanych na obrzeżach zasięgu (Skandynawia, Francja, Chorwacja, Bułgaria i zachodnia Syberia) charakteryzował słaby wzrost i niska stabilność.
- ✚ Świerki pochodzące z regionów z północno-wschodniej Polski cechowały się ponadprzeciętnymi wartościami każdej cechy i należały do najlepszych w doświadczeniu. Potomstwo świerczyn z regionów w południowej części Polski (region karpacki) charakteryzował ponadprzeciętny wzrost i miąższość strzały, ale równocześnie niekorzystny współczynnik smukłości (>80).

## Podziękowania

Autorzy składają podziękowania dla inż. M. Adamczyka, inż. B. Maciochy, inż. M. Pijewskiego, inż. R. Jastrzębskiego, inż. W. Krawczyka, inż. M. Janiszewskiego, inż. J. Berowskiego, inż. K. Ochry oraz inż. A. Kawalkowskiej za pomoc w wykonaniu pomiarów terenowych.

## Literatura

- Apostol E., Budeanu M. 2019. Adaptability of Narrow-Crowned Norway Spruce Ideotype (*Picea abies* (L.) Karst. *pendula* Form) in 25 Years Half-Sib Comparative Trials in the Eastern Carpathians. *Forests* 10 (5): 395. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10050395>.
- Bałut S. 1989. Zróżnicowanie wysokości w wieku 20 lat europejskich pochodzeń świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) doświadczenia IPTNS-IUFRO 64/68 na powierzchni doświadczalnej w Krynicy. *Sylvan* 133 (11/12): 19-30.
- Bałut S., Sabor J. 2001. Inventory Provenance Test of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) IPTNS-IUFRO 1964/1968 in Krynica. Part I. Description of the experimental area. Test material. Akademia Rolnicza w Krakowie, Kraków.
- Banach J., Skrzyszewska K., Skrzyszewski J. 2017. Reforestation in Poland: History, Current Practice and Future Perspectives. *Reforesta* 3: 185-195. DOI: <https://doi.org/10.21750/REFOR.3.14.38>.
- Boratyński A., Bugała W. [red.] 1998. Biologia świerka pospolitego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1996. Nowy wzór empiryczny do określania pierśnicowej liczby kształtu grubizny drzew dla świerka. *Sylvan* 140 (12): 25-30.
- Budeanu M., Apostol E. N., Popescu F., Postolache D., Ioniță L. 2019. Testing of the narrow crowned Norway spruce ideotype (*Picea abies* f. *pendula*) and the hybrids with normal crown form (*pyramidalis*) in multisite comparative trials. *Science of The Total Environment* 689: 980-990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.518>
- Burschel P., Huss J. 2003. Grundriss des Waldbaus: ein Leitfaden für Studium und Praxis (3., unveränd. Aufl). Ulmer, Stuttgart.
- Chmura D. J., Matras J., Barzdajn W., Buraczyk W., Kowalkowski W., Kowalczyk J., Rożkowski R., Szeli-gowski H. 2018. Variation in growth of Norway spruce in the IUFRO 1972 provenance experimental series. *Silvae Genetica* 67 (1): 26-33. DOI: <https://doi.org/10.2478/sg-2018-0004>.
- Danusevičius D. 1996. A new study on the Northeastern continental Norway spruce provenances. *Baltic Forestry* 2 (2): 45-49.
- Fotlland H., Skrøppa T. 1989. The IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea abies*) in Norway. Variation in mortality and height growth. Communication of the Norwegian Forest Research Institute 43 (1): 1-30.

- Giertych M. 1977. Genetyka. W: Białobok S. [red.]. Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. PWN, Warszawa – Poznań.
- Gömöry D., Foffová E., Kmeť J., Longauer R., Romšáková I. 2010. Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Provenance Variation in Autumn Cold Hardiness: Adaptation or Acclimation? Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 52 (2): 42-49.
- Jansen S., Konrad H., Geburek T. 2017. The extent of historic translocation of Norway spruce forest reproductive material in Europe. Annals of Forest Science 74 (3): 56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0644-z>.
- Jaworski A. 2019. Hodowla lasu. T. 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Kannenberg N., Gross K. 1999. Allozymic Variation in Some Norway Spruce Populations of the International IUFRO Provenance-testing Programme of 1964/1968. Silvae Genetica 48 (5): 209-217.
- Kapeller S., Dieckmann U., Schueler S. 2017. Varying selection differential throughout the climatic range of Norway spruce in Central Europe. Evolutionary Applications 10 (1): 25-38. DOI: <https://doi.org/10.1111/eva.12413>.
- Kocięcki S. 1977. Zmienność. W: Białobok S. [red.]. Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. PWN, Warszawa – Poznań.
- Korzeniewicz R., Jakubowski M., Jelonek T., Kaźmierczak K., Tomczak A. 2017. Smukłość świerków (*Picea abies* (L.) H. Karst) w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 16 (2): 131-140. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2017.2.13>.
- Krutzsch P. 1974. The IUFRO 1964/68 Provenance Test with Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Silvae Genetica 23 (1-3): 58-62.
- Lieppe K. J., Mittelberg H. S., Liesebach M. 2020. Der IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1964/68 – Eine erste abschließende Auswertung der deutschen Flächen nach Herkunftsgruppen. W: Liesebach M. [red.]. Forstpflanzenzüchtung für die Praxis: 6. Tagung der Sekti on Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, Johann Heinrich von Thünen-Institut. 60-72. DOI: <https://doi.org/10.3220/REP1584625360000>.
- Masternak K., Sabor J. 2013. Polimorfizm izoenzymowy świerka pospolitego z wybranych regionów Krutzscha testowanych w doświadczeniu IPTNS-IUFRO 1964/68 w Krynicy. Sylwan 157 (1): 47-53. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2012031>.
- Masternak K., Sabor J., Majerczyk K. 2009. Effect of provenance on the survival of *Picea abies* trees on the IPTNS-IUFRO 1964/68 site in Krynica (Poland). Dendrobiology 61 (suppl.): 53-61.
- Masternak K., Struczak J. 2016. Evaluation of grafts of Norway spruce in the conservation archives of endangered populations of IPTNS-IUFRO 1964/68 experiment in Krynica. Forestry Letters 109 (10): 32-38.
- Masternak K., Zielińska M., Sabor J. 2011. Isoenzyme polymorphism and growth of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] provenances on the IPTNS-IUFRO 1964/68 experimental site in Krynica. Forest Research Papers 72 (1): 65-75. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10111-011-0008-7>.
- Michalec K. 2007. Jakość surowca świerkowego (*Picea abies* [L.] Karst.) pochodzącego z głównych ośrodków i zasięgów jego występowania w Polsce. Drewno. Prace Naukowe, Doniesienia, Komunikaty 50 (177): 57-78.
- Młynarczyk A., Sabor J., Banach J., Rożkowski R. 2011. Ocena zasobów genowych świerka istebniańskiego na powierzchniach zachowawczych *in situ* i *ex situ*. Sylwan 155 (10): 674-686. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2010097>.
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan 143 (4): 35-43.
- Orzeł S., Socha J., Ochał W. 1999. Produkcyjność górskich drzewostanów świerkowych średnich klas wieku w zależności od ich położenia nad poziomem morza. Sylwan 143 (9): 25-32.
- Pacalay M., Longauer R., Krajmerová D., Gömöry D. 2019. Effect of site altitude on the growth and survival of Norway spruce (*Picea abies* L.) provenances on the Slovak plots of IUFRO experiment 1972. Journal of Forest Science 48 (1): 16-26. DOI: <https://doi.org/10.17221/11853-JFS>.
- Persson B., Persson A. 1997. Variation in Stem Properties in a IUFRO 1964/1968 *Picea abies* Provenance Experiment in Southern Sweden 46 (2-3): 94-101.
- Puchniarski T. H. 2008. Świerk pospolity: hodowla i ochrona. PWRiL, Warszawa.
- Sabor J., Kempf M., Masternak K. 2013. Genetic structure of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] provenances tested in IPTNS-IUFRO 1964/68 experiment in Krynica. Folia Forestalia Polonica. Series A. Forestry 55 (1): 10-17.
- Sabor J., Stanuch H. 2009. Assessment of the height growth of *Picea abies* as related to the geographical regions of Krutzsch (IPTNS-IUFRO 1964/68, years 1969-1988). Dendrobiology 61 (suppl.): 39-52.
- Schütz J.-P., Götz M., Schmid W., Mandallaz D. 2006. Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. European Journal of Forest Research 125 (3): 291-302. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0111-0>.
- Skrøppa T., Steffenrem A. 2019. Genetic variation in phenology and growth among and within Norway spruce populations from two altitudinal transects in Mid-Norway. Silva Fennica 53 (1), id 10076. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.10076>.
- Skrøppa T., Steffenrem A. 2020. Variation among and within provenances of Norway spruce from Trøndelag and Nordland. NIOBIO Rapport 6 (10): 1-18.

- Ujvári-Jármay É., Nagy L., Mátyás C. 2016. The IUFRO 1964/68 Inventory Provenance Trial of Norway Spruce in Nyírjes, Hungary – results and conclusions of five decades. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 12 (s1): 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1515/aslh-2016-0001>.
- Zeltinš P., Katrevičs J., Gailis A., Maaten T., Desaine I., Jansons A. 2019. Adaptation Capacity of Norway Spruce Provenances in Western Latvia. *Forests* 10 (10): 840. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10100840>.
- Zubizarreta Gerendiain A., Peltola H., Pulkkinen P., Kellomäki S. 2009. Effects of genetic entry and competition by neighbouring trees on growth and wood properties of cloned Norway spruce (*Picea abies*). *Annals of Forest Science* 66 (8): 806-806. DOI: <https://doi.org/10.1051/forest/2009075>.
- Žółciak A., Oszako T., Sabor J. 2009. Evaluation of the health status of *Picea abies* provenances growing on the IUFRO 1964/68 experimental plots. *Dendrobiology* 61 (suppl.): 63-68.