

ZHODNOCENÍ RŮSTU PROVENIENCÍ SMRKU ZTEPILÉHO NA JESENICKU A V KRUŠNÝCH HORÁCH VE VĚKU 46 A 45 LET

GROWTH EVALUATION OF PROVENANCES OF NORWAY SPRUCE BOTH IN THE JESENÍKY REGION AND ORE MTS. AT THE AGE OF 46 AND 45 YEARS

PETR NOVOTNÝ ✉ - MARTIN FULÍN - JAROSLAV DOSTÁL - JIŘÍ ČÁP - JOSEF FRÝDL

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

✉ e-mail: pnovotny@vulhm.cz

ABSTRACT

The work deals with the evaluation of three Norway spruce provenance research plots within the age 40–50 years. Totally, 65 provenances from several regions of Norway spruce were measured at two different altitudes (North Moravia) and under the conditions of former air pollution load (North Bohemia). The plots are part of the GDR–CSR 1972/76-77 series established in cross-border cooperation with Germany. The evaluation included heights, DBH, defoliation, stem form, stem damage and health state. The best volume production was achieved in both research plots by provenances of German origin, namely 41 Hainsbach (Červená Voda research plot) and 39 Bütterbächel (Mnichov), whose origin altitudes roughly correspond to the altitudes of the research plots on that they proved successful. With the exception of two Austrian provenances (49 Granitz, 50 Fastenberg) on the Červená Voda plot, the provenances from Belarus and Austria show the slowest growth on research plots Červená Voda and Mnichov. The fastest growths show the provenances from Poland with one exception (59 Borki) on the plot Červená Voda and one exception (58 Ilava) on the plot Mnichov. Czech, Slovak and German provenances growth intensity was mostly moderate or slightly above average. Two homogeneous groups according to origin have been differed: (1) Alpine, Rhodopean and Russian-Scandinavian, (2) Hercynian-Carpathian. The best growth performance appeared in the provenances of the Hercynian-Carpathian sub-region, the worst in the North-European provenances.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: *Picea abies* (L.) H. Karst.; proměnlivost; provenienční výzkum; Česká republika

Key words: *Picea abies* (L.) H. Karst.; variability; provenance research; Czech Republic

ÚVOD

Smrk ztepilý je v České republice původní dřevinou s přirozeným výskytem v horských a podhorských polohách (oreofytikum, mezofytikum). Přirozeně zde rostl v klimaxových horských smrčínách, v podhůří pak jako príměs smíšených lesů. V nižších nadmořských výškách se vyskytoval pouze podél toků, v chladných kotlinách, inverzních roklicích a na rašelinných a podmačených půdách (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Lesnický zájem na jeho využívání pragmaticky vyplnul z charakteru habitu (rovný průběžný kmen) a schopnosti dosahovat vysoké a kvalitní produkce široce využitelné dřevní hmoty, navíc i mimo rozsah původního rozšíření. Postupující klimatická změna však stále více evokuje potřebu posuzování vhodnosti dalšího pěstování smrku

v řadě tradičních oblastí, kde začínají být podmínky pro jeho přežití do mýtního věku v dobrém zdravotním stavu hraniční, příp. již takový výsledek objektivně neumožňují.

Výzkum je v tomto směru nutné zaměřit především na ověřování geneticky podmíněné proměnlivosti a získání nových poznatků o možnostech šlechtitelského výběru. Ten bývá tradičně orientován na zvýšení kvality a objemové produkce. Aktuálně se však do popředí dostávají i otázky rezistence dílčích populací. Cílem této práce je předložit hodnocení růstu a vitality vybraných domácích a zahraničních proveniencí smrku ztepilého, ověřovaných na třech výzkumných plochách na severní Moravě a v Krušných horách přibližně v polovině mýtního věku.

MATERIÁL A METODIKA

Z důvodu absence informací o vhodnosti pěstování proveniencí smrku ztepilého původem z centrální části jeho druhového areálu v různých stanovištních podmínkách byl ve spolupráci Výzkumného ústavu lesnického v Eberswalde (Německo) a Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jiloviště-Strnady (VÚLHM) založen mezinárodní provenienční pokus NDR-ČSR 1972/76-77. Za VÚLHM experiment organizoval Ing. B. Vinš, CSc., v rámci výzkumného úkolu R-331-019 „Šlechtění vybraných lesních dřevin (sm, dg) a zakládání semenných plantáží“. Cílem střednědobého výzkumu koncipovaného na 40–50 let bylo identifikovat pomocí hromadné selekce vhodné provenience pro různé vegetační stupně a pro poměry tehdejších imisních oblastí. Počítalo se i s dalšími způsoby využití výzkumných ploch – hodnocení v mladším věku, fenologická pozorování, studium odolnosti k mrazu, výběr dílčích populací pro založení semenných sadů a klonových archivů (CHLANDA 1982; VANČURA, VINŠ 1983; VINŠ, VANČURA 1983; VANČURA 1985a, 1985b).

Pro založení experimentu bylo v letech 1968–1972 shromážděno 92 vzorků osiva z různých evropských zemí. V roce 1972 proběhly výsevy ve školkách lesních závodů Janovice u Rýmařova a Kamenice nad Lipou. Na jaře 1974 (severní Morava), resp. v létě 1973 (jižní Čechy) byly sazenice školkovány. V letech 1976–1977 bylo v tehdejší ČSR založeno 15 výzkumných ploch (z toho 9 hlavní a 6 akcesorické série), na kterých je zastoupeno 30 proveniencí původem z ČR (převážně z uznaných porostů A, B), 5 ze Slovenska, 12 z tehdejší NDR, 6 z Polska, 5 z Běloruska, 4 z Rakouska a 3 z Bulharska (VINŠ 1979; VANČURA 1985a). V NDR bylo založeno 11 ploch (ŠINDELÁŘ et al. 1981), z nichž 7 se dodnes dochovalo na území Meklenbursko-Pomořanska, Braniborska, Saska a Durynska (NICKE, WOLF 2009). Část proveniencí (41) je vzhledem k předchozí výměně vzorků osiva v obou sériích mezinárodního pokusu shodná (VINŠ 1979; ŠINDELÁŘ et al. 1981; VANČURA 1985a), i když jsou v každé zemi značeny jinými číselnými kódy.

Na počátku experimentu byly formulovány tři výzkumné cíle, od kterých se odvinula volba lokalit výzkumných ploch: (1) zhodnotit růst proveniencí na výzkumných plochách v odstupňovaných nadmořských výškách v různých regionech ČR (trojice ploch v Jeseníkách, na Šumavě a v Českém lese), (2) zhodnotit růstový vývoj ve smrkovém optimu Krušných hor (650–850 m n. m.) pod vlivem imisí (plochy č. 240 – Klíny, č. 244 – Pernink) a (3) porovnat růst s dříve založeným mezinárodním pokusem IUFRO 1964/68 na LZ Ledec nad Sázavou (plocha č. 241 – Zaháj). Podrobnější informace o experimentu viz např. VINŠ (1979) či VANČURA (1985a).

Výzkumná plocha Červená Voda (LS LČR Jeseník, porost 527 C4b) byla založena v PLO 28 – Předhoří Hrubého Jeseníku na jaře 1977. Nadmořská výška výsadby je 420 m n. m., expozice ssv., sklon 2 %. Typologicky je lokalita řazena do LT 306, geologický podklad tvoří žula, půda je oglejená hlinitopísčítá. Průměrná roční teplota dosahuje 8,1 °C, průměrné srážky 745 mm.

Výzkumná plocha Mnichov (Biskupství ostravsko-opavské, Lesní správa Vrbno, porost 301 C4b) byla založena v PLO 27 – Hrubý Jeseník na jaře 1977. Nadmořská výška výsadby je 600–620 m n. m., expozice v., sklon 10 %. Typologicky je lokalita řazena do LT 5S1, geologický podklad tvoří rula, půda je hlinito-kamenitá. Průměrná roční teplota dosahuje 5,8 °C, průměrné srážky 850 mm.

Výzkumná plocha Klíny (Správa městských lesů Most, porost 614 A3a) byla založena v PLO 1 – Krušné hory na jaře 1976. Nadmořská výška výsadby je 825 m n. m., expozice sv., sklon 2 %. Typologicky je lokalita řazena do LT 7K3, geologický podklad tvoří rula, půda je písčito-hlinitá (oglejená, zamokřená). Průměrná roční teplota dosahuje 5,6 °C, průměrné srážky 800 mm.

Výzkumné plochy o velikosti 2,56 ha byly založeny dle schématu dvojitě mřížte se čtyřnásobným opakováním pokusných variant. Rozměry

parcel jsou 10 m × 10 m, spon výsadby 2 m × 1 m, počet sazenic na parcele je 50 ks, tj. na celé ploše 200 ks pro jednu provenienci. 5leté (Červená Voda 1/4, Mnichov 2/3), resp. 4leté sazenice (Klíny 2/2) byly sazeny do jamek. K vyloučení vlivu zvěře byly plochy po výsadbě oploceny. Na plochách již byly v minulosti vlastníky provedeny výchovné zásahy, údaje o jejich objemu však nejsou k dispozici. Na všech třech plochách je ověřováno 63 shodných proveniencí, další (53 Bistrizta, BG) je zastoupena pouze na jesenických plochách, zatímco na ploše v Krušných horách je místo ní vysazena odlišná (nicméně původem ze stejného pohorí) provenience 80 Kirilova Poljana, BG (tab. 1).

Měření smrků na ploše Klíny probíhalo na podzim 2017 (věk 45 let), na plochách Červená Voda a Mnichov pak na podzim 2018 (věk 46 let). Předmětem hodnocení jsou kvantitativní a kvalitativní ukazatele objemové produkce, resp. odolnosti k abiotickým škodlivým vlivům. Výšky stromů byly měřeny ultrazvukovým výškoměrem VERTEX III (přesnost 0,1 m), výčetní tloušťky milimetrovou průměrkou (0,1 cm). Na základě výsledků měření výšek a $d_{1,3}$ byl s využitím objemové rovnice (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) vypočten objem kmene (s. k.). Kvalitativní charakteristiky byly hodnoceny podle následujících ordinačních stupnic. Tvárnost kmene: 1 – zcela rovný, 2 – 1× slabě prohnutý, 3 – 1× silně prohnutý, 4 – slabě esovitý, 5 – silně esovitý. Poškození kmene: 1 – bez poškození, 2 – poškozen pouze ve vrcholové části, 3 – vícekrát zlomen, dobře zhojený, 4 – vícekrát zlomen, špatně zhojený, 5 – poškozen ve spodní části kmene (mechanicky, houba atd.). Defoliace: 0–100 % (odstup po 20 %). Zdravotní stav: 1 – výborný, 2 – dobrý (mírné známky poškození), 3 – zhoršený (výrazné známky poškození), 4 – odumírající, 5 – odumřelý/suchý. Na výzkumné ploše Klíny se defoliace a poškození kmene nehodnotily, neboť vlivem imisí, mrazu a sněhu došlo v mladším věku u velkého počtu stromů k vytvoření více kmenů a v důsledku ponechání porostu bez výchovy až do roku 2016 i k výskytu zlomů. V případě dvou a více kmenů byla výčetní tloušťka zjišťována pouze u nejtlustšího. Z těchto důvodů nebyly kalkulovány ani objemy kmene a hektarové zásoby proveniencí.

Na výzkumných plochách Červená Voda a Mnichov nebylo při průzkumové analýze (QC.Expert 3.1, NCSS 10.0.6) zjištěno porušení normality dat, a proto byla následně provedena jednofaktorová ANOVA a v případech zamítnutí nulové hypotézy následný Tuckeyho-Kramerův test mnohonásobného porovnání. U lokality Klíny nebyl předpoklad normality splněn, proto zde byla aplikována jednofaktorová Kruskalova-Wallisova analýza variance ($\alpha = 0,05$) a navazující Kruskalův-Wallisův test (NCSS 10.0.6). Pro možnost využití vícerozměrné analýzy PCA (Statistica 12, PAST 2.07) byly provenience zastoupené na plochách Červená Voda a Mnichov seskupeny podle příslušnosti k vymezeným regionálním podoblastem rozšíření smrku (RUBNER 1932), viz tab. 1. Data byla redukována tak, že hodnocené znaky s dostatečnou variabilitou zastupovaly jejich mediány. Před výpočtem byla data škálována pomocí Z-skóre.

VÝSLEDKY

Na lokalitě Červená Voda rostlo v době hodnocení 2154 stromů, tj. střední hodnota na provenienci 34,5 (tab. 2). Nejméně smrků (9 %) bylo zaznamenáno u provenience 24 Devět skal z Českomoravské vrchoviny, naopak nejvíce (24 %) u proveniencí 27 Vidly, Jeseníky a 43 Rehefeld, Erzgebirge-Ost (D). Na lokalitě Mnichov rostlo celkem 2822 stromů, tj. střední hodnota na provenienci 43,5 (tab. 3). Nejméně (11 %) se jich vyskytovalo u provenience 36 Krauschwitz, Lausitz (D), nejvíce (36 %) pak opět u provenience 43 Rehefeld, Erzgebirge-Ost (D). Na ploše Klíny rostlo nejméně stromů (1807), tj. střední hodnota na provenienci 26,5 (tab. 4). Podíly rostoucích jedinců se pohybovaly od pouhých 3 % u provenience 20 Svinošice z Českomoravské vrchoviny, po 31 % u provenience 11 Kateřinky z Jizerských hor.

Tab. 1.

Charakteristika ověřovaných proveniencí
Characteristics of verified provenances

Provenience/Provenance	Stát/ Country	Oblast/ Region	Oblast původu/ Zone of origin**	Nadmořská výška (m n. m.)/ Altitude (m a.s.l.)	Zeměpisná šířka/ Latitude N	Zeměpisná délka/ Longitude E	Srážky/ Precipitation (mm)	Teplota/ Temperature (°C)
1	CZ	Krušné hory	1	870	50,35	12,72	941,2	4,9
2	CZ	Krušné hory	1	660	50,60	13,80	791,1	5,8
3	CZ	Šumava	1	870	48,80	13,99	878,3	5,3
4	CZ	Šumava	1	910	49,02	13,57	1331,3	5,4
5	CZ	Šumava	1	945	48,65	14,40	923,4	4,8
6	CZ	Šumava	1	735	48,86	13,86	797,0	6,2
7	CZ	Český les	1	540	49,40	12,86	731,2	6,9
8	CZ	Český les	1	610	49,46	13,30	695,8	6,4
9	CZ	Brdy	1	540	49,60	13,67	656,0	7,2
10	CZ	Jizerské hory	1	660	50,84	15,27	1300,8	7,3
11	CZ	Jizerské hory	1	695	50,80	15,80	1094,4	5,2
12	CZ	Krkonoše	1	760	50,65	15,74	1102,6	5,2
13	CZ	Krkonoše	1	840	50,64	15,72	1150,8	4,7
14	CZ	Krkonoše	1	950	50,72	15,57	1497,9	3,2
15	CZ	Krkonoše	1	950	50,70	15,51	798,4	4,8
16	CZ	Středočeská pahorkatina	1	370	49,96	14,79	604,3	8,0
17	CZ	Středočeská pahorkatina	1	390	49,73	15,24	667,2	7,3
18	CZ	Středočeská pahorkatina	1	450	49,69	15,11	461,3	7,7
19	CZ	Středočeská pahorkatina	1	430	49,84	15,18	672,9	7,0
20	CZ	Českomoravská vrchovina	1	410	49,34	16,57	660,9	7,1
21	CZ	Českomoravská vrchovina	1	545	49,65	16,11	758,9	6,6
22	CZ	Českomoravská vrchovina	1	710	49,70	15,96	858,2	5,5
23	CZ	Českomoravská vrchovina	1	710	49,68	15,91	858,2	5,5
24	CZ	Českomoravská vrchovina	1	730	49,67	15,91	870,3	5,4
25	CZ	Jeseníky	1	810	50,13	17,39	454,0	5,3
26	CZ	Jeseníky	1	920	50,08	17,30	519,9	4,6
27	CZ	Jeseníky	1	1070	50,10	17,27	610,2	3,6
28	CZ	Beskydy	1	680	49,52	18,48	1238,1	6,4
29	SK	Tatry	1	750	48,88	20,78	869,8	6,2
30	SK	Tatry	1	800	49,00	19,40	386,0	6,9
31	SK	Tatry	1	840	49,26	20,26	657,9	5,4
32	SK	Tatry	1	970	49,26	20,26	736,1	4,6
33	SK	Tatry	1	1200	49,26	20,26	874,6	3,1
34	CZ	Orlické hory	1	630	50,08	16,59	1194,9	5,5
35	CZ	Orlické hory	1	780	50,21	16,48	386,0	4,5
36	D	Lausitz	1	120	51,43	14,60	619,7	8,8
37	D	Älpsandsteingeb.	1	240	50,89	14,17	638,1	8,3
38	D	Erzgebirge-West	1	610	50,60	13,12	784,7	6,6
39	D	Erzgebirge-West	1	735	50,40	12,56	817,0	5,1
40	D	Erzgebirge-West	1	830	50,49	12,90	903,0	5,5
41	D	Erzgebirge-Mittel	1	465	50,70	13,20	830,0	6,5
42	D	Erzgebirge-Mittel	1	920	50,43	12,89	957,2	4,9
43	D	Erzgebirge-Ost	1	685	50,74	13,69	918,3	5,2
44	D	Thüringer Wald	1	410	50,60	10,70	843,0	7,3
45	D	Thüringer Wald	1	590	50,54	11,40	951,3	6,1
46	D	Thüringer Wald	1	715	50,69	10,79	843,3	4,0
47	D	Harz	1	665	51,80	10,60	865,9	4,2
48	A	Osttirol	2	1600	47,00	12,56	1476,1	0,9
49	A	Osttirol	2	1200	47,33	15,53	1388,9	3,4
50	A	Osttirol	2	1500	47,38	13,69	1044,8	1,8
51	A	Osttirol	2	500	48,04	13,30	929,1	7,5
52	BG	Rodopi	3	1000	41,74	24,71	1186,6	8,2
53	BG	Rila	3	1440	42,23	23,60	1083,4	1,8
54	PL	Salesia Beskyd	1	625	49,59	18,86	1106,7	6,5
55	PL	Salesia Beskyd	1	600	49,59	18,86	1091,6	6,7
56	PL	Zielona Gora	1	80	51,77	14,75	522,6	8,7
57	PL	Golub-Dobrzyn	1	90	53,19	19,14	422,1	8,9
58	PL	Ilava	1	116	53,59	19,54	618,6	6,1
59	PL	Banie Mazurskie	1	155	54,01	22,15	649,1	6,7
60	BY	Hancaviči	4	200	52,80	26,61	671,2	6,1
61	BY	Bielaviežskaja	4	135	52,70	23,80	571,0	6,1
62	BY	Bykha	4	180	53,16	30,35	661,9	5,3
63	BY	Minsk	4	230	53,70	28,50	701,6	5,5
64	BY	Asipovičy	4	220	53,47	28,51	453,4	7,8
80	BG	Rila	3	1620	42,19	23,55	1146,4	1,3

* Provenience zařazené na německých pokusných plochách/ Provenances verified on German experimental plots

** Středoevropsko-balkánská oblast (1 – hercynsko-karpatská podoblast, 2 – alpská podoblast, 3 – rodopská podoblast), 4 – severoevropská oblast (RUBNER 1932)/ Central European-Balkan zone (1 - Hercynian-Carpathic subzone, 2 - Alpine subzone, 3 - Rhodopian subzone), 4 - North European zone (RUBNER 1932)

Tab. 2.

Výsledky zjišťovaných charakteristik jednotlivých proveniencí (plocha č. 242 Červená Voda, věk 46 let)

Results of investigated characteristics of individual provenances (site No. 242 Červená Voda, age 46 years)

Provenience/ Provenance	Počet rostoucích jedinců/Number of growing individuals	Medián výšky/ Median of height (m)	Medián $d_{1,3}$ / Median of DBH (cm)	Medián objemu kmene/Median stem volume (m ³)	Defoliace/ Defoliation (%)	Index tvárnosti kmene/Stem form index	Index poškození kmene/Stem damage index	Index zdravotního stavu/Health state index
1	39	18,5	20,6	0,300	20,0	1,0	1,0	1,0
2	31	17,9	20,1	0,268	20,0	1,0	1,0	1,0
3	35	18,5	20,3	0,266	20,0	1,0	1,0	1,0
4	24	18,5	22,1	0,327	20,0	1,0	1,0	1,0
5	40	18,2	19,9	0,301	20,0	1,0	1,0	1,0
6	28	18,1	20,6	0,295	20,0	1,0	1,0	1,0
7	36	17,6	20,1	0,274	20,0	1,0	1,0	1,0
8	38	18,9	20,8	0,314	20,0	1,0	1,0	1,0
9	33	17,6	19,2	0,261	20,0	1,0	1,0	1,0
10	44	17,4	18,3	0,226	20,0	1,0	1,0	1,0
11	47	17,5	21,0	0,278	20,0	1,0	1,0	1,0
12	35	17,2	19,9	0,255	20,0	1,0	1,0	1,0
13	43	19,0	20,8	0,318	20,0	1,0	1,0	1,0
14	47	18,0	22,1	0,316	20,0	1,0	1,0	1,0
15	29	18,9	21,2	0,311	20,0	1,0	1,0	1,0
16	26	18,8	21,0	0,358	20,0	1,0	1,0	1,0
17	22	18,4	21,2	0,296	20,0	1,0	1,0	1,0
18	23	17,8	21,7	0,345	40,0	1,0	1,0	2,0
19	35	18,2	19,7	0,284	20,0	1,0	1,0	1,0
20	41	19,2	19,6	0,278	20,0	1,0	1,0	1,0
21	44	18,4	20,2	0,272	20,0	1,0	1,0	1,0
22	39	18,7	20,8	0,277	20,0	1,0	1,0	1,0
23	35	19,8	22,7	0,374	20,0	1,0	1,0	1,0
24	17	16,5	18,1	0,185	20,0	1,0	1,0	1,0
25	41	17,9	18,2	0,235	20,0	1,0	1,0	1,0
26	24	16,2	18,0	0,212	40,0	1,0	1,0	1,5
27	48	17,9	18,8	0,244	20,0	1,0	1,0	1,0
28	24	18,5	20,8	0,324	20,0	1,0	1,0	1,0
29	36	19,2	21,5	0,311	20,0	1,0	1,0	1,0
30	39	18,2	19,1	0,258	20,0	1,0	1,0	1,0
31	31	17,4	20,2	0,259	20,0	1,0	1,0	1,0
32	38	19,2	21,1	0,345	20,0	1,0	1,0	1,0
33	27	17,2	19,9	0,254	20,0	1,0	1,0	1,0
34	35	18,6	20,0	0,275	20,0	1,0	1,0	1,0
35	40	18,9	20,6	0,297	20,0	1,0	1,0	1,0
36	43	16,9	19,2	0,226	20,0	1,0	1,0	1,0
37	30	19,1	23,4	0,398	30,0	1,0	1,0	1,0
38	27	18,2	21,1	0,308	20,0	1,0	1,0	1,0
39	35	19,6	22,8	0,366	20,0	1,0	1,0	1,0
40	36	18,9	21,3	0,356	20,0	1,0	1,0	1,0
41	25	20,3	23,8	0,423	20,0	1,0	1,0	1,0
42	36	18,7	21,4	0,319	20,0	1,0	1,0	1,0
43	48	18,4	20,0	0,270	20,0	1,0	1,0	1,0
44	34	17,2	20,1	0,283	20,0	1,0	1,0	1,0
45	43	18,1	19,7	0,280	20,0	1,0	1,0	1,0
46	34	18,9	21,4	0,352	20,0	1,0	1,0	1,0
47	32	15,1	18,2	0,183	20,0	1,0	1,0	1,0
48	39	16,2	17,9	0,203	20,0	1,0	1,0	1,0
49	36	17,1	20,7	0,283	20,0	1,0	1,0	1,0
50	33	20,2	20,4	0,305	20,0	1,0	1,0	1,0
51	39	17,9	19,3	0,252	20,0	1,0	1,0	1,0
52	22	15,7	18,8	0,216	20,0	1,0	1,0	1,0
53	24	17,2	18,5	0,219	20,0	1,0	1,0	1,0
54	32	19,1	21,6	0,342	40,0	1,0	1,0	2,0
55	31	18,4	20,1	0,278	20,0	1,0	1,0	1,0
56	32	18,6	21,7	0,339	20,0	1,0	1,0	1,0
57	36	18,4	20,5	0,271	40,0	1,0	1,0	2,0
58	27	18,6	22,3	0,324	20,0	1,0	1,0	1,0
59	20	17,4	20,0	0,254	20,0	1,0	1,0	1,0
60	29	16,0	16,3	0,168	40,0	1,0	1,0	2,0
61	33	18,3	18,3	0,228	20,0	1,0	1,0	1,0
62	25	16,0	17,3	0,193	40,0	1,0	1,0	2,0
63	28	17,2	17,5	0,206	20,0	1,0	1,0	1,0
64	31	18,3	18,1	0,224	20,0	1,0	1,0	1,0
Medián/Median	34,5	18,1	20,2	0,274	20,0	1,0	1,0	1,0

Střední hodnoty výšek proveniencí se na výzkumných plochách statisticky významně lišily (tab. 5–7). Na lokalitě Červená Voda činila 18,1 m, přičemž nejnižší medián (15,1 m) vykázala provenience 47 Scharfenstein, Harz (A), zatímco nejvyšší (20,3 m) provenience 41 Hainsbach, Erzgebirge-Mittel (D). Podle dosahovaných výšek vytvořily provenience 6 homogenních skupin s nejmenšími hodnotami u smrků původem z Běloruska, Bulharska a Rakouska a nejvyššími u smrků z Polska (obr. 1). Na lokalitě Mnichov dosáhl medián výšek 19,1 m. Nejnižší medián (15,3 m) byl zjištěn u proveniencí 64 Bradok, Asipovičy (BY), nejvyšší (21,3 m) u proveniencí 23 Městec z Českomoravské vrchoviny. Na ploše Mnichov (obr. 2) vytvořily provenience podle svého výškového růstu 5 homogenních skupin, kdy nejmenších středních hodnot dosáhly opět provenience z Bulharska a Rakouska (kromě 50 Fastenberg, Osttirol, A) a nejvyšších provenience z Polska (mimo 59 Borki z Banie Mazurskie, PL). Na rozdíl od předchozí plochy zde tedy nepatřily k nehorším běloruské provenience. Na výzkumné ploše Klíny (obr. 3) dosáhl medián výšek 13,2 m. Nejnižší medián (9,8 m) přísluší provenienci 48 Matrei, Osttirol (A), nevyšší (15,2 m) pak provenienci 42 Tellerhäuser, Erzgebirge (D). Z hlediska původu se tedy nejrychlejším výškovým růstem statisticky významně vyznačuje hercynsko-karpatská oblast, zatímco nejpomaleji rostou provenience z oblastí severoevropské a rodopské.

U výčetních tloušťek byly rozdíly středních hodnot proveniencí na všech plochách rovněž statisticky významné (tab. 5–7). U výčetní tloušťky na lokalitě Červená Voda dosáhl medián celkově 20,2 cm s nejnižší hodnotou 16,3 cm u proveniencí 60 Vialikija, Hancaviči (BY) a nejvyšší (23,8 cm) u proveniencí 41 Hainsbach, Erzgebirge-Mittel (D). Provenience vytvořily 4 homogenní skupiny s nejmenšími $D_{1,3}$ u smrků z Běloruska a nejvyššími u proveniencí polského původu. Medián $d_{1,3}$ na lokalitě Mnichov činil 21,1 cm. Mediány proveniencí se pohybovaly v rozmezí 15,6–25,8 cm, kdy nejnižší přísluší provenienci 48 Matrei, Osttirol (A) a nejvyšší provenienci 39 Bütterbächel, Erzgebirge-West (D). Provenience se zde seskupily do 5 homogenních skupin s nejnižšími mediány $d_{1,3}$ u rakouských a běloruských proveniencí a nejvyššími opět u proveniencí 58 Ilava, Ilava (PL). Na výzkumné ploše Klíny dosáhl medián výčetní tloušťky (17,5 cm). Jeho nejmenší hodnota (12,1 cm) byla zjištěna u proveniencí 28 Řečice, Beskydy, nejvyšší (21,3 cm) u další české proveniencí 10 Smědava z Jizerských hor. Rovněž v tomto ukazateli vynikají provenience z oblasti hercynsko-karpatské, které se statisticky významně odlišují od zbývajících tří oblastí původu.

Medián objemu kmene na lokalitě Červená Voda dosáhl 0,274 m³, na lokalitě Mnichov 0,317 m³ a na ploše Klíny 0,153 m³. Rozdíly mezi plochami byly opět statisticky signifikantní. Nejmenší hodnota na lokalitě Červená Voda (0,168 m³) byla zaznamenána u proveniencí 60 Vialikija Kruhovičy, Hancaviči (BY), na ploše Mnichov (0,128 m³) u proveniencí 64 Bradok, Asipovičy (BY) a na Klínech (0,065 m³) u proveniencí 57 Karzewo, Golub-Dobrzyn (PL). Nejvyšší hodnoty byly naopak zjištěny na lokalitě Červená Voda u proveniencí 41 Hainsbach, Erzgebirge-Mittel, D (0,423 m³), na ploše Mnichov u proveniencí 39 Bütterbächel, Erzgebirge-West, D (0,481 m³) a na ploše Klíny u proveniencí 10 Smědava, Jizerské hory (0,247 m³). V objemu kmene tak opět vynikají provenience z hercynsko-karpatské oblasti, které se statisticky významně liší od zbývajících oblastí.

V kvalitativních ukazatelích nebyly smrky příliš proměnlivé. Defoliace proveniencí se na plochách Mnichov a Červená Voda sice pohybovala mezi 20–40 %, převážně se však blížila 20 %. Kmeny na všech plochách byly většinou přímé (klasifikační třída 1), pouze na ploše Klíny byly u některých proveniencí hodnoceny jako 1× slabě prohnuté (2). Z hlediska poškození byly klasifikovány především jako nepoškozené (1) s tím, že na ploše Mnichov byly u některých proveniencí zaznamenány zvýšené škody zvěří ve spodní části kmene (5). Na všech třech plochách vykazovala převážná většina proveniencí výborný zdravotní stav, některé však mírné známky jeho zhoršení (tab. 2–4). Z širšího

hlediska původu se o něco horší tvárností kmene projevují provenience původem ze severoevropské oblasti, mírně sníženým zdravotním stavem pak oblast rodopská.

Na grafických výstupech PCA je pro výzkumné plochy Červená Voda (obr. 4) a Mnichov (obr. 5) patrné vylíčení regionů původu proveniencí podél první hlavní komponenty, kdy se v levé části grafů koncentrují provenience ze severoevropské oblasti a středo-evropsko-balkánské oblasti (podoblasti alpská a rodopská), zatímco v pravé části jsou zastoupeny provenience z hercynsko-karpatské podoblasti, z nichž ale část proniká mezi předchozí (např. 26 Hubertov, Jeseníky, CZ či 47 Scharfenstein, Harz, D). Na lokalitě Červená Voda je dále zajímavý samostatný průnik proveniencí 50 Fastenberg, Osttirol (A) z alpské podoblasti do shluku hercynsko-karpatského původu.

Z hlediska širšího geografického původu se na ploše Červená Voda jak u výšek, tak u výčetních tloušťek od ostatních statisticky významně liší pouze region hercynsko-karpatský, který nad ostatními vyniká. Stejná situace byla zjištěna i na ploše Mnichov.

DISKUSE

Dendrometrické charakteristiky proveniencí na výzkumných plochách do jisté míry odrážejí jejich geneticky spolupodmíněný růstový potenciál, který získaly selekcí v různých přírodních podmínkách lokalit jejich původu. Při srovnání výzkumných ploch Červená Voda a Mnichov se ukazuje, že lepší podmínky smrků nachází na druhé z nich, což odpovídá její o ca 200 m větší nadmořské výšce. Na základě obou sad výsledků vykazují nejnižší růstové parametry běloruské a rakouské (alpské) provenience a naopak největší dimenze proveniencí z Polska (Beskydy). Většina českých, slovenských a německých potomstev je průměrných až nadprůměrných. Důvodem v případě horských proveniencí z rakouských Alp je kratší vegetační doba, které jsou fyziologicky přizpůsobeny i po přenosu do nových podmínek, u běloruských proveniencí původem z nížin je však příčina pomalého růstu nejasná. Určitý vliv by mohlo mít častější poškozování časnými mrazy. Podle oblastí a podoblastí původu proveniencí smrků se vymezily dvě homogenní skupiny, z nichž první tvoří podoblasti alpská, rodopská a rusko-skandinávská, druhou pak podoblast hercynsko-karpatská, v níž jsou lokalizovány všechny výzkumné plochy.

První výsledky společného hodnocení několika ploch série 1972/76–77 ve věku pokusného materiálu 5 (6) let uvádějí VANČURA (1985a), resp. ŠINDELÁŘ a ŠIKA (1988). V 9 letech byla dále samostatně hodnocena plocha 13 – Vimperk, Borová Lada (CHLANDA 1982; VINŠ, VANČURA 1983). Z pozdějšího věku jsou k dispozici pouze nepublikované práce (BERAN, VANČURA 1996; BERAN 1999; LÉBL 1999) hodnotící plochy ve věku 24, resp. 25 let, a dvě vědecká sdělení (ULBRICHOVÁ et al. 2013, 2015) přinášející hodnocení výzkumné plochy Ledeč nad Sázavou 36 let od jejího založení. Na dvou plochách v Sasku (Borstendorf) a Durynsku (Schwallungen) z roku 1972 byly některé shodně provenience hodnoceny ve věku 29 let (NICKE, WOLF 2009).

V 6 letech (VANČURA 1985a) se přes výrazné rozdíly výškového růstu ukázala značná shoda v reakci proveniencí na odlišné stanovištní podmínky výsadby. Nejlépe odrůstaly s výjimkou imisních poloh obě provenience z polských Beskyd 54 a 55 (Istebna) následované proveniencemi 20 Svinoviče a 23 Městec z Českomoravské vrchoviny, dále 25 Vrbno z Jeseníků, 17 Jedlá a 18 Želivka ze Středočeské pahorkatiny a také proveniencemi ze slovenských horských oblastí. Jde vesměs o výzkumným plochám geograficky blízké provenience z hercynsko-karpatské oblasti původu, u nichž lze předpokládat i lepší adaptaci na místní podmínky prostředí. Pomalu již tehdy rostly provenience z rakouských Alp, ale i běloruské (které byly navíc nejhůře hodnoceny z hlediska tvárnosti kmene) a bulharské provenience, jeseníká 26 Hubertov a s výjimkou 6 Černý Kříž i šumavské provenience.

Tab. 3.

 Výsledky zjišťovaných charakteristik jednotlivých proveniencí (plocha č. 243 Mnichov, věk 46 let)
 Results of investigated characteristics of individual provenances (site No. 243 Mnichov, age 46 years)

Provenience/ Provenance	Počet rostoucích jedinců/Number of growing individuals	Medián výšky/ Median of height (m)	Medián $d_{g,j}$ / Median of DBH (cm)	Medián objemu kmene/Median stem volume (m^3)	Defoliace/ Defoliation (%)	Index tvárnosti kmene/Stem form index	Index poškození kmene/Stem damage index	Index zdravotního stavu/Health state index
1	60	18,6	20,2	0,311	20,0	1,0	5,0	1,0
2	42	19,4	22,5	0,357	20,0	1,0	2,5	1,0
3	42	18,8	22,8	0,338	40,0	1,0	3,0	2,0
4	51	16,7	19,9	0,268	40,0	1,0	1,0	2,0
5	56	19,3	21,3	0,326	40,0	1,0	1,0	2,0
6	37	19,9	22,1	0,376	20,0	1,0	1,0	1,0
7	39	18,6	18,7	0,248	40,0	1,0	1,0	2,0
8	40	18,4	21,2	0,298	40,0	1,0	1,0	2,0
9	35	18,6	23,7	0,377	40,0	1,0	5,0	2,0
10	47	18,7	21,4	0,319	40,0	1,0	5,0	2,0
11	52	19,6	22,3	0,352	20,0	1,0	5,0	1,0
12	66	19,6	20,1	0,295	20,0	1,0	5,0	1,0
13	47	18,7	21,5	0,295	20,0	1,0	1,0	2,0
14	52	20,2	20,9	0,343	20,0	1,0	1,0	1,0
15	58	19,5	21,4	0,340	40,0	1,0	1,0	2,0
16	49	20,4	22,0	0,334	20,0	1,0	1,0	1,0
17	46	19,9	21,7	0,367	20,0	1,0	3,5	1,0
18	44	20,5	23,3	0,427	20,0	1,0	1,0	1,0
19	43	20,3	21,8	0,395	20,0	1,0	3,0	1,0
20	42	19,5	20,6	0,296	20,0	1,0	1,5	1,0
21	40	20,4	23,2	0,398	40,0	1,0	1,0	2,0
22	56	19,7	21,2	0,336	20,0	1,0	5,0	1,0
23	43	21,3	24,0	0,476	20,0	1,0	1,0	1,0
24	53	18,2	20,2	0,283	40,0	1,0	1,0	2,0
25	47	20,7	21,9	0,361	20,0	1,0	5,0	1,0
26	42	16,4	17,6	0,190	40,0	1,0	5,0	2,0
27	50	17,9	19,1	0,249	40,0	1,0	1,0	1,5
28	50	20,0	22,5	0,366	40,0	1,0	1,0	2,0
29	43	19,1	21,5	0,361	20,0	1,0	5,0	1,0
30	49	19,1	20,4	0,308	40,0	1,0	1,0	2,0
31	39	19,0	20,9	0,274	20,0	1,0	1,0	1,0
32	40	20,7	22,6	0,400	40,0	1,0	1,0	2,0
33	30	20,0	23,6	0,420	40,0	1,0	1,0	2,0
34	41	20,5	23,0	0,404	40,0	1,0	5,0	2,0
35	56	19,4	21,2	0,315	20,0	1,0	5,0	1,0
36	21	20,7	23,2	0,426	20,0	1,0	1,0	1,0
37	41	19,0	22,4	0,385	20,0	1,0	5,0	1,0
38	50	19,4	22,4	0,360	40,0	1,0	2,0	2,0
39	48	20,6	25,8	0,481	40,0	1,0	1,0	2,0
40	49	19,8	22,8	0,393	20,0	1,0	1,0	1,0
41	53	18,9	20,3	0,315	40,0	1,0	5,0	2,0
42	54	18,2	20,7	0,291	20,0	1,0	5,0	1,0
43	71	17,0	18,3	0,211	40,0	1,0	5,0	2,0
44	48	20,1	22,3	0,365	20,0	1,0	1,5	1,0
45	50	19,8	23,8	0,395	40,0	1,0	1,0	2,0
46	56	18,8	20,1	0,299	20,0	1,0	5,0	1,0
47	49	16,7	18,1	0,210	40,0	1,0	1,0	2,0
48	34	15,4	15,6	0,153	20,0	1,0	1,0	1,0
49	35	17,8	18,7	0,238	40,0	1,0	5,0	2,0
50	51	18,1	18,6	0,236	40,0	1,0	3,0	2,0
51	40	18,6	20,2	0,291	20,0	1,0	1,0	1,0
52	34	17,6	20,2	0,279	40,0	1,0	1,0	2,0
53	37	17,2	19,0	0,235	40,0	1,0	1,0	2,0
54	37	20,4	23,6	0,415	40,0	1,0	1,0	2,0
55	38	21,1	24,8	0,455	20,0	1,0	5,0	1,0
56	33	19,4	22,2	0,371	20,0	1,0	5,0	1,0
57	40	19,8	22,4	0,372	20,0	1,0	1,0	1,0
58	45	18,8	19,8	0,277	20,0	1,0	3,0	1,0
59	25	18,8	22,2	0,327	20,0	1,0	1,0	1,0
60	28	16,8	19,3	0,240	20,0	1,0	1,0	1,0
61	48	18,1	18,6	0,229	40,0	1,0	5,0	2,0
62	24	16,7	18,4	0,221	40,0	1,0	2,0	2,0
63	27	17,3	19,4	0,264	40,0	1,0	1,0	2,0
64	29	15,3	17,5	0,128	40,0	1,0	5,0	2,0
Medián/ Median	43,5	19,1	21,1	0,317	20,0	1,0	1,0	1,0

Tab. 4.

Výsledky zjišťovaných charakteristik jednotlivých proveniencí (plocha č. 240 Klíny, věk 45 let)
Results of investigated characteristics of individual provenances (site No. 240 Klíny, age 45 years)

Provenience/ Provenance	Počet rostoucích jedinců/Number of growing individuals	Průměr výšky 1995/ Average of height in 1995 (m)*	Medián výšky/ Median of height (m)	Průměr $d_{1,3}$ 1995/ Average of DBH in 1995 (cm)*	Medián $d_{1,3}$ / Median of DBH (cm)	Medián objemu kmene/Median stem volume (m ³)	Index tvárnosti kmene/Stem form index	Index zdravotního stavu/Health state index	Počet kmenů/ Number of stems
1	48	1,9	12,9	2,2	16,9	0,139	2,0	1,0	1,5
2	33	1,7	11,0	1,7	13,9	0,077	2,0	1,0	2,2
3	19	1,4	13,4	1,4	15,8	0,118	1,0	1,0	2,2
4	32	1,3	12,1	1,1	15,4	0,103	1,5	1,0	1,9
5	23	1,8	13,6	1,8	17,5	0,161	1,0	1,0	1,9
6	16	1,6	11,7	1,7	14,8	0,089	2,0	1,0	1,9
7	11	1,3	12,2	1,1	17,1	0,117	1,0	1,0	2,2
8	23	1,2	14,6	1,2	19,8	0,187	1,0	1,0	1,6
9	24	1,7	13,7	1,6	17,9	0,166	1,0	1,0	1,5
10	25	1,9	14,5	2,0	21,3	0,247	1,0	1,0	1,6
11	62	1,4	13,3	1,6	16,0	0,130	1,0	1,0	1,5
12	34	1,7	13,2	1,5	17,1	0,151	1,5	1,0	2,0
13	49	1,6	13,9	2,1	17,3	0,170	1,0	1,0	1,7
14	36	2,1	14,6	2,2	20,4	0,219	1,0	1,0	1,6
15	35	1,6	14,0	1,8	19,9	0,213	2,0	1,0	1,7
16	10	1,5	14,5	1,5	18,7	0,187	2,0	1,0	2,0
17	26	1,7	14,0	1,6	19,2	0,195	1,0	1,0	1,5
18	29	1,7	12,6	1,7	17,6	0,139	2,0	1,0	1,7
19	18	1,6	14,7	1,4	20,3	0,219	2,0	1,0	1,8
20	5	1,6	11,9	1,7	19,5	0,176	2,0	1,0	1,8
21	22	1,4	14,2	1,4	17,7	0,170	1,0	1,0	1,8
22	30	1,4	11,6	1,4	14,3	0,090	1,0	1,0	1,6
23	26	2,1	13,4	1,8	17,5	0,163	1,5	1,0	2,0
24	32	1,5	13,0	1,3	16,3	0,137	1,5	1,0	1,4
25	19	1,7	13,2	2,1	18,4	0,176	2,0	1,0	1,6
26	59	1,5	13,4	1,6	19,0	0,166	1,0	1,0	1,2
27	19	1,9	13,8	1,7	18,9	0,187	2,0	1,0	2,2
28	17	1,5	11,3	1,1	12,1	0,069	2,0	1,0	2,2
29	28	1,3	13,3	1,2	17,0	0,152	2,0	1,0	1,9
30	31	1,3	14,9	1,3	17,8	0,175	1,0	1,0	1,8
31	26	1,7	13,6	1,5	17,4	0,158	2,0	1,0	1,9
32	20	1,7	13,1	1,5	17,4	0,157	2,0	1,0	2,4
33	17	1,9	12,1	1,8	17,0	0,131	2,0	1,0	1,8
34	19	1,5	13,1	2,1	18,2	0,157	2,0	1,0	1,9
35	45	1,8	14,2	1,9	18,7	0,185	1,0	1,0	1,3
36	18	1,3	12,7	1,1	17,8	0,155	2,0	1,0	1,7
37	37	1,5	13,5	1,8	19,8	0,171	1,0	1,0	1,5
38	35	1,8	12,0	1,9	16,7	0,096	1,0	1,0	1,8
39	37	1,4	13,0	1,3	16,5	0,145	1,0	1,0	1,8
40	48	2,0	13,5	2,2	18,8	0,168	1,0	1,0	1,6
41	18	1,5	14,3	1,4	19,1	0,193	1,0	1,0	1,6
42	31	1,6	15,2	1,5	20,1	0,221	1,0	1,0	1,3
43	38	1,6	13,2	1,8	18,2	0,159	1,0	1,0	1,6
44	30	1,3	13,3	1,4	17,8	0,162	1,0	1,0	2,0
45	26	1,7	10,5	1,4	16,7	0,113	1,5	1,0	1,7
46	26	1,4	14,2	1,6	17,6	0,175	1,5	1,0	1,9
47	51	2,1	12,7	2,0	17,2	0,138	2,0	1,0	1,5
48	19	1,1	9,8	0,9	14,9	0,081	2,0	1,0	1,9
49	22	1,1	12,3	1,0	15,8	0,110	1,0	1,0	1,8
50	15	1,5	13,7	1,7	20,0	0,197	1,0	1,0	2,1
51	28	1,6	11,4	1,3	14,7	0,093	1,5	1,0	1,8
52	30	1,3	12,2	1,2	14,5	0,105	2,0	1,0	1,7
54	31	x	14,2	x	17,1	0,154	1,0	1,0	2,3
55	20	x	13,1	x	15,9	0,130	1,0	1,0	1,9
56	17	x	12,2	x	15,3	0,125	2,0	1,0	2,2
57	31	x	10,0	x	12,3	0,065	2,0	1,0	2,5
58	21	x	13,1	x	20,1	0,192	1,0	1,0	1,8
59	27	x	12,7	x	17,6	0,143	1,0	1,0	1,4
60	34	x	12,4	x	17,0	0,143	2,0	1,0	1,6
61	18	x	13,0	x	17,9	0,161	1,0	1,0	1,4
62	24	x	13,3	x	17,0	0,162	2,0	1,0	1,3
63	29	x	12,7	x	18,4	0,139	2,0	2,0	1,4
64	28	x	13,5	x	20,2	0,196	2,0	1,0	1,6
80	50	x	13,8	x	17,9	0,179	1,0	1,0	1,3
Medián/ Median	26,5	1,6	13,2	1,6	17,5	0,153	1,0	1,0	1,8

* BERAN, VANČURA (1996)

Důvod pomalého růstu „místní“ jesenické provenience je nejasný, ale v růstu zaostávala již při pěstování ve školce (VANČURA 1985a). Nízkou mortalitu v různých podmínkách prostředí vykazaly některé provenience z Beskyd, Dolního Posázaví a středního Povltaví, tj. z hercynsko-karpatské oblasti (VANČURA 1985a; ŠINDELÁŘ, ŠIKA 1988). Z hodnocených kvalitativních ukazatelů je srovnání možné jen u tvárnosti kmene, která byla v mládí u běloruských proveniencí ze severoevropské oblasti hodnocena podprůměrně a u proveniencí rodopského a alpského původu průměrně až nadprůměrně. V současnosti lze však z pohledu tohoto ukazatele hodnotit všechny tři oblasti kladně. Provenience hercynsko-karpatské se v mládí v tvárnosti projevovaly různě, ve středním věku jsou však již hodnoceny vesměs pozitivně, což nepochybně souvisí i s provedenými výchovnými zásahy.

Na v 9 letech samostatně hodnocené ploše 13 – Vimperk, Borová Lada (CHLANDA 1982) založené v 1010 m n. m. rostly nejlépe provenience 18 Želivka, 1 Nové Hamry (Krušné hory) a 55 Istebna_667 (PL), resp. nejpomaleji 48 Matrei (A), 52 Tcheplare (BG) a 61 Bielaviežskaja (BY) (VINŠ, VANČURA 1983). I v podmínkách jižních Čech tak nejlépe odrůstaly provenience hercynsko-karpatského původu in porovnání se zbývajícími ověřovanými zdrojovými oblastmi.

BERAN a VANČURA (1996) hodnotili několik smrkových ploch série NDR-ČSR 1972/76–77 ve věku 24 let, včetně výsadby Klíny. Z disponibilní zprávy jsou však využitelná pouze data pro provenience 1–52 (tab. 4). Výsledky růstových ukazatelů na této lokalitě jsou kvůli poškození v mládí do jisté míry zkreslené, nicméně vzhledem k celoplošnému působení negativních faktorů umožňují alespoň orientační po-

Tab. 5.

Výstup ANOVA testů výšky a výčetní tloušťky na ploše Červená Voda (NCSS 10.0.6)
Output of ANOVA tests of height and DBH on the plot Červená Voda (NCSS 10.0.6)

One-Way Analysis of Variance Report							
Response vyska_m_							
Analysis of Variance Table and F-Test							
Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Reject Equal Means? ($\alpha=0,05$)	Power ($\alpha=0,05$)
Between (prov)	63	2146,67	34,074	3,819	0	Yes	1
Within (Error)	2090	18646,67	8,922				
Adjusted Total	2153	20793,34					
Total	2154						

One-Way Analysis of Variance Report							
Response d1_3_cm_							
Analysis of Variance Table and F-Test							
Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Reject Equal Means? ($\alpha=0,05$)	Power ($\alpha=0,05$)
Between (prov)	63	4265,5	67,706	2,837	0	Yes	1
Within (Error)	2090	49877,99	23,865				
Adjusted Total	2153	54143,49					
Total	2154						

Tab. 6.

Výstup ANOVA testů výšky a výčetní tloušťky na ploše Mnichov (NCSS 10.0.6)
Output of ANOVA tests of height and DBH on the plot Mnichov (NCSS 10.0.6)

One-Way Analysis of Variance Report							
Response vyska_m_							
Analysis of Variance Table and F-Test							
Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Reject Equal Means? ($\alpha=0,05$)	Power ($\alpha=0,05$)
Between (prov)	63	4003,6	63,549	4,624	0	Yes	1
Within (Error)	2758	37903,96	13,743				
Adjusted Total	2821	41907,56					
Total	2822						

One-Way Analysis of Variance Report							
Response d1_3_cm_							
Analysis of Variance Table and F-Test							
Model Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Reject Equal Means? ($\alpha=0,05$)	Power ($\alpha=0,05$)
Between (prov)	63	8139,282	129,195	4,103	0	Yes	1
Within (Error)	2758	86854,81	31,492				
Adjusted Total	2821	94994,09					
Total	2822						

rovnání proveniencí. Omezení je však třeba zohlednit při interpretaci. U většiny proveniencí se až na dvě výjimky jejich pořadí ve výškovém i tloušťkovém růstu do věku 45 let výrazně proměnilo. K setrvale hůře rostoucím patří v Krušných horách většina rakouských proveniencí z alpské oblasti.

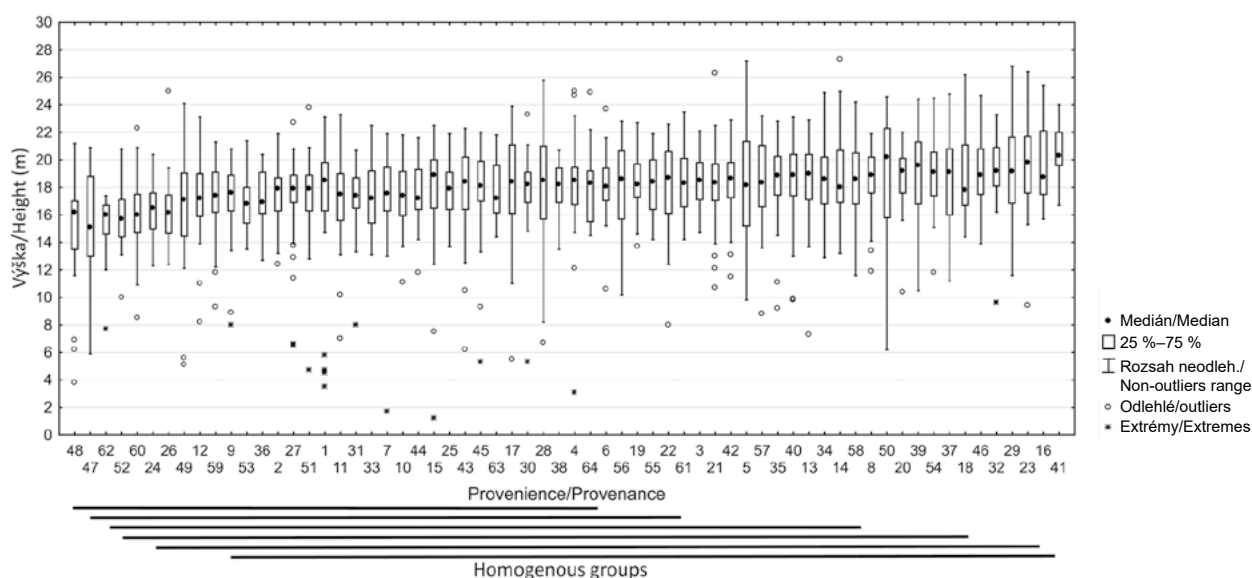
LÉBL (1999), resp. BERAN (1999) zhodnotili stav výzkumné plochy Horní Blatná-Pernink (900 m n. m.) ve 25 letech. Největších výšek dosahovaly provenience 23 Městec, 46 Gehlberg (D), 19 Zbraslavice, nejnižších pak 52 Tchepelare (BG), 48 Matrei (A), ale i jiné rakouské

a bulharské provenience. Lze říci, že nejlépe se osvědčila hercynsko-karpatská oblast původu, zatímco nejhůře jih areálu (rakouské Alpy, Rodopi). Nabízí se srovnání s výzkumnou plochou Klíny, která byla obdobně jako Horní Blatná založena v imisních podmínkách Krušných hor. Shodně se i zde nejpomalejším růstem projevily provenience 52 Tchepelare (BG) a 48 Matrei (A), tj. oblasti rodopská a alpská, mezi nejlépe rostoucími se objevila pouze středočeská provenience 19 Zbraslavice. Tvárnost kmene byla jak u plochy Horní Blatná v mladším věku, tak u plochy Klíny ve středním věku u jednotlivých oblastí

Tab. 7.

Výstup Kruskalova-Wallisova ANOVA testů výšky a výčetní tloušťky na ploše Klíny (NCSS 10.0.6)
Output of Kruskal-Wallis ANOVA tests of height and DBH on the plot Klíny (NCSS 10.0.6)

One-Way Analysis of Variance Report				
Response	vyska_m_			
Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks				
Test Results				
Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	63	266,600	0	Yes
Corrected for Ties	63	266,653	0	Yes
Number Sets of Ties	122			
Multiplicity Factor	1166442			
One-Way Analysis of Variance Report				
Response	d1_3_cm_			
Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks				
Test Results				
Method	DF	Chi-Squared (H)	Prob Level	Reject H0? ($\alpha=0,05$)
Not Corrected for Ties	63	139,181	0	Yes
Corrected for Ties	63	139,183	0	Yes
Number Sets of Ties	387			
Multiplicity Factor	67362			



Obr. 1.

Hodnoty výšek proveniencí a jejich homogenní skupiny, výzkumná plocha 242 – Červená Voda (Statistica 12)

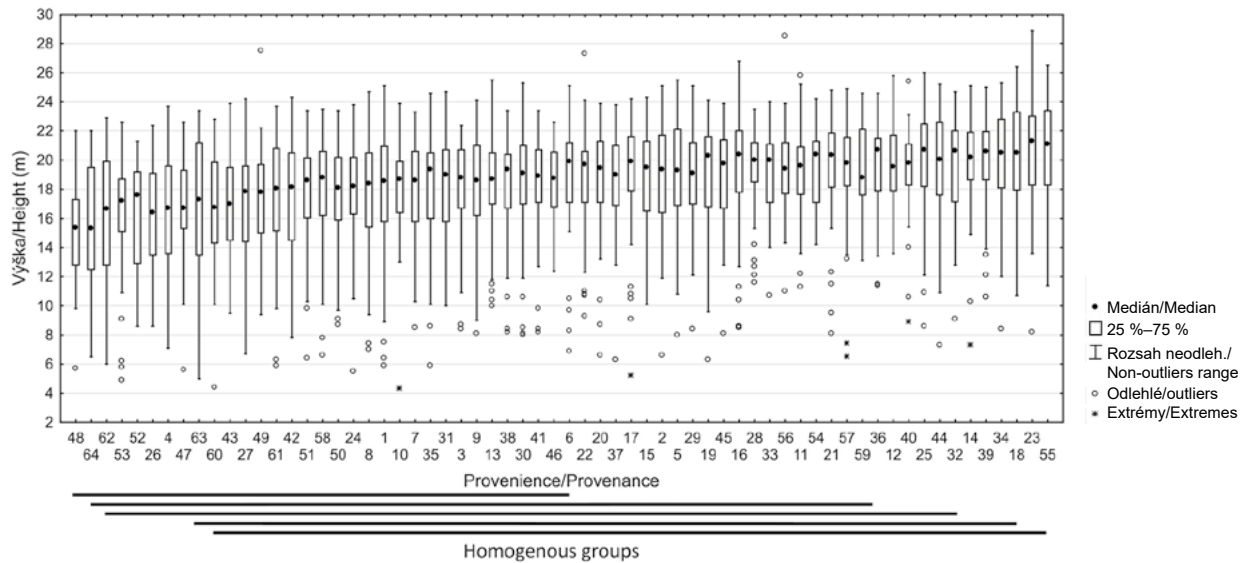
Fig. 1.

Height values of provenances and their homogenous groups, research plot 242 – Červená Voda (Statistica 12)

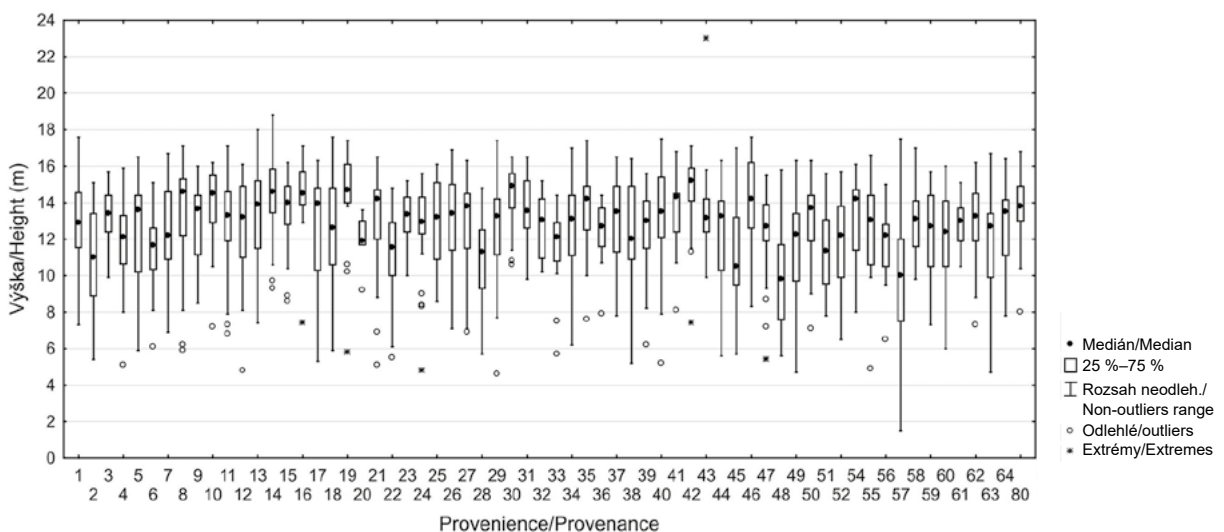
původu hodnocena obdobně, kdy rodopské, alpské i severoevropské provenience jsou spíše průměrné až podprůměrné kvality a nedosahují úrovně proveniencí hercynsko-karpatských.

Ve vyšším věku byla hodnocena pouze plocha 241 – Leděč-Zaháj (dvě opakování ve věku 40 a dvě ve věku 41 let), viz ULBRICHOVÁ et al. (2013, 2015). Nejvyšší hodnoty výšek i výčetních tloušťek byly zjištěny u proveniencí 17 Jedlá, 46 Gehlberg (D) a 41 Hainsbach (D), tj. ve shodě s dalšími pracemi vesměs z hercynsko-karpatské oblasti. Nejnižších

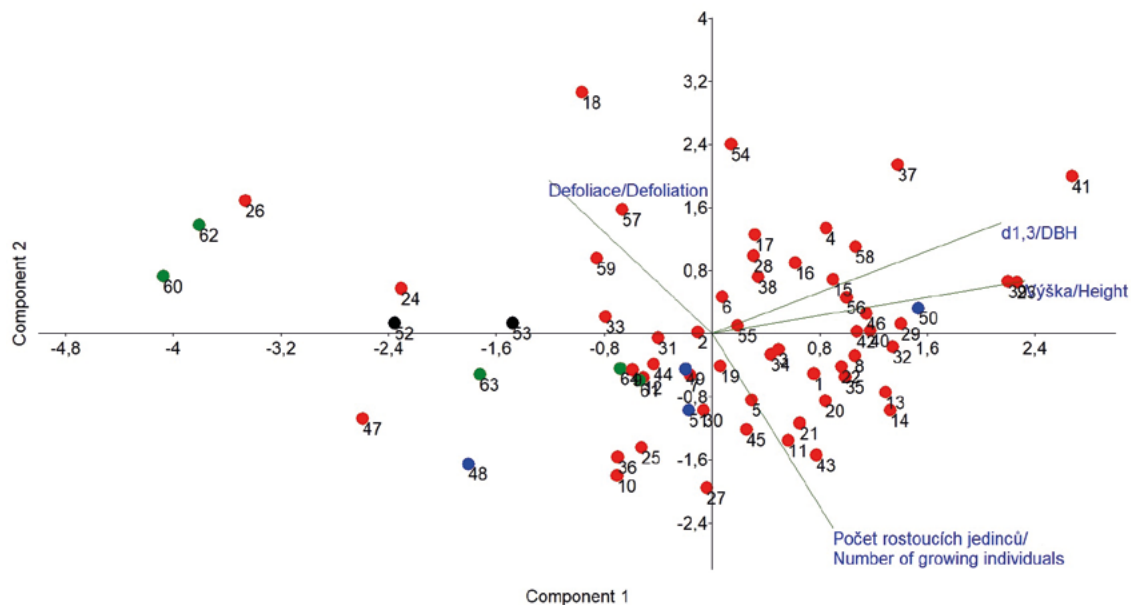
hodnot obou ukazatelů dosahovaly jesenická provenience 26 Hubertov, která se neosvědčila obecně, a dále alpská provenience 48 Matri (A), resp. rodopská 52 Tcheplare (BG). Porovnání je možné s výsadbou Červená Voda, která se svými stanovištními poměry (nadmořská výška) nejvíce blíží podmínkám Českomoravské vrchoviny. Shodně jako na Ledči vynikala německá provenience 41 Hainsbach (nejlepší výškový i tloušťkový růst), nejhorší růst vykázaly provenience z Bulharska, Běloruska a Rakouska. Porovnání kvalitativních parametrů s nově hodnocenými plochami na severní Moravě bylo možné u defo-



Obr. 2. Hodnoty výšek proveniencí a jejich homogenní skupiny, výzkumná plocha 243 – Mnichov (Statistica 12)
Fig. 2. Height values of proveniences and their homogenous groups, research plot 243 – Mnichov (Statistica 12)



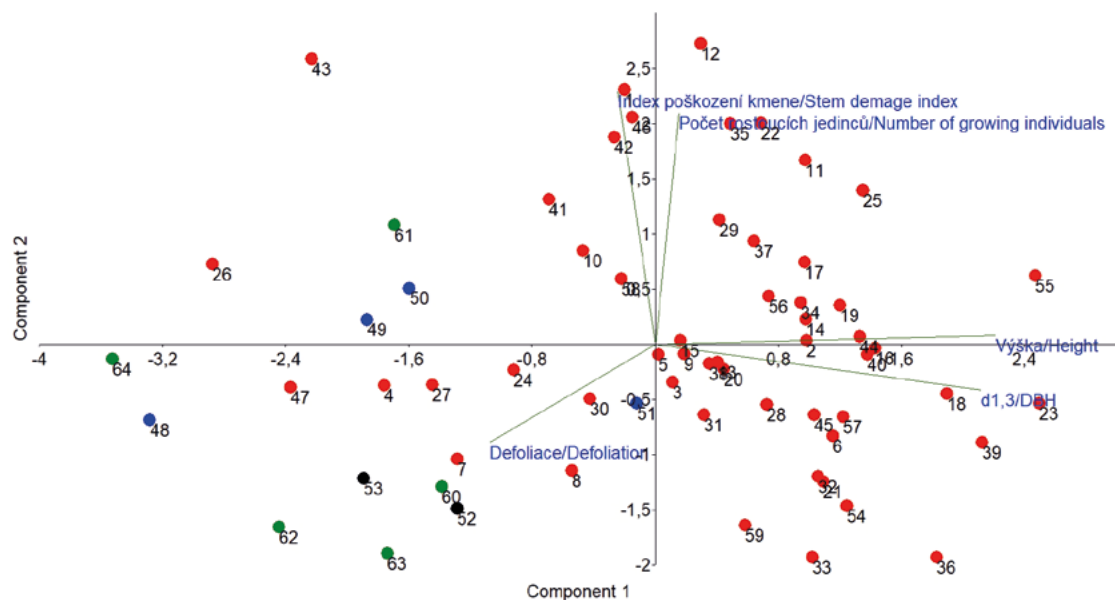
Obr. 3. Hodnoty výšek proveniencí, výzkumná plocha 240 – Klíny (Statistica 12)
Fig. 3. Height values of proveniences, research plot 240 – Klíny (Statistica 12)

**Obr. 4.**

Výstup PCA, distribuce proveniencí původem ze čtyř geografických regionů z pohledu významných hodnocených znaků, výzkumná plocha 242 – Červená Voda; červená = hercynsko-karpatská podoblast, modrá = alpská podoblast, černá = rodopská podoblast, zelená = rusko-skandinávská podoblast (PAST 2.07)

Fig. 4.

Output of PCA, distribution of provenances originated from four geographic regions from the point of view of significant evaluated traits, research plot 242 – Červená Voda; red = Hercynian-Carpathic subzone, blue = Alpine subzone, black = Rhodopian subzone, green = Russian-Scandinavian subzone (PAST 2.07)

**Obr. 5.**

Výstup PCA, distribuce proveniencí původem ze čtyř geografických regionů z pohledu významných hodnocených znaků, výzkumná plocha 243 – Mnichov; červená = hercynsko-karpatská podoblast, modrá = alpská podoblast, černá = rodopská podoblast, zelená = rusko-skandinávská podoblast (PAST 2.07)

Fig. 5.

Output of PCA, distribution of provenances originated from four geographic regions from the point of view of significant evaluated traits, research plot 243 – Mnichov; red = Hercynian-Carpathic subzone, blue = Alpine subzone, black = Rhodopian subzone, green = Russian-Scandinavian subzone (PAST 2.07)

liace a tvárnosti kmene. Na Ledči v nižším věku nebyly v defoliaci zjištěny statisticky významné rozdíly, ve středním věku v Jeseníkách však v daném znaku vynikaly provenience z hercynsko-karpatské oblasti (20% defoliace), zatímco nejvyšším odlistěním (40 %) se vyznačovaly provenience z oblasti rodopské. Mírně horší tvárností kmene se ve shodě s výsledky ULBRICHOVÉ et al. (2015) projevují provenience ze severoevropské oblasti.

Na dvou plochách pokusu z roku 1972 v Sasku (Borstendorf) a Durynsku (Schwallungen) byly u 10 totožných proveniencí ze středu, východu a jihovýchodu Evropy hodnoceny produkce, roční přírůst a tolerance k suchu (NICKE, WOLF 2009). S proveniencemi zastoupenými na Jesenícku a v Krušných horách se shodují 37 Reihardsdorf (D), 45 Katzhütte (D) a 52 Tchepelare (BG). Ve věku 29 let dosahovaly na obou německých plochách nejlepšího výškového i tloušťkového růstu provenience hercynsko-karpatského původu, následované severoevropskými. Nejpomalejším růstem se vyznačovaly provenience rodopské. Výsledky odpovídají českým, pokud jde o nejlepší růst proveniencí hercynsko-karpatského původu, v ČR jsou však na rozdíl od SRN hůře než rodopské hodnoceny provenience severoevropské. Na německých plochách je však rodopská oblast zastoupena pouze jedinou proveniencí Tchepelare, která roste i v ČR nejhůře.

Hodnotit vliv geografického původu proveniencí bylo mj. cílem experimentálních výsadeb IUFRO, zakládaných od 30. do 70. let minulého století. Výsledky různých studií však nejsou shodné. Např. KRUTZSCH (1992) uvádí, že severní provenience smrku přenesené na jih rostou v důsledku fixované kratší vegetační doby pomaleji, zatímco provenience z jihu mají přes častější poškozování časnými mrazy na severu tendenci lepšího růstu. GÖMÖRY et al. (2012) pak upřesňují, že provenience z vyšších poloh (chladnějšího a vlhčího klimatu) mají tendenci k větší růstové stabilitě a provenience z nižších poloh (sušších a teplejších) reagují více na kvalitu stanoviště, tj. prokazují vyšší fenotypovou plasticitu. Obdobně SUVANTO et al. (2016) zjistili zrychlování růstu jižnějších proveniencí v severnějších podmínkách v teplejších letech, zatímco přenos proveniencí ze severu na jih vedl jen k nevýznamným až negativním růstovým změnám. Podle jiných autorů (PACALAJ et al. 2002) však provenience z vyšších poloh, ze severu a z východu vykazují lepší adaptaci na chladnější a humidnější klima než provenience z nižších poloh, které naopak lépe reagují na teplejší a bohatší stanoviště s delší vegetační dobou a sezónním vysycháním. Na základě našich zjištění lze ve shodě s první skupinou autorů (KRUTZSCH 1992; GÖMÖRY et al. 2012; SUVANTO et al. 2016) potvrdit pomalejší růst proveniencí severoevropského původu. Příčinou průměrného růstu alpských a východních rodopských proveniencí z vyšších poloh pak může být skutečnost, že na stanovištích výsadeb nenašly podmínky odpovídající potenciálu jejich fenotypové plasticity. Vysvětlení by však mohlo spočívat i v tom, že klima výzkumných ploch je pro ně ještě dostatečně chladné a humidní (viz PACALAJ et al. 2002).

ZÁVĚRY

Hodnocení provenienčních ploch se smrkem ztepilým ve středním věku prokázalo jednoznačně nejlepší růst klimaticky i regionálně nejbližších proveniencí původem z hercynsko-karpatské oblasti, které v porovnání s ostatními vynikají svou objemovou produkcí. Severoevropská oblast původu zastoupená běloruskými proveniencemi se ve shodě s řadou jiných studií projevila slabším růstem. Pokud jde o horské oblasti původu alpskou a rodopskou, na základě zjištěných poznatků se zdá, že by i provenience tohoto původu mohly být v našich podmínkách pěstovány, avšak vzhledem k postupující změně klimatu je třeba upozornit, že výsadby smrku je třeba situovat do chladnějších a vlhčích stanovišť. Ve věku hodnocení již nehrály významnou úlohu

sledované kvalitativní charakteristiky, které byly i díky uskutečněné výchově u všech proveniencí uspokojivé.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1820091 a institucionální podpory MZE-RO0118. Na tomto místě bychom chtěli vzpomenout pana Ing. Jiřího Šindeláře, CSc., od jehož skonu uplynulo v roce 2019 10 let. Jeho posledním přáním bylo zajistit vyhodnocení právě této série smrkových výzkumných ploch, což jsme rádi alespoň zčásti naplnili.

LITERATURA

- BERAN F. 1999. Hodnocení mezinárodní provenienční plochy se smrkem ztepilým, série ČR/SRN 1972/1976 na lokalitě Horní Blatná. Zpráva za expertní a výzkumnou činnost Mezinárodní plochy a projekty. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 22 s.
- BERAN F., VANČURA K. 1996. Hodnocení a syntéza výsledků provenienčních a ověřovacích pokusů se smrkem ztepilým. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 14 s., přílohy.
- GÖMÖRY D., LONGAUER R., HLÁSNY T., PACALAJ M., STRMEŇ S., KRAJMEROVÁ D. 2012. Adaptation to common optimum in different populations of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). European Journal of Forest Research, 131: 401–411.
- CHLANDA V. 1982. Hodnocení mezinárodního provenienčního pokusu se smrkem ztepilým v oblasti LZ Vimperk. Diplomová práce. Brno, VŠZ: 79 s.
- KRUTZSCH P. 1992. IUFRO'S role in coniferous tree improvement: Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Silvae Genetica, 41 (3): 143–150.
- LÉBL J. 1999. Hodnocení mezinárodní provenienční plochy se smrkem ztepilým v imisní lokalitě Krušných hor ve věku 20 let. Diplomová práce. Praha, ČZU: 53 s., přílohy.
- MUSIL I., HAMERNÍK J. 2007. Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie 1. Praha, Academia: 352 s.
- NICKE A., WOLF H. 2009. Zuwachsvergleich ausgewählter Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.)- Herkunft und deren Reaktion nach Trockenperioden auf unterschiedlichen Standorten. Ascona, Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde: 120–133.
- PACALAJ M., LONGAUER R., KRAJMEROVÁ D., GÖMÖRY D. 2002. 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.
- PETRÁŠ R., PAJTRÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37 (1): 49–56.
- RUBNER K. 1932. Das ursprüngliche Areal der Fichte in Europe. Beihefte zum Botanischen Centralblatt, 49: 396–407.
- SUVANTO S., NÖJD P., HENTTONEN H.M., BEUKER E., MÄKINEN H. 2016. Geographical patterns in the radial growth response of Norway spruce provenances to climatic variation. Agricultural and Forest Meteorology, 222: 10–20.
- ŠINDELÁŘ J., ŠIKA A., ZAVADIL Z. 1981. Stručný přehled výsledků výzkumu v oboru genetiky a šlechtění lesních dřevin v ČR s pětiletce 1976–1980. Zprávy lesnického výzkumu, 26 (3): 1–6.

- ŠINDELÁŘ J., ŠIKA A. 1988. Stručný přehled významných výsledků výzkumu v oboru genetiky a šlechtění lesních dřevin z pětiletky 1981–1985. Zprávy lesnického výzkumu, 33 (2): 1–8.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., OLMEZ Z., BERAN F., PROCHÁZKA J., FULÍN M., KUBEČEK J., ZAHRADNÍK D. 2013. Growth performance of Norway spruce in the Czech-German provenance trial plot Ledec. Scientia Agriculturae Bohemica, 44 (4): 223–231.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., BERAN F., ZAHRADNÍK D., FULÍN M., PROCHÁZKA J., KUBEČEK J. 2015. *Picea abies* provenance test in the Czech Republic after 36 years – Central European provenances. Journal of Forest Science, 61 (11): 465–477.
- VANČURA K. 1985a. Příspěvek k výzkumu proměnlivosti smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst.: Hodnocení pokusné provenienční série se smrkem mezinárodního provenienčního pokusu ČSR–NDR 1972–76/77 se zaměřením na plochu č. 14 – Ledec n. Sáz. Kandidátská disertační práce. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 112 s.
- VANČURA K. 1985b. Rašení smrku různého původu v mezinárodním provenienčním pokusu MPP ČSR–NDR 1972/76–77. Práce VÚLHM, 67: 105–128.
- VANČURA K., VINŠ B. 1983. Preliminary evaluation of international provenance trial with Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. ČSR–GDR 1972/76–77. Communicationes Instituti Forestalis Czechosloveniae, 13: 147–169.
- VINŠ B. 1979. Mezinárodní provenienční pokus se smrkem ztepilým ČSR–NDR 1972/76–77. Zprávy lesnického výzkumu, 24 (1): 37–39.
- VINŠ B., VANČURA K. 1983. Československá série srovnávacích výsadeb MPP se smrkem ztepilým ČSR–NDR 1972/76–77 ve stáří 10 let. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 65 s.

GROWTH EVALUATION OF PROVENANCES OF NORWAY SPRUCE BOTH IN THE JESENÍKY REGION AND ORE MTS. AT THE AGE OF 46 AND 45 YEARS

SUMMARY

In the period 1976–1977, 15 research plots were established in the territory of today's Czech Republic, with 30 provenances from the Czech Republic, 5 from Slovakia, 12 from Germany, 6 from Poland, 5 from Belarus, 4 from Austria and 3 from Bulgaria. The basic aim of the research, designed for ca 40–50 years, was to identify, by means of mass selection, the appropriate provenance for various vegetation zones and for the conditions of the immission areas of the time. The present work evaluates the growth and vitality of totally 65 spruce provenances tested on three research plots of the given series (Tab. 1) located in North Moravia (plots Červená Voda and Mnichov) and in North Bohemia (plot Klíny), approximately in the middle of felling age.

Spruce measurements were carried out in the Klíny plot in autumn 2017 (age 45), and in the plots Červená Voda and Mnichov in autumn 2018 (age 46). The subject of evaluation were quantitative and qualitative indicators of volume production, respectively of resistance to abiotic harmful influences (heights, DBH, defoliation, stem form, stem damage and health state).

Comparison of the research plots Červená Voda and Mnichov (Tab. 2, 3, 5 and 6; Fig. 1, 2, 4 and 5) shows the slowest growth in the provenances from Belarus and Austria, and the fastest growth from Poland. Most of Czech, Slovak and German provenances grow moderately or slightly above average. Two homogeneous groups (1) Alpine, Rhodopean and Russian-Scandinavian, (2) Hercynian-Carpathian have been defined in terms of growth by region and sub-region of origin. The highest volume was found in the provenances from the Hercynian-Carpathian sub-region, the lowest from the Alpine and North-European provenances.

The best volume production in both research plots reached the provenances from Germany, namely 41 Hainsbach (Červená Voda) and 39 Bütterbächel (Mnichov), whose original altitudes roughly correspond to the altitude of the research plots on which they proved successful.

Comparison of the results of measurements in the plot Klíny (Tab. 4 and 7; Fig. 3) with the previous evaluation at the age of 24 years showed significant differences in the order of heights and DBH in most of the provenances, which shows unstable growth dynamic in different age of provenances.

The evaluation of Norway spruce in the middle age clearly showed the best growth of climatically and regionally closest provenances originating in the Hercynian-Carpathian region, which in comparison with others excel in their volume production. The Northern European region of origin, represented by Belarusian provenances, showed weaker growth, in line with many other studies. With regard to the Alpine and Rhodopian mountain areas, it appears from the findings that even the provenances of this origin could be cultivated in our conditions, but due to the advancing climate change it should be noted that the plantings of spruce need to be situated in cooler and wetter habitats.

Zasláno/Received: 10. 12. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 28. 02. 2020