

RŮST PROVENIENCÍ BOROVICE POKROUCENÉ V PODMÍNKÁCH ACIDOFILNÍ DOUBRAVY V ZÁPADNÍCH ČECHÁCH VE VĚKU 34 LET

THE GROWTH OF LODGEPOLE PINE PROVENANCES IN CONDITIONS OF ACIDOPHILOUS OAK FOREST IN THE WESTERN BOHEMIA AT THE AGE OF 34 YEARS

PETR NOVOTNÝ¹⁾ ✉ - MARTIN FULÍN¹⁾ - JAROSLAV DOSTÁL¹⁾ - JIŘÍ ČÁP¹⁾ - JOSEF FRÝDL¹⁾ - JAN LIŠKA¹⁾ - JAN KAŇÁK²⁾

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

²⁾Správa veřejného statku města Plzně, příspěvková organizace, úsek lesů, zeleně a vodního hospodářství, Arboretum Sofronka, Plaská 877, 323 00 Plzeň, Czech Republic

✉ e-mail: pnovotny@vulhm.cz

ABSTRACT

The aim of this paper is to evaluate 35 lodgepole pine provenances in a long-term research provenance plot in the Arboretum Sofronka in Plzeň-Bolevec. This provenance plot belongs to the research trial established in the Czech Republic in 1983, on three separate locations with different site conditions. At the age of 34 years, the plot was measured and evaluated both quantitatively (height, DBH, stem volume) and qualitatively (health status, stem form, branch thickness, bark type). In the case of height growth measurement, results were compared with previous results observed at the plot. In total 1,907 trees were evaluated. Differences in height and DBH growth characteristics of evaluated provenances were statistically significant. For height and DBH, the median values were 13.2 m and 12.5 cm respectively. In the case of volume production, a median value of 0.068 m³ was calculated. Average defoliation was 29%. Statistically significant differences of quantitative characteristics were found between subspecies. Low mortality was found in case of some *P. c.* subsp. *latifolia* provenances, while higher mortality was often identified for provenances of *P. c.* subsp. *murrayana*. Branches of pine trees were usually thinner, stem form was characterised mostly as one way curved, with scaly bark. Stem forking was registered in case of 668 trees.

Klíčová slova: introdukce; borovice pokroucená; *Pinus contorta*; proměnlivost; provenienční výzkum

Key words: introduction; lodgepole pine; *Pinus contorta*; variability; provenance research

ÚVOD

Lesnický zájem na využívání introdukovaných dřevin vyplýval až dosud převážně z poznatků, že některé z těchto druhů mohou výrazně zvyšovat produkci lesů. Významné však mohou být také jakost a využitelnost dřeva či schopnost přežít v člověkem změněných podmínkách prostředí ap. (OTTO 1993; BERAN, ŠINDELÁŘ 1996). S ohledem na změny prostředí je nutné více posuzovat i ekologické aspekty introdukovaných druhů (uplatnění při tvorbě porostních směsí, zalesňování nelesních půd, zvyšování podílu přirozené obnovy aj.).

Zvláštní pozornost je nutno zaměřit na ověřování geneticky podmíněné proměnlivosti a získání nových poznatků o možnostech šlechtitelského výběru introdukovaných dřevin. Šlechtitelské programy bývají tradičně orientovány na zvýšení kvality a objemové produkce, mohou však zjišťovat i otázky rezistence dílčích populací, záchrany a zachování cenných ekotypů a méně zastoupených druhů, aktuálně např. ve vztahu ke klimatickým změnám.

K okruhu dřevin tohoto typu patří i borovice pokroucená, *Pinus contorta* Douglas ex Loudon, která pochází ze západu Severní Ameriky. Areál jejího rozšíření (obr. 1) sahá od Yukonu v Kanadě až k Baja California v Mexiku (FARJON, FILER 2013). Z taxonomického hlediska se druh dělí na tři variety (FARJON 2010; AUDERS, SPICKER 2012; ECKENWALDER 2013), podle jiných autorů (BUSINSKÝ 2008; BUSINSKÝ, VELEBIL 2011) na tři poddruhy s alopatrickým výskytem – *P. c.* subsp. *contorta* (severozápadní pobřeží Severní Ameriky od jihu Aljašky po severní Kalifornii), *P. c.* subsp. *latifolia* (severozápad Severní Ameriky od Yukonu po Colorado), *P. c.* subsp. *murrayana* (USA: Kalifornie, Nevada, Oregon, jižní Washington; Mexiko: Baja California Norte). Někteří autoři (např. KLÍNSKA 2002; PRESTON, BRAHAM 2002) rozlišují ještě samostatnou varietu *P. c.* var. *bolanderi*, která ale není v novějších monografiích akceptována a je považována za součást komplexu *P. c.* subsp. *contorta*. Borovice pokroucená je pro lesnické využití zajímavá zvláště z hlediska odolnosti vůči biotickým a abiotickým činitelům (např. suchu) a dále díky svým výrazným pionýrským

vlastnostem, včetně schopnosti obsazovat a kolonizovat plochy narušené antropogenní činností. Odolnost některých populací k imisím je výsledkem působení dlouhodobé evoluční abaptace (viz BEGON et al. 1997) v oblastech přirozeného areálu s bohatou vulkanickou činností (např. LOTAN et al. 1985; KAŇÁK 2001).

Cílem tohoto příspěvku je zhodnocení růstu borovice pokroucené ve věku 34 let na provenienční ploše založené v chudých stanovištních podmínkách acidofilní doubravy v západočeské pahorkatině.

MATERIÁL A METODIKA

Na základě poznatku o úspěšném přežívání borovice pokroucené na imisních holinách saské strany Krušných hor v 70. letech 20. století shromáždili pracovníci Arboreta Sofronka v Plzni-Bolevo, které bylo v té době součástí Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM), celkem 35 vzorků osiva borovice pokroucené. Z toho 28 vzorků bylo obdrženo z Finska, přičemž jde o tytéž provenience, které jsou ověřovány v rámci mezinárodní pokusné série IUFRO 1966. Další 7 vzorků bylo získáno z Kanady (3 z Alerty, 4 z Britské Kolumbie). Osivo bylo v roce 1981 vyseto ve školce Arboreta Sofronka. Z vypěstovaného materiálu založil VÚLHM sérii celkem tří provenienčních výsadeb (KAŇÁK 1988). Výzkumná plocha v areálu Arboreta Sofronka a plocha č. 295 – Třeboň-Mláka byly založeny na suchých, písčitých půdách, plocha č. 294 – Klášterec-Kovářská pak na horské lokalitě postižené imisemi. Vzhledem k množství získaného osiva nebylo možné založit všechny plochy klasickým způsobem. Na lokalitě Sofronka je tak sice zastoupen kompletní sortiment proveniencí, avšak bez opakování. 27 proveniencí na lokalitě Kovářská je vysazeno v blokovém uspořádání ve třech opakováních. Na jihočeské lokalitě Mláka je ověřováno 20 proveniencí v různém počtu opakování.

Výzkumná plocha Sofronka (49°47'21" s. š., 13°23'09" v. d.), která je předmětem tohoto hodnocení, se nachází téměř na rovině ve 330 m n. m. Poloha a složení půdy (permokarbonské hlinité písky a arkózy s nedostatečnou tepelnou akumulací) mají za následek vysokou četnost extrémních teplot. Průměrná roční teplota na lokalitě za posledních 40 let činí 7,6 °C (s extrémy -28,0 °C a +40,1 °C), průměrné roční srážky pak 530 mm (minimum 328 mm v roce 2003). Vegetačním typem území je acidofilní doubrava (KAŇÁK 2016). Podle lesnicko-typologického klasifikačního systému ÚHÚL se jedná o lesní typ 0K1 – kyselý bor borůvkový.

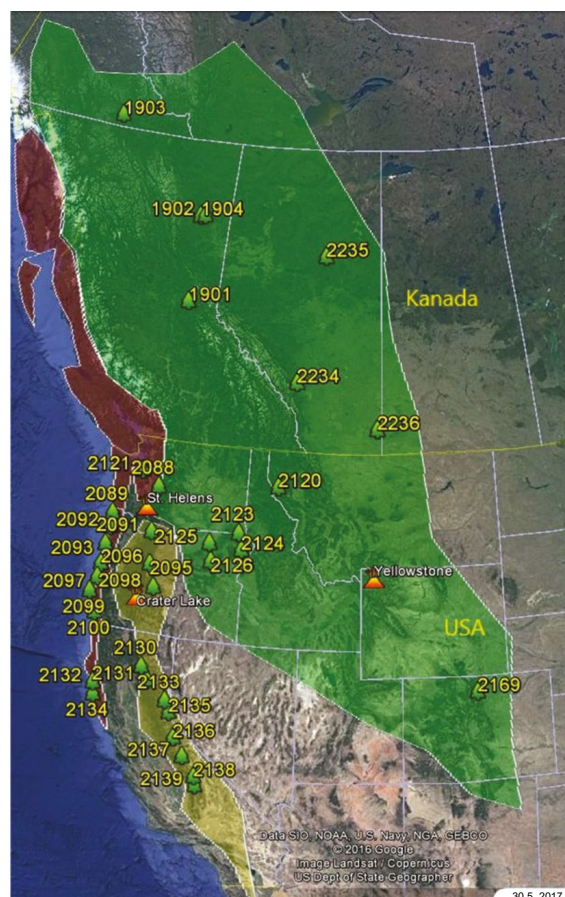
Charakteristiky 35 ověřovaných proveniencí jsou uvedeny v tab. 1, lokality původu a příslušnost ke třem poddruhům jsou patrné z obr. 1. Výzkumná plocha byla z důvodu nedostatku vypěstovaných sazenic založena jako jeden blok, tj. bez opakování experimentálních variant. Na pokusné parcely bylo v závislosti na disponibilním počtu jedinců od každé provenience vysazeno 57–150 borovic ve sponu 1,5 m × 1,3 m. Záměrnou strategií Arboreta (pineta) Sofronka je ponechávat vysazené borovice přirozenému vývoji, tedy bez intervencí člověka, takže ani na výzkumné ploše nebyl do současnosti realizován žádný výchovný zásah (KAŇÁK 2016).

V předchozích pracích (např. KAŇÁK 1982) byl vysazený experimentální materiál zařazován do čtyř poddruhů, které stanovil CRITCHFIELD (1957). Podle současného pojetí (BUSINSKÝ 2008; FARJON 2010 aj.) však není uznáván taxon *P. c. subsp. bolanderi*. Tento „poddruh“ s malým ostrovním výskytem na křídových útesech u Mendocina (Kalifornie) byl charakterizován extrémní produkcí pylu a velkými, boulovitými, serotinnými asymetrickými šiškami, za hlavní rozlišovací znak pak byly považovány chybějící pryskyřičné kanálky na jehlicích (KAŇÁK 1982). Příslušnost proveniencí k poddruhům je v dalším textu udávána písmeny „c“ u *P. c. subsp. contorta* (pobřežní), „l“ u *P. c. subsp. latifolia* (tyčová), „m“ u *P. c. subsp. murrayana* (Murrayova) a pro lepší možnost porovnání s předchozími pracemi i „b“ u *P. c. subsp. bolanderi* (Bolanderova), která je však dnes považována za součást komplexu *P. c. subsp. contorta*. Provenience byly rovněž přiřazeny k ob-

lastem, které na bázi analýzy monoterpenů vymezil FORREST (1980, 1981). Mapy semenářských oblastí (FSN 2017) zatím nelze využít, protože dosud nejsou zpracovány pro všechna správní území v rámci areálu borovice pokroucené.

Měření borovic probíhalo během listopadu 2014 až ledna 2015, tj. ve věku 34 let. Zjišťovaly se jak kvantitativní (výška, výčetní tloušťka), tak kvalitativní znaky (zdravotní stav, tvárnost kmene, rozdělení kmene, relativní tloušťka větví, charakter borky). Na základě výsledků měření výšek a $d_{1,3}$ byly s využitím objemových rovnic pro borovici lesní (PETRÁŠ, PAJTÍK 1991) a borovici pokroucenou (COLE 1971) vypočteny objem kmene (s. k.), resp. ve druhém případě objem kmene (b. k.). Výšky byly měřeny ultrazvukovým výškoměrem VERTEX III (přesnost 0,1 m), výčetní tloušťky milimetrovou průměrkou (0,1 cm), přičemž se prováděla dvě na sebe kolmá měření tloušťky ve výšce 1,3 m odměřované pomocí monopodu transpondéru výškoměru.

Zdravotní stav byl charakterizován procentem defoliace v 5% intervalech (významný znak, který je měřítkem vitality a adaptability v konkrétních stanovištních podmínkách). Součástí hodnocení zdravotního stavu byl orientační průzkum výskytu poškození hmyzími škůdci a původci houbových chorob (podzim 2016), a to jak na vlastní provenienční ploše, tak i v ostatních porostech s výskytem borovice pokroucené v rámci Arboreta Sofronka. Z dalších kvalitativních znaků byly hodnoceny tvárnost kmene (1: zcela přímý; 2: jednostranně



Obr. 1.

Původ proveniencí a jejich příslušnost k poddruhům (*P. c. subsp. contorta* = červená, *P. c. subsp. latifolia* = zelená, *P. c. subsp. murrayana* = žlutá)

Fig. 1.

Origin of provenances and their belonging to subspecies (*P. c. subsp. contorta* = red, *P. c. subsp. latifolia* = green, *P. c. subsp. murrayana* = yellow)

Tab. 1.

Charakteristika ověřovaných proveniencí

Tab. 1.

Characteristics of verified provenances

	Provenience/ Provenance	Stát/ Country	Poddruh/ Subspecies	Monoterpenické zóny/ Monoterpenic Regions*	Nadmořská výška (m n. m.)/ Altitude (m a.s.l.)	Zeměpisná šířka/ Latitude N	Zeměpisná délka/ Longitude W
1901	Chetwynd	British Columbia (BC)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	CI	700–1000	55°37'	121°40'
1902	Mile 86	British Columbia (BC)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	CI	752–900	56°48'	121°35'
1903	Upper Liard	Yukon teritory (YT)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	YU	701–761	60°05'	129°18'
1904	Wonowon	British Columbia (BC)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	CI	825–950	56°46'	121°53'
2088	Trout Lake	Washington (WA)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	C	1220	46°43'	121°27'
2089	Manzanita	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	45°43'	123°56'
2091	Mount Hood	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	C	1280	45°18'	121°45'
2092	Pacific City	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	NC	30	45°13'	123°57'
2093	New Port	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	44°34'	124°04'
2095	Broken Top	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	C	1705	44°08'	121°38'
2096	Carter Lake	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	43°50'	124°09'
2097	Hauser Dunes	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	43°30'	124°14'
2098	Chemult	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	C	1675	43°19'	121°39'
2099	Port Orford	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	42°46'	124°31'
2100	Pistol River	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	SC	30	42°15'	124°24'
2120	St. Regis	Montana (MT)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	SI	945	47°22'	115°24'
2121	Port Orchard	Washington (WA)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	P	75	47°25'	122°40'
2123	Enterprise	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1310	45°38'	117°16'
2124	Lostine	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1250	45°19'	117°24'
2125	Ukiah	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1280	45°10'	118°43'
2126	Prairie City	Oregon (OR)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1490	44°32'	118°34'
2130	Mineral	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	1490	40°21'	121°29'
2131	Bucks Lake	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	165	39°53'	121°08'
2132	Fort Bragg	California (CA)	„ <i>P. c. subsp. bolanderi</i> “	B	105	39°25'	123°46'
2133	Truckee	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	1830	39°13'	120°12'
2134	Manchester	California (CA)	<i>P. c. subsp. contorta</i>	B	30	38°58'	123°42'
2135	South Lake Tahoe	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	2345	38°48'	119°58'
2136	Yosemite	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	2405	37°51'	119°40'
2137	Huntington Lake	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	2190	37°11'	119°12'
2138	Mineral King	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	2410	36°27'	118°36'
2139	Camp Nelson	California (CA)	<i>P. c. subsp. murrayana</i>	SN	2164	36°06'	118°32'
2169	Boulder	Colorado (CO)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	3250	40°02'	105°33'
2234	Kananaskis	Alberta (AB)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1524	51°05'	114°45'
2235	Calling Lake	Alberta (AB)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	NA	1005	55°38'	113°27'
2236	Cypress Hills	Alberta (AB)	<i>P. c. subsp. latifolia</i>	RM	1160	49°30'	110°15'

* Monoterpenické zóny/ Monoterpene regions (Forrest 1980, 1981):

B	Ssp. bolanderi
C	Cascades
CI	Central Interior British Columbia
NA	North Alberta
NC	North Coastal
P	Puget Sound
RM	Rocky Mountains
SI	Southern Interior British Columbia
SN	Sierra Nevada
SC	South Coastal
YU	Yukon and north British Columbia

zakřivený v přízemní části; 3: jednostranně zakřivený po celé délce; 4: vícenásobně prohnutý, křivolaký), výskyt rozdělení kmene (1: průběžný; 2: rozdělený v horní třetině; 3: ve druhé třetině; 4: v dolní třetině), tloušťka větví (1: $<1/10 d_{1,3}$; 2: $1/10-1/4 d_{1,3}$; 3: $>1/4 d_{1,3}$) a povrch borky (1: hladká; 2: šupinatá; 3: zvrásněná; 4: hluboce rozbrázděná). Indexy těchto znaků byly počítány jako průměry klasifikačních ohodnocení stromů.

Průzkumová analýza dat v programu QC.Expert 3.1 nepotvrdila normalitu datových souborů výšek a $d_{1,3}$, proto byla použita jednofaktorová Kruskalova-Wallisova analýza variance ($\alpha = 0,05$) a při zamítnuté nulové hypotéze navazující Kruskalův-Wallisův test mnohonásobného porovnání (NCSS 10.0.6). Pro výpočet PCA a CLU (Statistica 12, PAST 2.07) byla data redukována tak, že jednotlivé hodnocené znaky proveniencí zastupovaly jejich mediány. Před výpočtem PCA a CLU (dendrogram zkonstruován s využitím párového porovnání a euklidovských vzdáleností) byla data škálována pomocí Z-skóre.

VÝSLEDKY

Celkově bylo na výzkumné ploše hodnoceno 1 907 stromů. Průměrná mortalita proveniencí dosahovala 54,1 %, přičemž se pohybovala v rozmezí 18–100 % (tab. 2). Nejnižší mortalita byla zaznamenána u proveniencí 2236 – Cypress Hills „l“ (18 %), 2125 – Ukiah „l“ (25 %) a 1904 – Wonowon „l“ (32 %). U tří proveniencí byla naopak překročena hranice 80 %, konkrétně u 2131 – Bucks Lake „m“ (100 %), 2134 – Manchester „c“ (90 %), 2099 – Port Orford „c“ (88 %) a 2138 – Mineral King „m“ (88 %).

Rozdíly mezi výškami proveniencí jsou statisticky významné. Medián výšek na provenienční ploše činí 13,2 m. Největších výšek dosáhly provenience 2089 – Manzanita „c“ (16,9 m), 2097 – Hauser Dunes „c“ (16,8 m), 2121 – Port Orchard „c“ (16,7 m), 2096 – Carter Lake „c“ (16,6 m), nejmenší mediány výšky pak mají provenience 2134 – Manchester „c“ (6,8 m), 2137 – Huntington Lake „m“ (9,1 m) a 2138 – Mineral King „m“ (9,8 m).

Mezi výčetními tloušťkami proveniencí byly rozdíly rovněž statisticky významné, medián pro všechny stromy činil 12,5 cm (tab. 2). Nejvyšší hodnoty byly registrovány u proveniencí 2099 – Port Orford „c“ (23,4 cm), 2097 – Hauser Dunes „c“ (16,0 cm), 2139 – Camp Nelson „m“ a 2096 – Carter Lake „c“ (shodně 15,9 cm). Nejnižší tloušťkový růst byl registrován u proveniencí 1903 – Upper Liard „l“ (10,2 cm), 2095 – Broken Top „m“ (10,8 cm), 1902 – Mile 86 „l“ (11,0 cm), 2236 – Cypress Hills „l“ (11,2 cm) a 2234 – Kananaskis „l“ (11,3 cm).

Při aplikaci objemové rovnice pro borovici lesní (tab. 2) byla nejvyšší objemová produkce zjištěna u proveniencí 2099 – Port Orford „c“ (0,279 m³), 2097 – Hauser Dunes „c“ (0,142 m³), 2096 – Carter Lake „c“ (0,139 m³), 2089 – Manzanita „c“ (0,133 m³) a 2100 – Pistol River „c“ (0,130 m³). Nejnižší objemová produkce byla zjištěna u proveniencí 2134 – Manchester „c“ (0,046 m³), 1903 – Upper Liard „l“ (0,047 m³), 2095 – Broken Top „m“ (0,048 m³), 2137 – Huntington Lake „m“ (0,050 m³) a 2236 – Cypress Hills „l“ (0,053 m³). Medián kmenového objemu dosáhl 0,073 m³.

Při použití objemové rovnice pro borovici pokroucenou (tab. 2) je pořadí nejlepších proveniencí shodné jako při použití rovnice pro borovici lesní: 2099 – Port Orford „c“ (0,279 m³), 2097 – Hauser Dunes „c“ (0,137 m³), 2096 – Carter Lake „c“ (0,134 m³), 2089 – Manzanita „c“ (0,128 m³) a 2100 – Pistol River „c“ (0,125 m³). Rovněž pořadí proveniencí s nejnižší objemovou produkcí je podobné: 1903 – Upper Liard „l“ (0,042), 2095 – Broken Top „m“ (0,044), 2134 – Manchester „c“ (0,044), 2137 – Huntington Lake „m“ (0,046) a 2236 – Cypress Hills „l“ (0,049). Medián kmenového objemu dosáhl 0,068 m³.

Průměrná defoliace všech ověřovaných variant dosáhla 28,6 %. Nejnižší byla registrována u proveniencí 2099 – Port Orford „c“ (2,9 %), 2132 – Fort Bragg „b“ (5,9 %), 2096 – Carter Lake „c“ (9,6 %), 2134 – Manchester „c“ (10,0 %) a 2121 – Port Orchard „c“ (10,6 %). Nejvyšší

hodnoty byly naopak zjištěny u proveniencí 2138 – Mineral King „m“ (81,3 %), 2136 – Yosemite „m“ (75,2 %), 2133 – Truckee „m“ (64,3 %), 2137 – Huntington Lake „m“ (62,9 %) a 2130 – Mineral „m“ (57,6 %). Nejvyšší defoliace tak byla registrována u proveniencí *P. c.* subsp. *contorta*, zatímco nejvyšší u *P. c.* subsp. *murrayana*.

Rozdíly mezi třemi poddruhy borovice pokroucené byly ve výšce, výčetní tloušťce i objemu kmene statisticky významné. Největší výšky (medián 15,0 m) byly zjištěny u poddruhu „c“, který následovaly „l“ (13,3 m) a „m“ (11,1 m). Rovněž výčetní tloušťka byla nejvyšší u poddruhu „c“ (15,2 m), za níž však v tomto znaku následoval „m“ (12,8 m) a teprve po něm s mírným odstupem „l“ (12,2 m). V objemu kmene bylo pořadí subspecií shodné jako u výšek, tj. „c“ (0,130 m³), „l“ (0,074 m³), „m“ (0,067 m³). Nejvyšší hodnoty mortality byly zjištěny u poddruhu „l“, naopak vysokou mortalitou se často vyznačuje „m“.

Statisticky významné rozdíly se projevily i při rozdělení proveniencí podle příslušnosti k monoterpenickým oblastem. Největších výšek dosahovaly provenience původem z oblastí P, SC a SI, nejmenších pak z oblastí B a YU (vysvětlivky zkratk viz tab. 1). Ve výčetní tloušťce vynikaly provenience z oblastí P, SC, B a NC, hůře se z tohoto pohledu jeví oblasti YU, CI, RM, C a NA. Analogicky se výsledky odrazily i v objemu kmene, kdy nejvyšších hodnot dosáhly provenience z oblastí P, SC, NC a SI, nejnižších pak z oblastí YU a RM.

Při šetření zdravotního stavu bylo v souvislosti s klimaticky abnormálním rokem 2015 možno pozorovat oslabení porostů akutním nedostatkem vláhy, projevujícím se zvýšenou senescencí starších ročníků jehlic a v jednotlivých případech i parciální diskolorací a odumíráním letorostů (zčásti kolonizovaných houbovými patogeny). Borovice jsou většinou silně přehoustlé a značně přešthlené, mají redukované koruny, nízkou míru statické stability. Dochází u nich k prosychání větví (zejména ve spodních partiích), pomístním větrným disturbancím (jednotlivé až skupinové vývraty) a na několika parcelách díky synergií se stresem ze sucha dokonce k ohniskovitým odumíráním skupinek stromů.

Na odumřelých stromech nebylo zjištěno intenzivnější napadení patogeny či škůdci. V několika případech došlo u vývratů, příp. i u stromů v jejich okolí, k druhotnému napadení podkorním hmyzem (smoláci, krasci). Toto napadení jednotlivých stromů bylo zpravidla doprovázeno i výskytem kořenových parazitů (syrrocia václavky na bázi kmenů, která spolupůsobila při jejich usmrcení). Konkrétně byly na vývratech a spodních partiích stojících odumřelých stromů zjištěny především požerky smoláků rodu *Pissodes*, ve dvou případech (u stromů silnějších dimenzí) také krasce borového – *Phaenops cyanea* (Fabricius, 1775). V korunové části kmínků a na větvích se obvykle nacházely nečetné požerky kůrovců rodu *Pityogenes*, u jednoho kmínku i lýkohuba borového – *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758). Jde vesměs o druhy žijící na borovici lesní, které však mohou fakultativně přecházet i na jiné druhy borovic. Na jehlicích borovice pokroucené nebylo pozorováno žádné poškození listožravým hmyzem a nebyla zjištěna ani významnější přítomnost savého hmyzu. Z hálkotvorného hmyzu byl nalezen pouze jeden požerok obaleče *Retinia resinella* (Linnaeus, 1758), který běžně žije na borovici lesní. Z původců houbových chorob byl na bázích odumřelých stromů prokázán výskyt kořenového parazita václavky (*Armillaria* sp.), na odumírajících či odumřelých výhonech se pak v několika případech nacházel kuželík borový *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton a na žlutnoucím a opadávajícím jehličí sypavka (*Lophodermium* sp.).

Při hodnocení tvárnosti kmene (tab. 2) byla zjištěna proměnlivost jen v rozsahu klasifikačních tříd 1–4. Stupeň 5 (keřovitý růst) nebyl na ploše zaznamenán. Nejlepší tvárností kmene vynikají provenience 2137 – Huntington Lake „m“ s průměrnou hodnotou indexu 1,429, dále 1904 – Wonowon „l“ (1,500), 2139 – Camp Nelson „m“ (1,583), 2095 – Broken Top „m“ (1,615) a 2136 – Yosemite „m“ (1,630). Nejhorší tvárnost kmene byla registrována u proveniencí 2132 –

Tab. 2.
Výsledky zjišťovaných charakteristik jednotlivých proveniencí (věk 34 let)
Tab. 2.
Results of investigated characteristics of individual provenances (age 34 years)

Provenience/ Provenience	Počet sazenic/ Number of seedlings	Počet rostoučích jedinců/Number of growing Individuals	Mortalita/ Mortality	Poradi/Order	Median výšky/ Median of height (m)	Poradi/Order	Median d ₁₀₀ Median of DBH (cm)	Poradi/Order	Median objemu kmeně/Median stem volume* (m ³)	Median objemu kmeně/Median stem volume** (m ³)	Poradi/Order	Defoliac (%)	Poradi/Order	Index tvárnosti kmeně/Stem form index	Poradi/Order	Index rozvoje kmeně/Stem forking index	Poradi/Order	Index tloušťky větví/Branch thick index	Poradi/Order	Index typu borky/ Bark type index	Poradi/Order
1901	130	80	38,5	8.	14,1	13.	12,1	22.	0,070	0,066	20.	23,9	14.	1,763	11.	1,605	9.	1,463	6.	2,013	7.
1902	125	68	45,6	17.	12,5	19.	11,0	32.	0,055	0,051	28.	23,8	13.	2,088	21.	1,765	18.	2,103	24.	1,882	4.
1903	135	29	78,5	29.	12,2	23.	10,2	34.	0,047	0,042	34.	35,2	24.	1,966	18.	1,786	19.	1,966	20.	2,552	22.
1904	150	102	32,0	3.	13,2	18.	11,4	29.	0,065	0,060	24.	23,4	12.	1,500	2.	1,710	16.	1,784	16.	2,657	26.
2088	117	67	42,7	15.	14,2	11.	13,5	13.	0,092	0,086	9.	18,1	9.	2,284	24.	2,043	29.	2,134	29.	2,209	12.
2089	80	45	43,8	16.	16,9	1.	15,5	6.	0,133	0,128	4.	20,3	10.	2,844	32.	2,700	32.	2,000	21.	1,867	3.
2091	120	72	40,0	10.	13,9	15.	12,8	19.	0,082	0,077	13.	25,6	18.	2,125	23.	2,450	31.	1,528	9.	1,403	1.
2092	130	82	36,9	4.	15,3	7.	14,3	9.	0,114	0,108	7.	17,9	8.	2,573	28.	1,303	2.	2,134	28.	2,244	15.
2093	150	86	42,7	14.	14,4	10.	13,4	14.	0,090	0,085	10.	24,0	15.	2,488	26.	1,370	5.	1,709	15.	2,616	23.
2095	150	91	39,3	9.	10,9	27.	10,8	33.	0,048	0,044	33.	38,0	26.	1,615	4.	1,359	4.	1,495	8.	3,275	33.
2096	127	63	50,4	18.	16,6	4.	15,7	5.	0,139	0,134	3.	9,6	3.	2,556	27.	1,316	3.	1,603	12.	1,984	6.
2097	139	62	55,4	20.	16,8	2.	16,0	2.	0,142	0,137	2.	12,6	6.	2,790	30.	1,750	17.	2,048	22.	2,435	18.
2098	97	25	74,2	26.	14,2	12.	13,3	16.	0,080	0,074	15.	36,0	25.	2,080	20.	2,000	24.	1,960	19.	2,920	29.
2099	57	7	87,7	33.	15,4	6.	23,4	1.	0,279	0,279	1.	2,9	1.	2,714	29.	2,000	25.	2,286	32.	2,143	10.
2100	77	35	54,5	19.	15,0	8.	15,9	4.	0,130	0,125	5.	24,6	16.	2,800	31.	1,667	12.	2,114	25.	2,114	9.
2120	150	88	41,3	12.	15,5	5.	12,6	20.	0,088	0,082	11.	28,6	20.	1,807	12.	1,800	20.	1,648	13.	2,239	14.
2121	125	55	56,0	21.	16,7	3.	15,3	7.	0,130	0,124	6.	10,6	5.	2,382	25.	2,000	26.	1,382	2.	2,636	24.
2123	85	53	37,6	7.	14,4	9.	12,1	23.	0,078	0,073	16.	30,6	22.	1,660	9.	1,688	14.	1,849	17.	2,887	28.
2124	130	78	40,0	11.	14,0	14.	11,6	28.	0,067	0,062	22.	25,1	17.	1,923	16.	1,583	7.	1,577	10.	2,218	13.
2125	130	97	25,4	2.	13,8	16.	11,7	27.	0,069	0,064	21.	29,9	21.	1,959	17.	1,882	22.	1,423	4.	1,979	5.
2126	105	66	37,1	5.	12,5	20.	12,0	24.	0,065	0,061	23.	35,0	23.	1,636	6.	1,941	23.	2,136	30.	1,603	2.
2130	130	76	41,5	13.	12,3	21.	13,1	17.	0,078	0,074	14.	57,6	30.	1,658	7.	2,000	27.	2,066	23.	2,934	31.
2131	70	0	100,0	35.	---	35.	---	35.	---	---	35.	---	35.	---	35.	---	35.	---	35.	---	35.
2132	150	32	78,7	30.	11,1	25.	14,1	10.	0,084	0,080	12.	5,9	2.	3,469	34.	2,800	33.	2,250	31.	2,531	21.
2133	130	51	60,8	23.	10,5	29.	12,0	25.	0,054	0,051	29.	64,3	32.	2,118	22.	2,154	30.	2,118	26.	2,300	17.
2134	67	7	89,6	34.	6,8	34.	14,4	8.	0,046	0,044	32.	10,0	4.	3,143	33.	3,000	34.	2,429	34.	2,143	11.
2135	90	22	75,6	27.	11,1	26.	13,6	12.	0,073	0,069	17.	49,5	28.	1,864	13.	1,625	10.	1,682	14.	3,000	32.
2136	130	27	79,2	31.	10,0	30.	14,0	11.	0,071	0,068	19.	75,2	33.	1,630	5.	2,000	28.	2,296	33.	2,926	30.
2137	120	28	76,7	28.	9,1	33.	11,7	26.	0,050	0,046	31.	62,9	31.	1,429	1.	1,125	1.	1,429	5.	3,500	34.

Tab. 2.
Pokračování
Tab. 2.
Continuation

Provenience/ Provenance	Počet sazenic/ Number of seedlings	Počet rostoucích jedinců/Number of growing individuals	Mortality/Mortality	Pořadí/Order	Median výšky/ Median of height (m)	Pořadí/Order	Median d _{1,3} / Median of DBH (cm)	Pořadí/Order	Median objemu kmene/Median stem volume* (m ³)	Pořadí/Order	Median objemu kmene/Median stem volume** (m ³)	Pořadí/Order	Defoliation (%)	Pořadí/Order	Index tvárnosti kmene/Stem form index	Pořadí/Order	Index rozvojení kmene/Stem forking index	Pořadí/Order	Index tloušťky větví/Branch thick index	Pořadí/Order	Index typu borky/ Bark type index	Pořadí/Order
2138	120	15	87,5	32.	9,8	32.	13,3	15.	0,062	0,060	25.	81,3	34.	1,867	14.	1,667	13.	1,467	7.	2,467	19.	
2139	77	24	68,8	24.	10,7	28.	15,9	3.	0,096	0,093	8.	52,5	29.	1,583	3.	1,700	15.	1,292	1.	2,750	27.	
2169	56	17	69,6	25.	9,9	31.	13,0	18.	0,062	0,059	26.	44,1	27.	1,706	10.	1,600	8.	1,882	18.	2,294	16.	
2234	150	94	37,3	6.	12,3	22.	11,3	30.	0,057	0,053	27.	23,4	11.	1,660	8.	1,625	11.	1,585	11.	2,649	25.	
2235	93	40	57,0	22.	13,5	17.	12,3	21.	0,073	0,068	18.	27,5	19.	2,075	19.	1,875	21.	2,125	27.	2,025	8.	
2236	150	123	18,0	1.	11,8	24.	11,2	31.	0,053	0,049	30.	17,9	7.	1,870	15.	1,514	6.	1,407	3.	2,496	20.	
Σ/Průměr/ Σ/Mean	3972	1907	54,1		13,2		12,5		0,073	0,068		28,6		2,037		1,762		1,769		2,380		

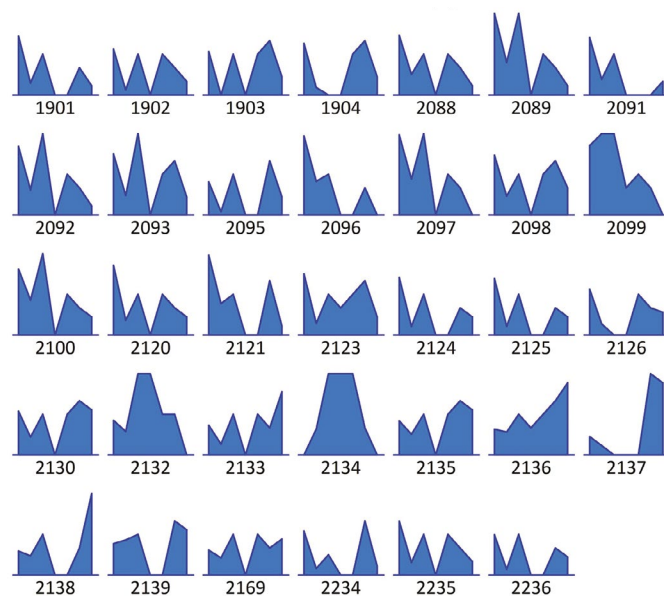
* dle objemové rovnice pro borovici lesní (s. k.)/ According to the volume equation for Scots pine (overbark) (Petráš, Pajtlík 1991)
** dle objemové rovnice pro borovici pokroucenou (b. k.)/ According to the volume equation for lodgepole pine (underbark) (Cole 1971)

Fort Bragg „b“ (3,469), 2134 – Manchester „c“ (3,143), 2089 – Manzanita „c“ (2,844), 2100 – Pistol River „c“ (2,800) a 2097 – Hauser Dunes „c“ (2,7903). Průměrný index tvárnosti kmene měl hodnotu 2,037. Nejlepší tvárnost kmene byla většinou zjištěna u poddruhu „m“, méně pak u „l“. Provenience poddruhu „c“ vykazovaly většinou horší parametry.

U celkem 668 stromů bylo zaznamenáno rozdvojení kmene. Průměrná hodnota daného indexu činila 1,762 (tab. 2). Nejnižší index byl zjištěn u proveniencí 2137 – Huntington Lake „m“ (1,125), 2092 – Pacific City „c“ (1,303), 2096 – Carter Lake „c“ (1,316), 2095 – Broken Top „m“ (1,359) a 2093 – New Port „c“ (1,370), nejvyšší pak u proveniencí 2134 – Manchester „c“ (3,000), 2132 – Fort Bragg „b“ (2,800), 2089 – Manzanita „c“ (2,700), 2091 – Mount Hood „l“ (2,450) a 2133 – Truckee „m“ (2,154). Rozdíly mezi poddruhy nebyly v tomto znaku výrazné.

Průměrný index tloušťky větvi všech jedinců na ploše dosáhl 1,769 (tab. 2). Nejlepší hodnoty byly zjištěny u proveniencí 2139 – Camp Nelson „m“ (1,292), 2121 – Port Orchard „c“ (1,382), 2236 – Cypress Hills „l“ (1,407), 2125 – Ukiah „l“ (1,423) a 2137 – Huntington Lake „m“ (1,429). Nejtlustší větve byly registrovány u proveniencí 2134 – Manchester „c“ (2,429), 2136 – Yosemite „m“ (2,296), 2099 – Port Orford „c“ (2,286), 2132 – Fort Bragg „b“ (2,250) a 2126 – Prairie City „l“ (2,136). Rozdíly mezi poddruhy nebyly výrazné.

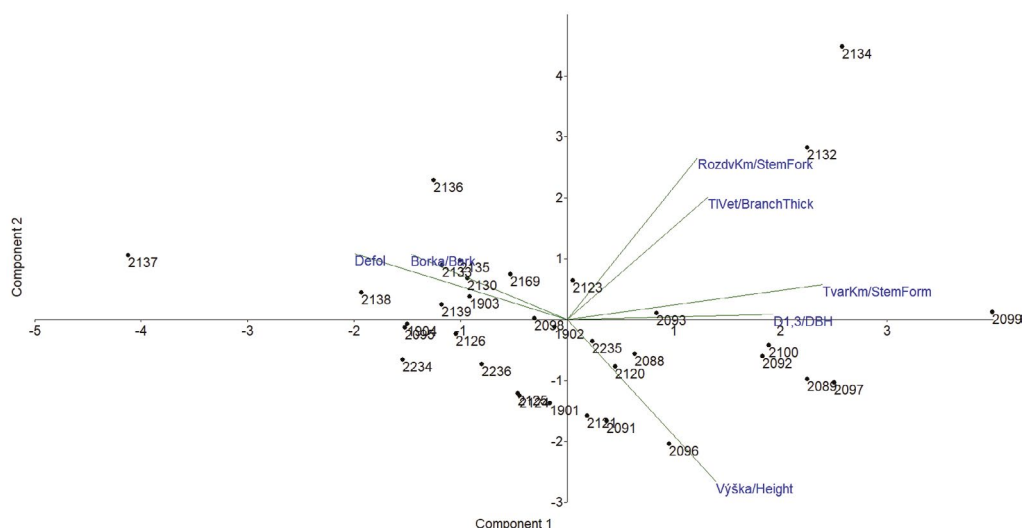
Průměrná hodnota indexu charakteru borky všech jedinců dosáhla 2,380 (tab. 2). Jemnější borka se vyskytovala u proveniencí 2091 – Mount Hood „l“ (1,403), 2126 – Prairie City „l“ (1,603), 2089 – Manzanita „c“ (1,867), 1902 – Mile 86 „l“ (1,882) a 2125 – Ukiah „l“ (1,979). Nejhrubší borka byla zjištěna u proveniencí 2137 – Huntington Lake „m“ (3,500), 2095 – Broken Top „m“ (3,275), 2135 – South Lake Tahoe „m“ (3,000), 2130 – Mineral „m“ (2,934) a 2136 – Yosemite „m“ (2,926). Méně hrubá borka se vyskytovala u poddruhů „l“ a „c“, více zvrásněné typy pak u subspecie „m“.



Obr. 2.
Vícerozměrná průzkumová analýza – ikonový graf (Statistica 12)
Zleva doprava: Výška; D_{1,3}; TvarKm; RozdvKm; TIVet; Borka; Defol
Fig. 2.
Multidimensional exploratory analyse – iconic graph (Statistica 12)
From left to right: Height; DBH; StemForm; StemFork; BranchThick; Bark; Defol

Výsledek vícerozměrné exploratorní analýzy je patrný z obrázku 2. Pro výpočet PCA byly analyzovány grafy úpatí vlastních čísel za dostatečně vysvětlující přijaty první tři hlavní komponenty, které společně objasňují 74 % celkové variability obsažené v datech a zároveň převyšují ještě přípustnou hodnotu Kaiserova kritéria (0,7). Největší význam pro vysvětlení rozdílů mezi proveniencemi mají znaky výčetní tloušťka a tvárnost kmene, které se nejvíce podílejí na 1. hlavní komponentě (obr. 3). Ve směru 2. hlavní komponenty se nejvíce uplatnil znak rozdvojení kmene, u hlavní komponenty 3 pak výčetní tloušťka. Významná pozitivní korelace se projevila mezi tvárností kmene a vý-

četní tloušťkou, mezi rozdvojením kmene a tloušťkou větví a dále mezi hrubostí borky a mírou defoliace. Pozitivně spolu korelují i tvárnost kmene a výška. Negativní vztah byl zjištěn mezi výškou a hrubostí borky, resp. defoliací. Výsledky shlukové analýzy CLU znázorňuje obr. 4. Na základě hodnocených znaků se poměrně dobře oddělily jednotlivé poddruhy, kdy „c“ vytvořil společný shluk, od kterého se výrazněji odlišují pouze dvě jižní proveniencce 2099 a 2134 spolu s proveniencí 2132 („b“). Od jediného společného shluku subspecie „l“ se rovněž separují dvě proveniencce. Každá z nich se přiřadila do jednoho ze dvou shluků poddruhu „m“. Dva odlišné shluky subspecie „m“ lze celkem

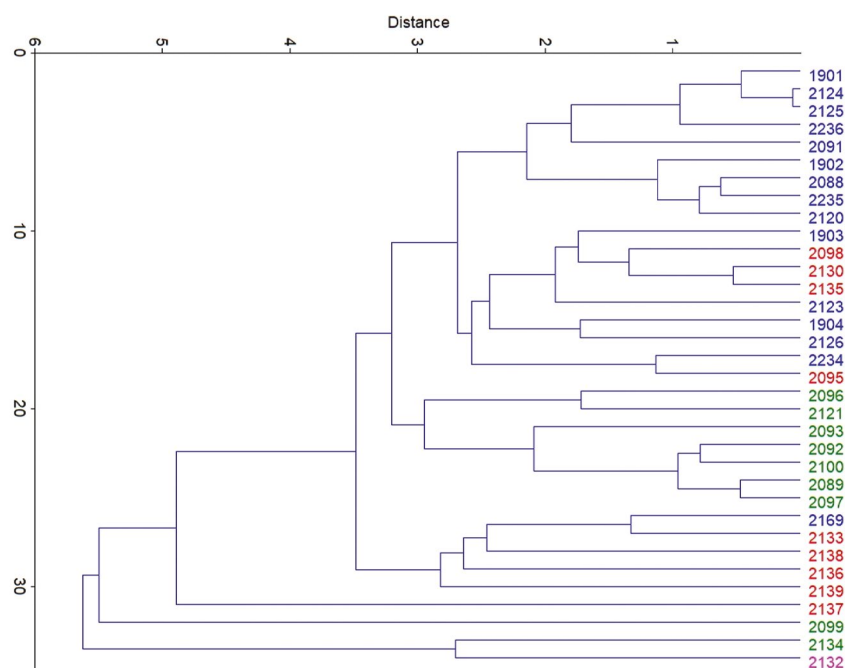


Obr. 3.

Výstup PCA – dvojný graf porovnávající objekty a znaky v prostoru hlavních komponent 1 a 2 (PAST 2.07)

Fig. 3.

Results of PCA – biplot which compare objects and traits in dimension of main components 1 and 2 (PAST 2.07)



Obr. 4.

Výstup shlukové analýzy (PAST 2.07)

Fig. 4.

Output of cluster analyse (PAST 2.07)

dobře vysvětlit na základě lokalizace proveniencí na různých stranách hřebenů Kaskád a Sierra Nevady, tj. přivrácené k oceánu (2133, 2138, 2136, 2139) a směřující do vnitrozemí (2095, 2098, 2130, 2135).

DISKUSE

Výzkumná plocha Plzeň-Bolevec byla v minulosti měřena již několikrát (např. KAŇÁK K. 1988; KAŇÁK J. 1996, 2001). Ze srovnání výšek proveniencí dosažených v různém věku (tab. 3) se ukazuje výsledek známý i z mnoha jiných výzkumných ploch, kdy se již v mládí určité provenience profilují jako rychle, resp. pomalu rostoucí a tento trend si udržují i nadále. Ostatní provenience se pak v průběhu růstu navzájem různě přesouvají ve středové části pole.

Při srovnání výpočtu objemů kmene podle rovnic pro borovici lesní (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) a borovici pokroucenou (COLE 1971) byly zjištěny pouze zanedbatelné rozdíly.

Problémem může být odlišení přirozené mortality (autoredukce) od mortality vyvolané nepříznivým prostředím lokality výsadby. Pokud se však tento údaj vztáhne k dosahovaným středním hodnotám výšek, lze vysokou negativní korelaci zjistit pouze u proveniencí s nejvyšší mortalitou, které se současně vyznačují i nízkými hodnotami výšek. Opačně tento vztah neplatí, tj. provenience s nejnižšími ztrátami nerostou zároveň nejrychleji, ale spíše jen průměrně. Nelze

tedy tvrdit, že by byly zjištěné míry mortality pouze výsledkem procesu samoředění porostu a souvisely tak úzce s absencí výchovných zásahů, ale že v sobě nepochybně odrážejí i pro jednotlivé provenience specifické působení stanovištních faktorů.

Z prací KANTORA (1979, 1980), který hodnotil 11 proveniencí (5 „c“, 5 „l“, 1 „l-m“) na ploše Křtiny (provenience 2088 a 2089 identické s materiálem na Sofronce), vyplynulo, že k poddruhu „c“ nelze přistupovat jednotně. Provenience přímořské subspecie z Aljašky patřily v 8 letech k nejpomaleji rostoucím (1,25 m) a měly i méně příznivý štíhlostní kvocient, zatímco u jižních (Washington, Oregon) tomu bylo opačně (2,36 m). U tyčovitě subspecie „l“ (1,58 m) nebyly takovéto disjunktivní růstové odlišné geografické oblasti u horských vnitrozemských proveniencí identifikovány. Jako nevhodné se nicméně v porovnání s jižními jeví její provenience ze severu. Přechodový typ mezi poddruhy „l-m“ (2088) dosahoval nižší výšky (1,23 m) i bazální tloušťky. Ve shodě s německými poznatky se dosahované výšky proveniencí na ploše Křtiny zvětšovaly v severojižním směru lokalit jejich původu, což zásadně neovlivňovala ani nadmořská výška. Na základě výsledků z plochy Sofronka však nelze tento poznatek ani v případě poddruhu „l“ potvrdit, spíše se zdá, že rozdíly v růstu této subspecie existují v gradientu od pobřeží směrem do vnitrozemí, kdy její růst postupně klesá. Kantorem označovaná přechodová provenience 2088 je v této práci shodně s KAŇÁKEM (např. 1988) považována za *P. c.* subsp. „l“. Výškový růst dané provenience je jak v souboru Kantora, tak v sou-

Tab. 3. Vývoj výškového růstu proveniencí (m)

Tab. 3. Development of height growth of provenances (m)

Provenience/ Provenance	1983 ¹⁾ 3 roky/years*	1985 ¹⁾ 5 let/years	1986 ¹⁾ 6 let/years	1988 ¹⁾ 8 let/years	1990 ¹⁾ 10 let/years	1995 ¹⁾ 15 let/years	1999 ²⁾ 18 let/years	2015 34 let/years	Provenience/ Provenance
2121	0,36	0,57	0,97	2,37	3,90	7,53	9,87	16,67	2089
2097	0,35	0,52	0,97	2,30	3,88	7,34	9,62	16,45	2097
2096	0,34	0,51	0,97	2,14	3,68	7,13	9,49	16,23	2096
2089	0,33	0,50	0,95	2,09	3,58	6,98	9,18	16,11	2121
2092	0,33	0,46	0,87	2,07	3,47	6,92	9,11	15,66	2099
2093	0,29	0,45	0,81	1,98	3,46	6,79	9,04	15,33	2120
2088	0,28	0,41	0,80	1,87	3,44	6,67	8,82	14,68	2092
2134	0,28	0,40	0,75	1,76	3,17	6,27	8,23	14,66	2123
2132	0,28	0,40	0,71	1,67	2,88	6,00	8,21	14,53	2100
2099	0,28	0,40	0,71	1,60	2,83	5,65	7,90	14,28	2093
2100	0,28	0,39	0,70	1,60	2,68	5,50	7,40	14,09	1901
2123	0,27	0,39	0,70	1,47	2,54	5,43	7,36	14,07	2098
2120	0,25	0,38	0,69	1,45	2,53	5,39	7,28	14,03	2088
2236	0,25	0,37	0,69	1,45	2,51	5,29	7,22	13,90	2091
2124	0,24	0,37	0,68	1,41	2,49	5,05	7,16	13,81	2125
2091	0,24	0,36	0,67	1,39	2,47	5,00	7,15	13,70	2124
2125	0,24	0,36	0,65	1,38	2,41	4,98	6,99	13,19	1904
1904	0,22	0,35	0,65	1,38	2,34	4,98	6,94	12,72	2235
2234	0,22	0,35	0,65	1,36	2,33	4,97	6,78	12,67	2126
2098	0,22	0,31	0,63	1,34	2,32	4,96	6,72	12,55	1902
1901	0,22	0,31	0,62	1,30	2,23	4,95	6,71	12,25	2234
2235	0,22	0,31	0,58	1,25	2,15	4,89	6,68	12,21	2130
2126	0,21	0,30	0,58	1,18	2,06	4,43	6,11	11,88	1903
2133	0,19	0,25	0,51	1,11	1,93	4,06	5,87	11,80	2236
2095	0,18	0,24	0,49	1,00	1,77	3,98	5,13	11,18	2095
2130	0,18	0,23	0,47	0,95	1,64	3,32	5,02	10,83	2135
2131	0,18	0,22	0,43	0,91	1,55	3,28	4,98	10,76	2132
1902	0,18	0,22	0,43	0,86	1,52	3,28	4,90	10,64	2139
1903	0,17	0,21	0,41	0,84	1,47	3,27	4,81	10,47	2133
2139	0,16	0,21	0,41	0,81	1,46	3,21	4,72	9,91	2169
2169	0,16	0,21	0,41	0,81	1,43	3,20	4,44	9,81	2136
2135	0,16	0,21	0,40	0,81	1,43	2,91	4,37	9,61	2138
2137	0,15	0,21	0,40	0,79	1,36	2,77	4,36	9,41	2137
2138	0,15	0,21	0,38	0,78	1,23	2,70	4,31	7,29	2134
2136	0,14	0,17	0,37	0,70	1,22	2,70	3,37	0**	2131

* Výšky sazenic ve školce před výsadbou na výzkumné plochy/Height of seedlings in nursery before planting into research plots

** Provenience vyhynula/The provenance became extinct

¹⁾ Kaňák (1996), ²⁾ Kaňák (2001)

boru proveniencí vysazených na Sofronce průměrný. Výška druhé v obou pokusech zastoupené proveniencie 2089 (*P. c.* subsp. „c“) byla ve Křtinách i na Sofronce nadprůměrná.

KAŇÁK (1982) doporučuje na základě studia výsledků provenienčního výzkumu v sousedním Německu věnovat při dovozu do našich podmínek pozornost proveniencím z pobřeží Britské Kolumbie, Washingtonu, Oregonu a Kalifornie (rychle rostoucí jsou zejména po 52° s. š.), z vnitrozemských pak oblastem poblíž Kootenay a Nass River v Britské Kolumbii. Autor zkonstruoval izogramy, které umožňují analyzovat rychlost růstu proveniencí v souvislosti s klimatem oblastí jejich původu. Pokud jde o rychlejší růst pobřežních proveniencí, výsledky z plochy Sofronka z novější tříčlenné série s tímto poznatkem korespondují. Srovnatelné vnitrozemské proveniencie však na novější sérii zastoupeny nejsou. KAŇÁK (1982) dále uvádí hodnoty průměrných výšek souboru proveniencí borovice pokroucené (původem především z Britské Kolumbie, Alberta a Oregonu) vysazených na starší pokusné ploše na totožné lokalitě Sofronka. Ve 14 letech tyto proveniencie, z nichž se však žádná neshoduje s proveniencemi hodnocenými v naší práci, dosahovaly o poznání nižších hodnot než na mladší výzkumné ploše ve srovnatelném věku 15 let (tab. 3). Regiony zastoupené ve starším pokusu lze tedy z hlediska případného importu osiva považovat za méně vhodné. Šest z těchto proveniencí (všechny „l“) bylo pro srovnání v roce 1990 vysazeno i na pokusné ploše v Průhoních u Prahy (WEGER 1999). 8 let po výsadbě 4letých sazenic se nejlépe osvědčovala proveniencie z nejteplejších oblastí kanadského areálu (Clearwater), naopak nejpomaleji rostla proveniencie z chladné oblasti s kontinentálním klimatem (Edson Forest). V daném věku byly ztráty nízké (max. 8 %, Hazelton). Průměrná výška proveniencí dosahovala od 3,8 do 3,1 m.

Hodnocení výškového a tloušťkového růstu borovice pokroucené na provenienční ploše Sofronka vede ke stejným závěrům, k jakým se dospělo při měření 11 proveniencí na šesti 15letých výsadbách, resp. 140 proveniencí na šesti 8letých IUFRO plochách v tehdejší Německé spolkové republice (STEPHAN 1976, 1980). Nadprůměrné hodnoty zde byly zjištěny u pobřežních proveniencí „c“ z Oregonu, Washingtonu a jihu Britské Kolumbie a u některých vnitrozemských proveniencí subspecie „l“ ze středu jejího areálu výskytu, resp. z jihu a středu Britské Kolumbie. Běžně však rostly proveniencie „l“ průměrně. Neuspokojivým růstem se vyznačovaly proveniencie ze severu Britské Kolumbie, z Alberta, Yukonu, Aljašky a proveniencie „m“. Poněkud odlišné proveniencie se osvědčují v severovýchodních podmínkách. V severním Finsku (HAHL 1978) vynikají proveniencie „l“, které všechny svým výškovým růstem v 8 letech předčily borovici lesní, zatímco „c“ a „m“ za ní zaostávaly. Ve vnitrozemí východního Norska (SKRØPPA, DIETRICHSON 1978) rostly v 11 letech nejlépe proveniencie původem z vyšší zeměpisné šířky (54–56° s. š.) a z vnitrozemí Britské Kolumbie a Alberta.

LINES (1996) na základě výsledků britských pokusů charakterizoval růst proveniencí podle původu z jednotlivých regionů severoamerického areálu, z nichž 6 je zastoupeno na ploše Sofronka. Proveniencie z jižního pobřeží (pobřeží Washingtonu, Oregonu a Kalifornie, Puget Sound) se vyznačují rychlým růstem a velkou produkcí biomasy, avšak následkem je větší náchylnost k silnému větru a těžkému sněhu. S dovozem proveniencí z Yukonu kvůli špatnému přežívání a růstu autor vůbec neuvažuje. Proveniencie z vnitrozemí středu Britské Kolumbie (BC) mají obvykle pomalejší růst, ale dobrou tvárnost kmene. Z Alberta a Saskatchewanu pocházející proveniencie jsou charakteristické pomalým růstem, rovnými kmeny a hustými korunami zhoršujícími odolnost k poryvům větru. Obvykle nejsou větrem a sněhem poškozovány, ale z dlouhodobého hlediska mohou být k živelním pohromám a následnému odumírání náchylné. Proveniencie ze severního vnitrozemí USA bývají vzhledem k rychlému růstu přestihlené. Klima v oblasti jejich původu je výrazně odlišné od britského. Pro import nejsou doporučovány. Proveniencie z Kaskád Washingtonu a Oregonu nerostou uspokojivě a s jejich dovozem se tak rovněž nepočítá.

Přestože je klima České republiky od britského rozdílné, jsou všechna výše uvedená tvrzení týkající se produkční schopnosti borovice pokroucené v jednotlivých popisovaných regionech platná i pro soubor proveniencí na ploše Sofronka, s výjimkou uváděného rychlého růstu proveniencí z regionu severního vnitrozemí USA.

Údaje o vlivu biotických činitelů na zdravotní stav borovice pokroucené jsou dostupné především z oblasti jejího přirozeného výskytu (např. CABI 2016). V ČR jsou některé poznatky k dispozici zejména z Krušných hor (např. BALCAR et al. 2008; ŠRÁMEK et al. 2015), kde byla v minulých desetiletích hojně vysazována. Na ploše Sofronka byla v sedmi vysokohorských proveniencích s obecně vysokými nároky na vzdušnou vlhkost zjištěna 50% a vyšší defoliace (tab. 2). Jde o všechny zastoupené proveniencie z nadmořské výšky >2 000 m, kromě č. 2169 – Boulder (3 250 m n. m.), u níž je však defoliace rovněž značná (44 %). Na různých místech v ČR se však zhoršený zdravotní stav projevuje i u stromů vysazených mimo les, tj. bez omezení konkurencí. Příčinou tedy nutně nemusí být pouze klimatické změny či kompetice, ale může jít i o fyziologickou reakci introdukovaného organismu na nové stanoviště, se kterým se buď vyrovná, nebo po různé době rezignuje. Zajímavé bude z tohoto pohledu srovnání s výsledky hodnocení zbývajících ploch série.

Výzkum zaměřený na možné využívání borovice pokroucené v podmínkách probíhající změny klimatu (McLANE et al. 2011) naznačuje, že dopady na produktivitu lesů budou pozitivnější v chladných polohách, kde nárůst teploty povede ke zvýšení růstu, zatímco v teplejších oblastech mohou účinky suchých let působit negativně.

ZÁVĚR

Od předchozího měření plochy v 18 letech došlo sice opět k určitým změnám pořadí v dosahovaných výškách proveniencí, ale nejrychleji, resp. nejpomaleji rostoucí jsou již ve 34 letech vyprofilovány. Největší výšky byly zjištěny u subspecie „c“, nejmenší u „m“. U poddruhu „l“ s největším areálem se zdá, že dosahovaná výška proveniencí klesá podle gradientu lokalit jejich původu od blízkosti oceánu směrem do vnitrozemí. Rychlým růstem se vyznačují proveniencie z pobřeží Washingtonu, Oregonu a Kalifornie, pomalým naopak z Yukonu, vnitrozemí středu Britské Kolumbie, z Alberta, Saskatchewanu, severního vnitrozemí USA a z Kaskád Washingtonu a Oregonu.

Zhoršený zdravotní stav části borovic je způsoben především abiotickými faktory (synergie nepříznivého působení stresu ze sucha, intenzivní proudění vzduchu), a to buď v kombinaci s vnitrodruhovou kompeticí, nebo obecně díky neschopnosti vysokohorských proveniencí přizpůsobit se odlišným klimatickým podmínkám nižších poloh. Významnější vliv biotických činitelů zjištěn nebyl. Nalezené původce (smoláci, kůrovci, obaleč, václavka) lze označit jako typické sekundární škůdce vyskytující se na borovici pokroucené fakultativně v důsledku oslabení abiotickými vlivy.

S ohledem na zjištěná fakta se zdá být v domácích podmínkách pro chudá stanoviště nižších poloh vhodná pobřežní subspecie borovice pokroucené *P. c.* subsp. *contorta*. Možnosti využití ověřovaných proveniencí, resp. poddruhů této dřeviny v lesním hospodářství ČR však bude možno lépe specifikovat až po vyhodnocení dalších dvou provenienčních ploch téže série založených v jiných stanovištních podmínkách.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného projektu COST LD13009. Autoři děkují za jazykovou revizi abstraktu a souhrnu, kterou provedl Mr. Brian Clifford (Department of Agriculture, Food and the Marine, Dublin, Ireland).

LITERATURA

- AUDERS A.G., SPICKER D.P. 2012. Encyclopedia of conifers: A comprehensive guide to cultivars and species. Vol. II. Nicosia, Royal Horticultural Society: 781–1507.
- BALCAR V., PĚNIČKA L., SLODIČÁK M., NAVRÁTIL P., SMEJKAL J. 2008. Zakládání porostů náhradních dřevin a jejich současný stav. In: Slodičák, M. et al.: Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 121–141.
- BEGON M., HARPER J.L., TOWNSEND C.R. 1997. Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého: 949 s.
- BERAN F., ŠINDELÁŘ J. 1996. Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství ČR. Lesnictví-Forestry, 42 (8): 337–355.
- BUSINSKÝ R. 2008. The genus *Pinus* L., pines: contribution to knowledge: a monograph with cone drawings of all species of the world by Ludmila Businská. Acta Pruhoniciana, 88: 126 s.
- BUSINSKÝ R., VELEBIL J. 2011. Borovice v České republice. Výsledky dlouhodobého hodnocení rodu *Pinus* L. v kultuře v České republice. Průhonice, VÚKOZ: 180 s.
- CABI. 2016. Invasive species compendium: Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world [online]. Wallingford, CAB International [cit. 2016-06-12]. Dostupné na/ Available on www: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/41577>.
- COLE D.M. 1971. A cubic-foot stand volume equation for lodgepole pine in Montana and Idaho. USDA Forest Service, Research Note INT-150: 8 s.
- CRITCHFIELD W.B. 1957. Geographic variation in *Pinus contorta*. Maria Moors Cabot Foundation, 3: 118 s.
- ECKENWALDER J.E. 2013. Conifers of the world: the complete reference. Portland-London, Timber Press: 720 s.
- FARJON A. 2010. A handbook of the world's conifers. Vol. II. Leiden-Boston, Brill: 529–1111.
- FARJON A., FILER D. 2013. An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Leiden-Boston, Brill: 512 s.
- FORREST G.I. 1980. Geographical variation in the monoterpenes of *Pinus contorta* oleoresin. Biochemical Systematics and Ecology, 8: 343–359.
- FORREST G.I. 1981. Geographical variation in oleoresin monoterpene composition of *Pinus contorta* from natural stands and planted seed collections. Biochemical Systematics and Ecology, 9: 97–103.
- FSN. 2017. Seed zone maps [online]. Stayton, Forest Seedling Network [cit. 2017-05-15]. Dostupné na/ Available on www: <http://www.forestseedlingnetwork.com/resources/seed-zone-maps.aspx>.
- HAHL J. 1978. Tuloksia kontortamännyn alkuperäkoosteesta lopella. Metsänjalostus säätiö tiedote, 4: 8 s.
- KANTOR J. 1979. Význam provenienčního výzkumu introdukovaných dřevin. Lesnická práce, 58 (9): 416–419.
- KANTOR J. 1980. The provenance study plot with *Pinus contorta* Dougl. in Czechoslovakia. Acta Universitatis Agriculturae (Brno) Series C (Facultas silviculturae), 49 (1): 33–54.
- KAŇÁK J. 1996. Hodnocení pokusných výsadeb s cizokrajnými druhy rodu *Pinus*. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 22 s.
- KAŇÁK J. 2001. Hodnocení výzkumných ploch s druhem *Pinus contorta* Dougl. Dílčí závěrečná zpráva výzkumného záměru č. MZe-M06-99-02. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 8 s.
- KAŇÁK J. 2016. Arboretum Sofronka 1956–2016. Plzeň, RAMAP: 87 s.
- KAŇÁK K. 1982. Podklady pro introdukci borovice *Pinus contorta* Dougl. do lesních porostů ČSSR. Lesnictví, 28 LV (5): 379–398.
- KAŇÁK K. 1988. Hodnocení provenienčního pokusu s borovicí pokroucenou v imisní oblasti Krušných hor. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 42 s.
- KLINKA K. 2002. *Pinus contorta* Douglas ex Loudon. In: Pines of silvicultural importance. Wallingford-New York, CAB International: 67–79.
- LINES R. 1996. Experiments on lodgepole pine seed origins in Britain. Forestry Commission Technical Paper, 10: 141 s.
- LOTAN J., BROWN J., NEUENSCHWANDER L. 1985. Role of fire in lodgepole pine forests. In: Baumgartner, D. et al. (eds.): Lodgepole pine the species and its management Symposium Proceedings. Pullman, Washington State University: 133–152.
- MCLANE S.C., DANIELS L.D., AITKEN S.N. 2011. Climate impacts on lodgepole pine (*Pinus contorta*) radial growth in a provenance experiment. Forest Ecology and Management, 262: 115–123.
- OTTO J. 1993. Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung dargestellt am Beispiel der niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst und Holz, 48 (16): 454–456.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. Lesnícky časopis, 37 (1): 49–56.
- PRESTON R.J., BRAHAM R.R. 2002. North American trees. Ames, Iowa State Press: 520 s.
- SKRØPPA T., DIETRICHSON J. 1978. Survival and early growth of *Pinus contorta* provenances in interior eastern Norway. Meddelser fra Norsk institutt for skogforskning, 34 (3): 69–92.
- STEPHAN B.R. 1976. Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland. I. Ergebnisse aus der Versuchsserie 1960/61. Silvae Genetica, 25 (5–6): 201–209.
- STEPHAN B.R. 1980. Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland. II. Ergebnisse aus der IUFRO Versuchsserie 1971/72. Silvae Genetica, 29 (2): 62–74.
- ŠRÁMEK V., BALCAR V., BURIÁNEK V., HAVRÁNEK F., JURÁSEK A., LIŠKA J., NOVÁK J., SLODIČÁK M. et al. 2015. Aktualizace studie Lesnické hospodaření v Krušných horách [online]. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 195 s. [cit. 2017-05-15]. Dostupné na/ Available on www: http://eagri.cz/public/web/file/445780/Zprava_KH_21032016_uprav.pdf
- WEGER J. 1999. Šlechtění vybraných druhů allochtonních borovic pro zalesňování nepříznivých stanovišť. Acta Pruhoniciana, 68: 87–102.

THE GROWTH OF LODGEPOLE PINE PROVENANCES IN CONDITIONS OF ACIDOPHILOUS OAK FOREST IN THE WESTERN BOHEMIA AT THE AGE OF 34 YEARS

SUMMARY

For forestry purposes, lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) is interesting tree species, due to its resistance to both biotic and abiotic factors, and because of its distinctive pioneer characteristics. In this paper, an evaluation of the species growth on a provenance plot established in the Czech Republic, on the poor site conditions of acidophilous oak forest type was carried out.

The provenance plot Sofronka is part of a series containing two other plots, located in Southern and Northwestern Bohemia, respectively. The Sofronka plot is located on flat site, at an altitude of 330 m above sea level. Average annual temperature is 7.6 °C, while average annual precipitation is 530 mm. Forest type is classified as acid pine stand with blueberry (OK1). In total, 35 lodgepole pine provenances (Tab. 1, Fig. 1) are assessed in the plot. Due to a lack of seedlings, just one block of tested provenances was established, i.e. without repetition. Planting took place in 1984, 57–150 seedlings per experimental parcels, with spacing of 1.5 m × 1.3 m. Until now, no silvicultural treatment was carried out.

Measurement of pine trees was carried out between November 2014 and January 2015, at the age of 34 years. Values of height and DBH growth, health status, stem form, stem forking, relative thickness of branches and bark type were evaluated. With use of the volume equations for Scots pine (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) and lodgepole pine (COLE 1971), the stem volume production was calculated.

Differences in height and DBH growth characteristics of the evaluated provenances were statistically significant. For height and DBH, the median values were 13.2 m and 12.5 cm, respectively; in case of volume production, a median value of 0.068 m³ was calculated (Tab. 2). Average value of defoliation was 29%, branches of pine trees were usually thinner, stem form was characterised mostly as one way curved, with scaly bark. Stem forking was registered in 668 trees. Mortality ranged from 18% (2236 Cypress Hills) to 100% (2131 Bucks Lake). Similarity/differentiality of provenances in terms of all the features evaluated is obvious from PCA and CLU outputs (Figures 2–4).

Statistically significant differences of quantitative characteristics were found between subspecies and terpene areas (FORREST 1980, 1981). Low mortality was found in case of some *P. c.* subsp. *latifolia* provenances, while higher mortality was often identified for provenances of *P. c.* subsp. *murrayana*. The order of values of heights change so far, but the fastest or slowest growing variants are already profiled, at the age of 34 years (Tab. 3). The highest heights were registered for *P. c.* subsp. *contorta*, the smallest for *P. c.* subsp. *murrayana*.

In case of *P. c.* subsp. *latifolia* provenances, growth decreases from the ocean to interior. For the provenances from the coast of Washington, Oregon, and California, rapid growth was observed, while slow growth is typical for provenances from Yukon, interior of central British Columbia, from Alberta, Saskatchewan, Northern interior of the USA and from the Washington Cascades and Oregon.

Deteriorated health condition is caused mainly by abiotic factors (drought stress, intense airflow). No biotic factors were found to be significant. The agents of biotic damage identified (weevils, bark beetles, pine bud moths, honey fungus) are typical secondary pests with occurrence due to abiotic factors.

More conclusive remarks may be made following examination of the remaining plots in the series.

Zasláno/Received: 21. 06. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 21. 07. 2017