

ZHODNOCENÍ RŮSTU PROVENIENCÍ BOROVICE ČERNÉ (*PINUS NIGRA* ARNOLD) VE STŘEDNÍCH ČECHÁCH VE VĚKU 51 LET

EVALUATION OF GROWTH OF EUROPEAN BLACK PINE (*PINUS NIGRA* ARNOLD) PROVENANCES IN CENTRAL BOHEMIA AT THE AGE OF 51 YEARS

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

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

✉ e-mail: pnovotny@vulhm.cz

ORCID: M. Fulín 0009-0008-1380-846X

ABSTRACT

The paper contains the evaluation of 9 European black pine provenances on the research trial No. 41 – Roblín (Czech Republic) at the age of 51 years. The tested provenances originated from Bosnia and Herzegovina, Serbia, Croatia, Bulgaria, Greece, France and Slovakia. The evaluation is based on an assessment of following factors: total height, dbh, stem form, health state, defoliation, diameter of main branches, stem damage, crown density, twisted growth, stem nature pruning, cross-section, and taper. Obtained data sets were statistically analysed. The best growth both in quantitative and qualitative traits was recognised for the provenance 9 – Les Barres, Oise (France), which was excellent in height growth, health status and stem shape, and also for the Serbian provenance 2 – Crni Vrh, Titovo Užice, which excelled not only in growth rate, stem shape and health status, but also in diameter of main branches. Less suitable provenance seem to be 3 – Prušacka Rjeka, Banja Luka from Bosnia and Herzegovina (worse growth, stem nature pruning, cross-section and taper) and Croatian 5 – Južna Kandija, Osijek (worse growth, stem shape, and health). The most important for explaining the differences between provenances were the diameter at the breast height, crown density and defoliation.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: provenienční výzkum; produkce; introdukované dřeviny; jehličnany; Česká republika

Key words: provenance research; production; introduced tree species; conifers; Czech Republic

ÚVOD

U borovice černé bývá různými autory obvykle vylišováno 4–6 hlavních poddruhů (ISAJEV et al. 2004; MUSIL, HAMERNÍK 2007; BUSINSKÝ 2008; FARJON 2010). Její přirozený areál zaujímá ca 3,5 mil. ha od severu Afriky přes jižní Evropu do Malé Asie. Nejsevernější přirozený výskyt má v Rakousku. Optimum vertikálního rozšíření je ve 400–800 m n. m. (MUSIL, HAMERNÍK 2007) s možností výskytu i mezi 100–2000 m n. m. (FARJON, FILER 2013). Roční úhrn srážek činí 650–2000 mm, průměrná roční teplota 6–13 °C (BUSSOTTI 2002). V jižní Evropě jde o hospodářsky nejvýznamnější domácí jehličnan, ale je často vysazován i mimo původní oblast (ISAJEV et al. 2004; FARJON, FILER 2013). V domovině roste v čistých porostech, častěji však ve směsích s jehličnany i listnáči (BUSSOTTI 2002; MUSIL, HAMERNÍK

2007; FARJON 2010). Roste na různém podloží od vápenců a mramorů až po kyselá a vulkanická půdy. Je netolerantní ke stínu, snadno podléhá požárům, ale odolává větru, suchu (ISAJEV et al. 2004) a částečně i mrazu (BUSSOTTI 2002). V ČR se zatím příliš dobře nezmlazuje (GREGOROVÁ et al. 2006), mimo přirozený areál se však dokáže chovat i invazně (KŘIVÁNEK 2006; DAISIE 2009; PERGL et al. 2016a, 2016b). K častým příčinám odumírání v našich podmínkách patří sypanky, poslední dobou pak vlivem teplotních extrémů a průsušků trpí prosycháním, které může v akutní formě vést po několika letech až k odumření. Na oslabených borovicích je navíc usnadněn nástup dalších biotických škůdců (viz např. URBAN 2000; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2001; JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ 2003; SOUKUP, PEŠKOVÁ 2005; DESPREZ-LOUSTAU et al. 2006; NOVOTNÝ et al. 2012; PEŠKOVÁ et al. 2015).

Dosahuje výšky 20–40 m (u tzv. rakouského typu), resp. do 50 m u typu korsického (FARJON 2010) a výčetní tloušťky $i > 1$ m (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Výškový přírůst vrcholů již v 10–15 letech (ŠINDELÁŘOVÁ 1987). Se středoevropskými podmínkami se na rozdíl od rychle rostoucích proveniencí z Korsiky a Kalábie lépe vyrovnává *P. n. subsp. nigra* var. *austriaca*, která má minimální nároky na vodu, odolává mrazu, je dlouhověká a relativně odolná vůči větru. S postupující změnou klimatu tak lze předpokládat zvyšování jejího zastoupení. Pro využívání jiných poddruhů by bylo třeba identifikovat vhodné proveniencí (SPELLMANN et al. 2015). Suchovzdornost borovice černé nepovažují THIEL et al. (2012) za striktně vázanou na lokalitu původu, a proto k podpoře adaptační schopnosti doporučují místo výběru jedné optimální zdrojové proveniencí využívat raději přirozenou obnovu či směs více genotypů. Druh má i krajinářské a jiné využití. Dřevo je trvanlivé, bohaté na pryskyřici a lehce zpracovatelné (ISAJEV et al. 2004), jeho kvalita však závisí i na provenienci, růstových poměrech (ZEIDLER et al. 2010) a struktuře porostu (PAULE, RÉH 1975; TOKÁR 1979). Pro možnost srovnání s borovicí lesní je důležitý fakt, že populace v ČR zřejmě pocházejí z nejsevernějšího přirozeného výskytu v Rakousku, odkud se uvádí dřevo méně hodnotné (ZEIDLER et al. 2010). Negativní vliv na biodiverzitu, který bývá nejvýraznější u nepůvodních dřevin, jejichž areály jsou geograficky velmi vzdálené (WOHLGEMUTH et al. 2022), není u borovice černé v ČR významný. V určitých specifických situacích (např. při rekultivaci bývalých výsypek) je dokonce schopna zlepšovat úrodnost půdy.

Ke konci roku 2022 dosahovala v ČR její porostní plocha 3490 ha a zásoba 803 611 m³ (b. k.) při průměrném věku 96,58 let (eAGRI 2023). Možnosti využití druhu v ČR recentně shrnuli FULÍN a NOVOTNÝ (2020), GALLO et al. (2022), NOVOTNÝ et al. (2022, 2023) a VACEK et al. (2023). Při použití vhodné proveniencí ji NOVOTNÝ et al. (2022) považují z hlediska potenciálu lesnického využití pro změněné klimatické podmínky ČR za dřevinu vhodnou, pokud ji budoucí legislativa nezahrne mezi invazní nepůvodní druhy. K jejím pozitivům řadí většinou obdobnou produkci jako u borovice lesní, široké využití dřeva, toleranci k podkladu, imisím, suchu, větru, námraze, mrazům (s výjimkou časných), obdobné spektrum biotických škůdců jako u borovice lesní, možné uplatnění ve směsích s hlavními hospodářskými dřevinami a častou a dobrou úrodou semen s vysokou klíčivostí. Z negativ uvádějí např. nízkou odolnost k těžkému mokrému sněhu či vysoké

hladině podzemní vody, nepříznivé meliorační účinky, redukcí bylinného patra a potenciální riziko invazního chování.

Objektivní posouzení růstových reakcí potomstev geograficky vzdálených populací na odlišné prostředí míst výsadeb umožňují provenienční pokusy. Znalost vhodných oblastí původu reprodukčního materiálu pro zajištění dostatečné produkce kvalitní dřevní suroviny a udržení stability porostů v očekávaných proměnlivých ekologických podmínkách po dobu obmýtí je v moderním lesním hospodářství nezbytná. K tomu má přispět i předkládané zhodnocení růstu 9 proveniencí ověřovaných na dlouhodobé výzkumné ploše s borovicí černou ve středních Čechách na lokalitě č. 41 – Roblín ve věku 51 let.

MATERIÁL A METODIKA

Experiment byl založen na základě doporučení ověřit v ČR vybrané proveniencí z Rakouska (Videňský les), bývalé Jugoslávie, Řecka, Bulharska, Rumunska (Banát), italské Kalábie (známé rychlým růstem, dobrou produkcí, tvárností kmene a relativní odolností k mrazu), Korsiky (půdy na zvětralých kyselých horninách), osvědčenou kulturní provenienci Koekelare z Belgie a domácí proveniencí (Český kras). Vyloučeny měly být proveniencí ze Španělska, jižní Francie, Turecka ap., které by v našich podmínkách trpěly mrazem (ŠINDELÁŘ 1979).

Výzkumná plocha č. 41 – Roblín je součástí původně dvoučlenné série založené dnešním Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., v roce 1971 (stav druhé plochy č. 42 – Bílina již hodnocení neumožňuje). Na ploše č. 41 je vysazeno 9 proveniencí původem ze 7 zemí (tab. 1). Proveniencí 1–4 a 7–9 jsou autochtonního původu, proveniencí 5 a slovenská PN mají kulturní původ (ŠINDELÁŘ 1979).

Plocha o výměře 0,36 ha se nachází v PLO 8b – Český kras na lokalitě Roblín (porost 23 F6a). Terén je rovinatý, geologický podklad je tvořen devonskými vápenci, které zvětrávají v hlinité až hlinitojilovité půdy typu pravých až degradovaných rendzin. Typologicky jde o vápencovou bukovou doubravu (SLT 2W). Podle reprodukováné mapy Atlasu podnebí ČSSR (TOLASZ et al. 2007) se výsadba nachází v okrsku mírně teplém (průměrná roční teplota 8,5–9,0 °C), mírně suchém (roční

Tab. 1.

Charakteristika proveniencí borovice černé vysazených na výzkumné ploše
Characteristics of European black pine provenances planted on the research plot

Provenience/Provenance	Stát/Country	Severní zeměpisná šířka/Latitude	Východní zeměpisná délka/Longitude	Nadmořská výška/Elevation [m n. m./m a.s.l.]
1 – Škrta Nišan, Banja Luka	Bosna a Hercegovina (BIH)	17° 21'	43° 59'	1 150
2 – Crni Vrh 36c, Titovo Užice	Srbsko (SRB)	19° 34'	43° 36'	1 000
3 – Prušačka Rjeka, Banja Luka	Bosna a Hercegovina (BIH)	17° 22'	44° 04'	750–950
4 – Deliblatski Piesok, Pančevo	Srbsko (SRB)	20° 50'	44° 48'	132
5 – Južna Kandija, Osijek	Chorvatsko (HR)	17° 42'	45° 26'	300–500
7 – Küstendil, Osogovska	Bulharsko (BG)	22° 08'	42° 08'	1 500
8 – Katerini, Pieria Mts., Olympos	Řecko (GR)	22° 30'	40° 05'	1 600
9 – Les Barres, Oise	Francie (F)	02° 12'	48° 10'	150
PN – Liptovský Hrádok	Slovensko (SK)	19° 40'	40° 05'	700

úhrn srážek ca 500 mm). Průměrná lednová teplota je většinou nižší než -3 °C, Langův dešťový faktor se pohybuje okolo hodnoty 65 (přechodná oblast semiaridní až semihumidní s relativně krátkým jarem). Maximální srážky nastávají v květnu a červenci, zimní měsíce bývají srážkově chudé.

Plocha ve tvaru čtverce je uspořádána v kompletních znáhodněných blocích se čtyřnásobným opakováním, tj. celkem $9 \times 4 = 36$ parcel. Rozměr parcel je 10 m \times 10 m, spon výsadby 2 m \times 1 m, počet sazenic na parcele 50 ks, tj. původně 200 od každé provenience (BERAN, ŠINDELÁŘ 1996).

Měření proběhlo na jaře 2020 ve věku 51 let. Předmětem hodnocení u každého jedince byly celková výška, výčetní tloušťka a dále kvalitativní charakteristiky posuzované podle následujících stupnic: tvárnost kmene (1 – zcela přímý; 2 – jednostranně zakřivený v přízemní části; 3 – jednostranně zakřivený po celé délce; 4 – esovitě prohnutý; 5 – vícenásobně prohnutý, zvlněný), zdravotní stav (1 – výborný; 2 – mírně zhoršený, počínající symptomy; 3 – zhoršený, výrazné symptomy; 4 – výrazně zhoršený, odumírající; 5 – odumřelý), tloušťka větví v koruně (1 – jemné, $< \frac{1}{10}$ tloušťky kmene v místě větvení; 2 – hrubší, $\geq \frac{1}{10} < \frac{1}{4}$ tloušťky kmene; 3 – hrubé, $\geq \frac{1}{4} < \frac{1}{2}$ tloušťky kmene; 4 – tlusté, $\geq \frac{1}{2}$ tloušťky kmene), mechanické poškození kmene (1 – bez poškození; 2 – poškození pouze ve vrcholové části; 3 – vícenásobný zlom, dobrý zárůst; 4 – vícenásobný zlom, špatný zárůst; 5 – poškození ve spodní části), hustota koruny (1 – řidší, 2 – hustá), točítost kmene (1 – žádná, 2 – mírná, 3 – výrazná), čištění kmene pod zelenou korunou (1 – celý kmen bez odumřelých nebo zelených větví, 2 – spodní $\frac{2}{3}$ kmene bez větví, 3 – spodní $\frac{1}{3}$ kmene bez větví; 4 – spodní $\frac{1}{3}$ kmene bez větví, 5 – větve na celém kmenu), průřez kmene (1 – kruhový, 2 – eliptický, 3 – nepravidelný), sbíhavost kmene (1 – plnodřevnost, 2 – mírná, 3 – výrazná). Vzhledem k postupujícímu prosychání borovic byl zdravotní stav kromě výše uvedeného hodnocení navíc detailněji zjišťován pomocí míry defoliace (0–100 %, odstupňováno po 5 %).

Statistické vyhodnocení výsledků bylo provedeno s využitím programů NCSS 10.0.6, QC.Expert 3.3.6.5, Statistica Cz 12 a PAST 2.17c. K ověření normality rozdělení byl na základě publikovaných postupů

(HINTZE 2015; MELOUN, MILITKÝ 2017; MELOUN et al. 2017) použit Shapiro–Wilkův test; pro vyhodnocení významnosti rozdílů pak analýza rozptylu (ANOVA), resp. neparametrický Kruskalův–Wallisův test (K–W), a pro popis korelovaných znaků metoda hlavních komponent (PCA), která vycházela z mediánů proměnných.

VÝSLEDKY

Celkově bylo na výzkumné ploše ve věku 51 let změřeno 306 borovic. Nejvíce jedinců rostlo u proveniencí 7 (44 ks), 2 (41) a 1 (37), nejnižší počet byl naopak zjištěn u proveniencí 9 (22 ks), 3 (31) a PN (32).

Průměrná výška na ploše činila 18,6 m (tab. 2; obr. 1). Výškové rozdíly mezi proveniencemi byly statisticky významné (K–W: DF = 8, N = 306, $\alpha = 0,05$). Nejvyšším výškovým růstem se vyznačovaly francouzská provenience 9 (medián 20,0 m) a srbská 2 (19,3 m). Nadprůměrných výšek dále dosahovaly řecká provenience 8 (18,9 m) a bulharská 7 (18,8 m). Nejslabší růst byl zjištěn u proveniencí 3 (17,7 m) a 1 (17,9 m) původem z Bosny a Hercegoviny.

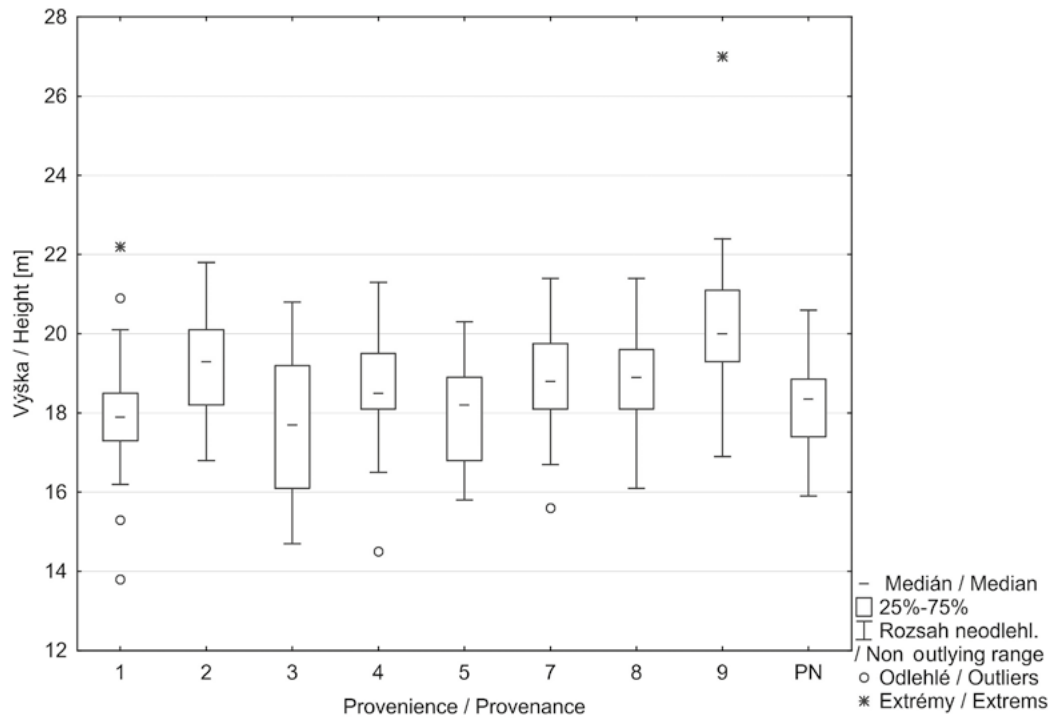
Průměrná výčetní tloušťka všech proveniencí činila 23,7 cm (tab. 2; obr. 2). Mezi potomstvy byly prokázány statisticky významné rozdíly (K–W: DF = 8, N = 306, $\alpha = 0,05$). Největší tloušťkový růst byl zjištěn u řecké proveniencí 8 (medián 25,6 cm), francouzské 9 (25,3 cm) a bulharské 7 (24,8 cm). Nejvýrazněji v tomto ukazateli zaostávala provenience 3 z Bosny a Hercegoviny (17,7 cm) a podprůměrně rostly i chorvatská 5 a srbská 4 (shodně 21,7 cm).

Nejtvárnějšími kmeny (tab. 3) se vyznačovala bulharská provenience 7 (48 % kmenů v klasifikační třídě 1, 41 % v klasifikační třídě 2), kterou následovaly francouzská 9 (45 % tř. 1, 36 % tř. 2) a srbská 2 (41 % tř. 1, 44 % tř. 2). Nejvíce vícenásobně prohnutých kmenů bylo zjištěno u proveniencí 8 (13 % tř. 5) a 5 (10 % tř. 5). V ukazateli zdravotní stav vynikaly francouzská provenience 9 (91 % tř. 1, 5 % tř. 2), bulharská 7 (86 % tř. 1, 9 % tř. 2), srbská 2 (83 % tř. 1, 7 % tř. 2) a řecká 8 (80 % tř. 1, 10 % tř. 2), naopak nejhůře byly hodnoceny provenience 4 (jen 53 % tř. 1, navíc 17 % tř. 5) a 1 (54 % tř. 1, 14 % tř. 5). Analogické výsledky jsou patrné z detailnějšího hodnocení defoliace (tab. 2). Nejtenčími

Tab. 2.

Medián výšek, výčetních tlouštěk a podíl jedinců v 5% intervalech defoliace (věk 51 let)
Median of heights, dbh and proportion of individuals at 5% defoliation intervals (age 51 years)

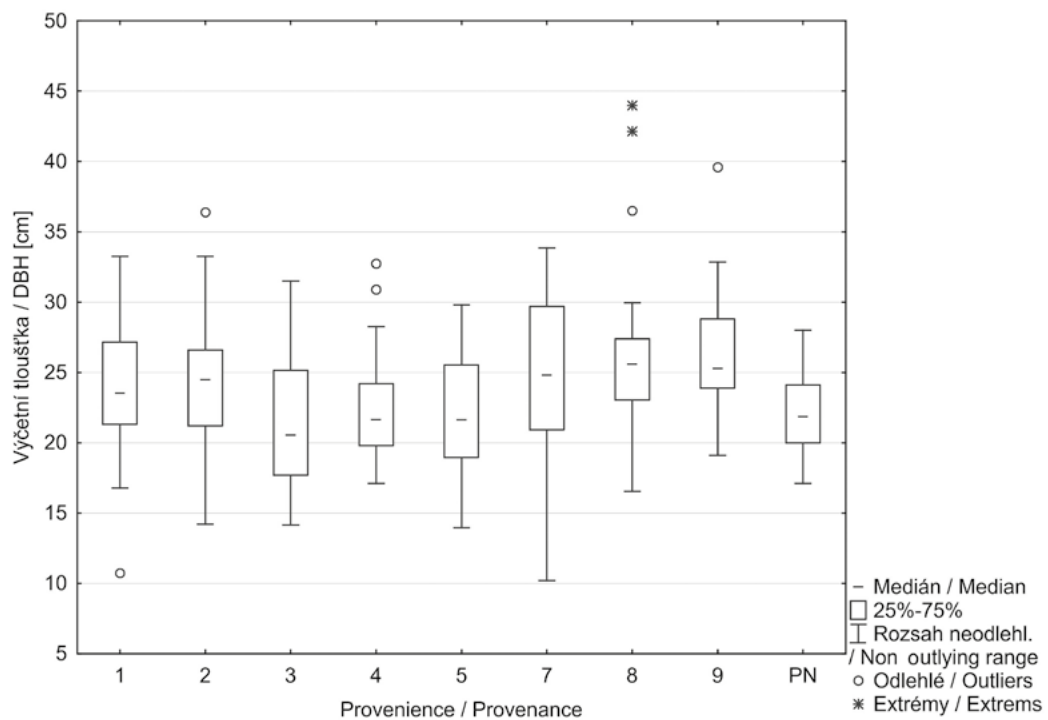
Provenience/ Provenance	Výška/ Height (m)	$D_{1,3}$ /DBH (cm)	Defoliace/Defoliation																				
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	18,0	23,8	8	14	38	11	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16
2	19,1	24,2	10	32	15	17	7	2	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	5	5
3	17,7	22,1	16	19	29	16	3	3	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	18,7	22,5	20	13	10	13	10	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7	17
5	18,0	22,1	5	18	15	28	15	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5
7	18,8	24,8	45	20	16	5	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
8	18,9	26,3	20	37	10	3	7	0	10	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3
9	20,4	26,3	36	45	5	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
PN	18,2	22,2	3	6	22	31	0	9	6	0	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3	3	0	0
Průměr/Mean	18,6	23,7	18	23	18	15	5	3	3	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	4	5

**Obr. 1.**

Srovnání výškového růstu proveniencí

Fig. 1.

Comparison of height growth of provenances

**Obr. 2.**

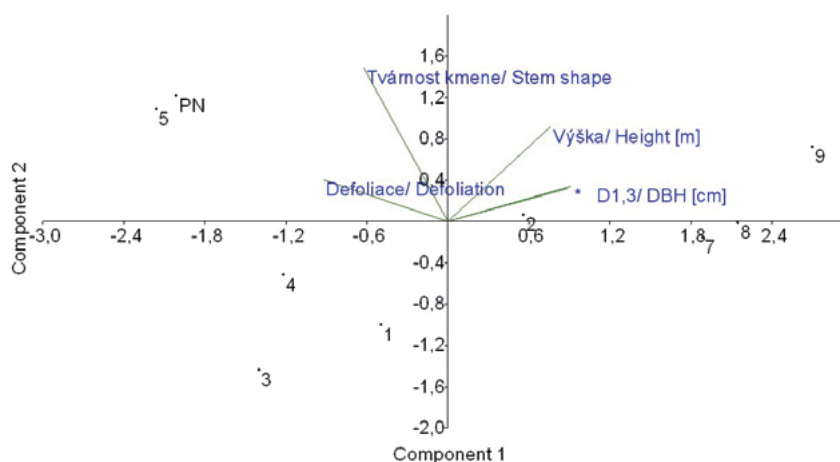
Srovnání tloušťkového růstu proveniencí

Fig. 2.

Comparison of thickness growth of provenances

větvemi (tab. 3) vynikaly provenience 2 (12 % tř. 1, 83 % tř. 2) a 3 (10 % tř. 1, 90 % tř. 2), o něco hrubšími větvemi se vyznačovala srbská provenience 4 (90 % tř. 2, 10 % tř. 3). Největší podíl řídkých korun vykazovala kulturní slovenská PN (78 % tř. 1), největší převahu hustých korun měla naopak bulharská 7 (70 % tř. 2). Znak průřez kmene byl jen málo proměnlivý, o něco více eliptických kmenů měly provenience 1 z Bosny a Hercegoviny (8 %) a 2 ze Srbska (7 %). Podílem plnodřevných kmenů vynikaly především řecká provenience 8 (43 %) a srbská 4 (40 %), ale jejich uspokojivý podíl měla i provenience 2 (34 %), výrazně sbíhavé kmeny se prakticky nevyskytovaly. Poškození, točitosti a čištění kmene není věnována bližší pozornost, protože se v rámci těchto ukazatelů provenience ukázaly jako minimálně variabilní.

V rámci PCA byly z důvodu minimální proměnlivosti vyloučeny redundantní proměnné točitost, čištění, průřez, sbíhavost a poškození kmene, jakož i zdravotní stav a tloušťka větví. Na základě Cattelova indexového grafu úpatí vlastních čísel se jako podstatné pro vysvětlení variability v datech (celkem 86,8 %) ukázaly první 2 hlavní komponenty. Největší význam pro vysvětlení rozdílů mezi proveniencemi měly znaky výčetní tloušťka, hustota koruny a defoliace, které se nejvíce podílely na 1. hlavní komponentě (obr. 3), zatímco ve směru 2. hlavní komponenty se nejvíce uplatnil znak tvárnost kmene. Velmi těsně spolu pozitivně korelovaly výčetní tloušťka a hustota koruny, které logicky pozitivně korelovaly i s výškou a negativně s defoliací. Zajímavě se projevil obě provenience kulturního původu, tj. sloven-



Obr. 3.

Výstup PCA – dvojný graf porovnávající objekty a znaky v prostoru hlavních komponent 1 a 2; * odpovídá znaku hustota koruny (PAST 2.17c)
Results of PCA – biplot which compare objects and traits in dimension of principal components 1 and 2; * corresponds to the trait crown density (PAST 2.17c)

Tab. 3.

Podíl jedinců v % v jednotlivých třídách kvalitativních charakteristik proveniencí (věk 51 let)
Proportion of individuals in % in individual classes of qualitative characteristics of proveniences (age 51 years)

Provenience/ Provenience	Tvárnost kmene/Stem shape					Zdravotní stav/Health state					Tloušťka větví/Diameter of main branches				Poškození kmene/Stem damage					Hustota koruny/Crown density		Točitost kmene/Twisted growth			Čištění kmene/Stem nature pruning					Průřez kmene/Stem cross-section			Sbíhavost kmene/Stem taper		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3
1	19	49	22	5	5	54	24	3	5	14	8	86	5	0	92	8	0	0	0	59	41	100	0	0	5	95	0	0	0	89	8	3	16	84	0
2	41	44	10	5	0	83	7	0	5	5	12	83	5	0	90	10	0	0	0	51	49	100	0	0	0	98	2	0	0	93	7	0	34	66	0
3	35	52	6	0	6	74	23	3	0	0	10	90	0	0	94	3	0	0	3	55	45	100	0	0	0	90	10	0	0	94	6	0	16	84	0
4	20	47	23	3	7	53	23	0	7	17	0	90	10	0	90	3	0	0	7	53	47	100	0	0	7	90	3	0	0	97	3	0	40	60	0
5	18	28	31	13	10	79	5	3	8	5	8	92	0	0	87	5	0	0	8	51	49	100	0	0	0	97	3	0	0	95	5	0	28	72	0
7	48	41	5	7	0	86	9	0	2	2	9	89	2	0	93	5	0	0	2	30	70	100	0	0	0	95	5	0	0	91	2	7	27	73	0
8	30	43	10	3	13	80	10	3	3	3	7	87	7	0	97	3	0	0	0	43	57	100	0	0	0	87	13	0	0	97	3	0	43	57	0
9	45	36	14	5	0	91	5	0	5	0	5	95	0	0	95	5	0	0	0	41	59	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	23	77	0
PN	9	22	41	19	9	69	19	3	9	0	0	97	3	0	91	9	0	0	0	78	22	97	3	0	3	94	3	0	0	97	0	3	16	84	0

ská PN – Liptovský Hrádok a chorvatská 5 – Južna Kandija, Osijek, které v grafu zaujaly téměř identickou polohu v rámci 2. kvadrantu.

Při souhrnném posouzení z hlediska kvantitativních i kvalitativních znaků se jako nejlepší projeví francouzská provenience 9 – Les Bares, Oise, která vynikala ve výškovém i tloušťkovém růstu, zdravotním stavu a tvárnosti kmene, a srbská provenience 2 – Crni Vrh, Titovo Užice, která byla kromě rychlosti růstu, tvárnosti kmene a zdravotního stavu pozitivně hodnocena i v tloušťce hlavních větví. Jako méně vhodné se jeví provenience 3 – Prušačka Rjeka, Banja Luka z Bosny a Hercegoviny (horší růst, čištění, průřez a sblhavost kmene) a chorvatská 5 – Južna Kandija, Osijek (horší růst, tvárnost kmene a zdravotní stav).

DISKUSE

Při hodnocení v 51 letech bylo na ploše zaznamenáno o 101 méně jedinců než před 10 lety. Již v období 2009–2011 (NOVOTNÝ et al. 2012) zde docházelo k odumírání stromů a značná část jedinců vykazovala známky zhoršeného zdravotního stavu zejména vlivem vác-lavky (*Armillaria* sp.) a zřejmě i kořenovníku vrstevnatého (*Heterobasidion annosum*), příp. kuželíku borového (*Sphaeropsis sapinea*) aj. Z významných hmyzích škůdců byli zastíženi tesařící (*Rhagium* sp.), smoláci (*Pissodes* sp.) a lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*), ale vliv měly zřejmě i druhy korunových partií, které zjišťovány nebyly. Lze předpokládat, že obdobné spektrum škůdců se podílelo i na dalším průběhu redukce borovic.

Předchozí hodnocení provenienční plochy se uskutečnila na jaře 1974 ve věku 6 let (ŠINDELÁŘ 1979), na podzim 1995 ve věku 27 let (BERAN, ŠINDELÁŘ 1996, 2000) a v červnu 2010 ve věku 41 let (NOVOTNÝ et al. 2012). V 6 letech byly zjišťovány údaje o výšce, výčetní tloušťce, tvárnosti kmene a zdravotním stavu, ve věku 27 let navíc hustota koruny a tloušťka větví, ke kterým ve 41 letech opět přibyl zdravotní stav.

Změny v pořadí proveniencí podle dosahovaných výšek a výčetních tlouštěk, k nimž mezi jednotlivými měřeními docházelo, jsou komentovány v předchozí práci (NOVOTNÝ et al. 2012). Obecně docházelo k výrazným změnám, a to u všech proveniencí s výjimkou bosenské 1. Také v desetiletém mezidobí od posledního měření došlo u výšek i výčetních tlouštěk k větším přesunům. Provenience 9, která byla ve 27 i 41 letech druhá nejvyšší, se v 51 letech posunula na první místo. Také před 10 lety třetí provenience 2 si o jednu pozici polepšila. Na poslední místo se vrátila provenience 3 a předposlední je nově doposud vždy pátá provenience 1. V tloušťkovém růstu došlo k ještě větším změnám, na čemž se nepochybně podílí postupný pokles počtu stromů na ploše. První tři pořadí nově zaujímají provenience 8 (ve 41 letech sedmá), 9 (41 let osmá) a 7 (41 let devátá). Potvrdil se tak známý fakt, že k posuzování výkonu proveniencí je vhodnější výškový růst. Ovlivnění ověřovaných proveniencí v důsledku změn zdravotního stavu borovic způsobovaných měnícím se klimatem v průběhu experimentu umožňuje hodnotit nejen produkci, ale současně i odolnost, což je velmi cenné. Pokud by byla výzkumná plocha i nadále hodnotitelná, bylo by vhodné alespoň v omezené míře měření ještě jednou zopakovat.

Porovnání kvalitativních charakteristik proveniencí ve věku 27 let a 41 let lze opět nalézt v předchozí práci (NOVOTNÝ et al. 2012). S novým měřením v 51 letech je komparace možná ve čtyřech ukazatelích, byť nejsou klasifikační stupnice díky nově aplikovanému jemnějšímu členění pro zvýšení přesnosti hodnocení vždy zcela totožné. V tvárnosti kmene vyniká i nadále provenience 2 a dále dvě provenience (7, 9), které byly z tohoto pohledu nejlépe hodnoceny při vůbec prvním sledování ukazatele ve 27 letech. Podíl jedinců se zcela rovnými kmeny se celkově oproti stavu ve 41 letech mírně zhoršil. Jiné jsou i provenience s největším podílem netvárných kmenů (8, 5, PN). Důvod je opět třeba hledat v proběhlé přirozené selekci na odolnost k měnícímu se

prostředí (zejména vliv sucha). Velký podíl řídkých korun si zachovává provenience 1 a mezi tři nejlepší se vrátila PN. Nejvíce hustších korun má i nadále provenience 9 a obdobně jako ve 27 letech převládají husté koruny opět i u proveniencí 7 a 8. Příznivou tloušťku hlavních větví si zachovává provenience 7 a mezi nejlepší se od hodnocení ve 27 letech vrátili i provenience 2 a 3. Hrubé ani tlusté větve po zavedení jemnější klasifikační stupnice se u žádné provenience prakticky nevyskytovaly. Poprvé bylo možné srovnání zdravotního stavu, kde se mezi třemi nejlepšími udržela pouze provenience 9, rozdíly však nebyly zásadní. Větší podíl odumřelých jedinců byl opakovaně zjištěn u proveniencí 4 a 1.

Provenienční pokusy s borovicí černou byly kromě Evropy založeny např. i v USA či na Novém Zélandu (ISAJEV et al. 2004). Příčinou značných rozdílů v růstu potomstev ověřovaných zdrojů je disjunktivní druhový areál s odlišnými ekologickými podmínkami (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Nejlépe se projeví provenience původem z Korsiky a jižní Itálie (Kalábrie) na silikátovém podkladu, které se vyznačují vynikající tvárností kmene a habitem větvení, nejvyšší objemovou produkcí a odolností k zimním a pozdním mrazům (s výjimkou severu a středu USA). Nejméně výhodným nedostatkem bylo vidličnaté větvení, které je podmíněno geneticky a vysoce koreluje s polycyklickým růstem a úhlem nasazení větví. V suchém klimatu Anatólie je růst druhu pomalý (ISAJEV et al. 2004). MUSIL a HAMERNÍK (2007) uvádějí, že se ve srovnávacích pokusech nejlépe osvědčují provenience z bývalé Jugoslávie. Mezi dobře rostoucí řadí dále i provenience z Korsiky a Kalábrie, které však údajně málo odolávají mrazům. Z 28 proveniencí hodnocených v 11 letech na jihu Polska (RACHWAŁ, OLEKSYN 1987) rostly nejrychleji rakouské, jugoslávské, korsické a kulturní polské, nejpomaleji pak turecké, italské a francouzské provenience. Také na třech suchých vápencových stanovištích v jz. Německu, kde byly hodnoceny čtyři provenience z Rakouska, Bosny, Itálie a Korsiky do věku 49 let, vykazovala nadprůměrné výškové přírůsty korsická provenience (ŠEHO et al. 2010). Na výzkumné ploše č. 41 – Roblín korsický a kalábrijský původ zastoupen není, pokud však jde o provenience z bývalé Jugoslávie, přestože je jich zde ověřováno celkem pět, patří mezi nejlepší pouze srbská 2 – Crni Vrh. ŠEHO et al. (2010) uvádějí z jz. Německa ve 49 letech horní porostní výšku $h_{100} = 13,95$ m, tj. o poznání nižší, než činí střední výška na ploše č. 41, která v téměř shodném věku 51 let dosahuje 18,6 m. V podmínkách severního Německa (STRATMANN 1984) pak korsické provenience dorostly ve stáří 92–97 let výšky 27,6–30,2 m (max. 33,2 m) a výčetní tloušťky 36,4–42,4 cm (max. 67,6 cm); u borovic s tímto původem lze proto očekávat obdobný vzrůst i u nás.

V ČR se produkcí borovice černé v poslední době zabývali PODRÁZSKÝ et al. (2020), kteří srovnávali růst 7 druhů borovic v Arboretu FLD Kostelec nad Černými lesy ve věku 35 let, a dále VACEK et al. (2021), kteří srovnávali růst 9 introdukovaných a 3 domácích druhů dřevin ve věku 48 let v Arboretu Antonín na bývalé výspě na Sokolovsku. PODRÁZSKÝ et al. (2020) u borovice černé zaznamenali statisticky významně nižší výšky (14,3 m), výčetní tloušťky (21,7 cm) a objem kmene (0,237 m³) než u borovice lesní (16,21 m, 23,3 cm, 0,311 m³). VACEK et al. (2021) borovici černou (15,1 m, 15,4 cm) zařadili spolu s douglaskou tisolistou a borovicí lesní mezi tři dřeviny s nejvyšší dřevní produkcí, biomasou a zásobou uhlíku. Výsledky z obou prací zaměřené na borovici černou shrnuli společně s hodnocením provenienční výsadby této dřeviny v plzeňském Arboretu Sofronka PODRÁZSKÝ et al. (2022), kteří konstatovali, že se v případě užití vhodné provenience může produkci výrazně blížit borovici lesní. Srovnání provenienční plochy č. 41 je možné především s lokalitou Sofronka, kde je ve věku ca 55 let spolu se 3 bulharskými proveniencemi borovice rumelské ověřováno 10 proveniencí borovice černé pocházejících ze Španělska, Bulharska, Slovinska, Belgie, Francie a Maďarska, z nichž však není žádná totožná se spektrem zastoupeným na ploše Roblín. V o něco vyšším věku roste na Plzeňsku nejlépe kulturní belgická provenience Koekelare (23,37 m, 29,3 cm, 0,738 m³), zatímco nejnižších výšek

zde dosahují provenience Cazorla ze Španělska (17,6 m) a francouzská St. Guilhem (17,84 m). Růst na obou výsadbách je tedy obdobný.

ZÁVĚR

Domácí provenienční výzkum borovice černé dokládá, že při výběru vhodných proveniencí lze v ČR na sušších a teplejších lokalitách vypěstovat perspektivní porosty této dřeviny. V rámci hodnocení provenienčního experimentu ve středních Čechách ve věku 51 let se v kvantitativních i kvalitativních znacích nejlépe osvědčily francouzská provenience 9 – Les Barres, Oise, která vyniká ve výškovém i tloušťkovém růstu, zdravotním stavu a tvárnosti kmene, a srbská 2 – Crni Vrh, Titovo Užice, která kromě rychlosti růstu, tvárnosti kmene a zdravotního stavu vyniká i v tloušťce hlavních větví. Hůře jsou hodnoceny provenience 3 – Prusačka Rjeka, Banja Luka z Bosny a Hercegoviny a chorvatská 5 – Južna Kandija, Osijek. Největší význam pro vysvětlění rozdílů mezi proveniencemi měly výčetní tloušťka, hustota koruny a defoliace.

Zhoršující se zdravotní stav borovice černé, který je patrný v posledních letech, však zároveň nabádá k větší opatrnosti, pokud jde o doporučení pro budoucí využívání této dřeviny. Pro schopnost odolávat tlaku škodlivých činitelů a dožít se v dobré kondici mýtního věku je klíčový dobrý zdravotní stav (nízká míra defoliace). Potvrdilo se, že provenience dosahující větších dendrometrických parametrů (výšky a tloušťky) mají současně nižší defoliaci, tj. mají i vyšší odolnostní potenciál.

Poděkování:

Príspevek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QK22020045 a s využitím institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0123.

LITERATURA

- BERAN F., ŠINDELÁŘ J. 1996. Další vývoj proveniencí borovice černé (*Pinus nigra* /Arnold/) na výzkumné ploše 41 – Roblín (přírodní lesní oblast 8b – Český kras). *Lesnictví – Forestry*, 42 (11): 500–509.
- BERAN F., ŠINDELÁŘ J. 2000. Further growth of provenances of European black pine (*Pinus nigra* Arnold) on the research plot 41 – Roblín (natural forest area 8a – Český kras). *Communications Instituti Forestalis Bohemicae*, 19: 43–57.
- BUSINSKÝ R. 2008. The genus *Pinus* L., pines. Contribution to knowledge. *Acta Pruhoniana*, 88: 126 s.
- BUSSOTTI F. 2002. *Pinus nigra* Arnold. In: Pines of silvicultural importance. Wallingford–New York, CAB International: 266–285.
- DAISIE. 2009. Handbook of Alien species in Europe. Dordrecht, Springer: 399 s.
- DESPREZ-LOUSTAU M-L., MARÇAIS B., NAGELEISEN L-M., PIOUS D., VANNINI A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*, 63: 597–612. DOI: 10.1051/forest:2006040
- eAGRI. 2023. Informace o stavu lesa a myslivosti v ČR [online] [cit. 10-10-2023] Dostupné z/Available on: <<https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml>>
- FARJON A. 2010. A handbook of the world's conifers. Vol. II. Leiden, 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, Brill: 512 s.
- FULÍN M., NOVOTNÝ P. 2020. Lesnický význam borovice černé (*Pinus nigra* J. F. Arnold) v ČR. In: Potenciál méně zastoupených introdukovaných dřevin v lesním hospodářství České republiky. Sborník ze semináře. Kostelec nad Černými lesy, 25. 8. 2020. Praha, Česká lesnická společnost: 16–20.
- GALLO J., VACEK S., VACEK Z., PODRÁZSKÝ V., BALÁŠ M. 2022. Borovice černá a její význam v evropských a českých lesích. In: Nové poznatky ve výzkumu introdukovaných dřevin. Sborník příspěvků ze semináře. Kostelec nad Černými lesy, 28. 6. 2022. Praha, Česká lesnická společnost: 30–38.
- GREGOROVÁ B., ČERNÝ K., HOLUB V., STRNADOVÁ V., ROM J., ŠUMPICH J., KLOUDOVÁ K. 2006. Poškození dřevin a jeho příčiny. Praha, AOPK; Průhonice, VÚKOZ: 361 s.
- HINTZE J.L. 2015. Chapter 430 “Correspondence Analysis”. In: NCSS Help System. Kaysville, NCSS: 15 s.
- ISAJEV V., FADY B., SEMERCI H., ANDONOVSKI V. 2004. European black pine *Pinus nigra*. EUFORGEN technical guidelines for genetic conservation and use. Rome, International Plant Genetic Resources Institute: 6 s.
- JANKOVSKÝ L., PALOVČÍKOVÁ D. 2003. Dieback of Austrian pine – the epidemic occurrence of *Sphaeropsis sapinea* in southern Moravia. *Journal of Forest Science*, 49 (8): 389–394.
- KŘIVÁNEK M. 2006. *Pinus nigra* Arnold, 1785. In: Mlíkovský, J., Stýblo, P. (eds.): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha, ČSOP: 142–143.
- MELOUN M., MILITKÝ J. 2017. Kompendium statistického zpracování dat. Praha, Karolinum: 982 s.
- MELOUN M., MILITKÝ J., HILL M. 2017. Statistická analýza vícerozměrných dat v příkladech. Praha, Karolinum: 757 s.
- MUSIL J., HAMERNÍK J. 2007. Jehličnaté dřeviny. Lesnická dendrologie 1. Praha, Academia: 352 s.
- NOVOTNÝ P., MODLINGER R., PEŠKOVÁ V., ČÁP J. 2012. Vyhodnocení růstu a zdravotního stavu proveniencí borovice černé (*Pinus nigra* Arnold) ve středních Čechách ve věku 41 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (3): 266–273.
- NOVOTNÝ P., FULÍN M., BAŽANT V. 2022. Katalog taxonů introdukovaných dřevin s potenciálem lesnického využití na stanovištích s nižší dostupností vláhy. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 196 s. Lesnický průvodce 1/2022.
- NOVOTNÝ S., GALLO J., BALÁŠ M., KUNEŠ I., FUCHS Z., BRABEC P. 2023. Silvicultural potential of the main introduced tree species in the Czech Republic – review. *Central European Forestry Journal*, 69 (3): 188–200.
- PAULE L., RÉH J. 1975. Produkční možnosti borovice čiernej (*Pinus nigra* var. *austriaca* Arnold). *Lesnictví*, 21 (12): 1077–1092.
- PERGL J., SÁDLO J., PETRUSEK A., LAŠTŮVKA Z., MUSIL J., PERGLOVÁ I., ŠANDA R., ŠEFROVÁ H., ŠÍMA J., VOHRALÍK V., PÝŠEK P. 2016a. Black, grey and watch lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*, 28: 1–37. DOI: 10.3897/neobiota.28.4824
- PERGL J., SÁDLO J., PETRUSEK A., PÝŠEK P. 2016b. Seznam prioritních invazivních druhů pro ČR. *Ochrana přírody*, 71 (2): 29–33, XVIII–IXX.

- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2001. *Mycosphaerella pini* Rostrup ap. Munk – červená sypavka borovic. Lesnická práce, 80 (12), příloha LOS: 4 s.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., LUBOJACKÝ J. 2015. Největší fytopatologické problémy posledních 20 let. Zpravodaj ochrany lesa, 18: 59–65.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK Z., VACEK S., VÍTÁMVÁS J., GALLO J., PROKŮPKOVÁ A., D'ANDREA G. 2020. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) vs. introduced pines – case study and problem review. Journal of Forest Science, 66 (5): 197–207.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK Z., NOVOTNÝ S., KAŇÁK J. 2022. Zhodnocení pokusných výsadeb borovice černé v podmínkách ČR. In: Nové poznatky ve výzkumu introdukovaných dřevin. Sborník příspěvků ze semináře. Kostelec nad Černými lesy, 28. 6. 2022. Praha, Česká lesnická společnost: 39–44.
- RACHWAŁ L., OLEKSYN J. 1987. Growth and development of black pine (*Pinus nigra* Arn.) and Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) in the Niepołomice forest provenance experiments. Acta Agraria et Silvestriaria, series Silvestris, 26: 163–181.
- SOUKUP F., PEŠKOVÁ V. 2005. Odumírání borovic. In: Kapitola, P. Baňar, P. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2004 a jejich očekávaný stav v roce 2005. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 46–47. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2005: 46–47.
- SPELLMANN H., QUITT S., KLEMMT H-J., HÄGER U. 2015. Schwarzkiefer (*Pinus nigra* Arn.). In: Vor, T. et al. (eds.): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten: Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Göttingen, Universitätsverlag Göttingen: 127–139 s.
- STRATMANN VON J. 1984. Zwei bemerkenswerte Altbestände mit Korsischer Schwarzkiefer in Norddeutschland. AFZ-der Wald, 39: 576–577.
- ŠEHO M., KOHNLE U., ALBRECHT A., LENK E. 2010. Wachstumanalysen von vier Schwarzkiefer-Provenienzen (*Pinus nigra*) auf trockenen Standorten in Baden-Württemberg. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 181: 104–116.
- ŠINDELÁŘ J. 1979. První výsledky výzkumu proveniencí borovice černé (*Pinus nigra* Arnold) v oblasti poškozované průmyslovými exhaláty. Práce VÚLHM, 54: 107–124.
- ŠINDELÁŘOVÁ J. 1987. Borovice černá a její populace ve Středočeské pahorkatině. Studie ČSAV, 7: 120 s.
- THIEL D., NAGY L., BEIERKUHNLIN C., HUBER G., JENTSCH A., KONNERT M., KREYLING J. 2012. Uniform drought and warming responses in *Pinus nigra* provenances despite specific overall performances. Forest Ecology and Management, 270: 200–208. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.01.034
- TOKÁR F. 1979. Borovica čierna – produkčná cudzokrajná drevina Malých Karpát. Les, 35 (8): 340–343.
- TOLASZ R. et al. 2007. Atlas podnebí Česka. Praha, Český hydrometeorologický ústav: 255 s.
- URBAN J. 2000. Role přísušků a biotických škodlivých činitelů v hynutí borovice černé. Zprávy lesnického výzkumu, 45 (1): 10–13.
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., LINDA R., PROKŮPKOVÁ A., PODRÁZSKÝ V., GALLO J., VACEK O., ŠIMŮNEK V., DRÁBEK O., HÁJEK V., SPASIĆ M., BRICHTA J. 2021. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? European Journal of Forest Research, 140: 1243–1266. DOI: 10.1007/s10342-021-01392-x
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., GALLO J., BAŽANT V., ZEIDLER A. 2023. Role of black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold) in European forests modified by climate change. European Journal of Forest Research, 142 (6): 1239–1258.
- WOHLGEMUTH T., GOSSNER M.M., CAMPAGNARO T., MARCHANTE H., VAN LOO M., VACCHIANO G., CASTRO-DÍEZ P., DOBROWOŁSKA D., GAZDA A., KEREN S., KESERŮ Z., KOPROWSKI M., LA PORTA N., MAROZAS V., NYGAARD P.H., PODRÁZSKÝ V., PUCHAŁKA R., REISMAN-BERMAN O., STRAIGYTĚ L., YLIOJA T., PÖTZELSBERGER E., SILVA J.S. 2022. Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. NeoBiota, 78: 45–69. DOI: I:10.3897/neobiota.78.87022
- ZEIDLER A., GRÝC V., VAVRČÍK H., BOMBA J. 2010. Dřevo borovice černé. Lesnická práce, 89: 299.

EVALUATION OF GROWTH OF EUROPEAN BLACK PINE (*PINUS NIGRA* ARNOLD) PROVENANCES IN CENTRAL BOHEMIA AT THE AGE OF 51 YEARS

SUMMARY

The evaluation of 9 European black pine (*Pinus nigra* Arnold) provenances was carried out on the research plot No. 41 – Roblín (Czech Republic) at the age of 51 years. The trial is located in Český kras (Bohemian Karst) at the Roblín locality (stand 23 F6a). The terrain is flat, the geological base is formed by Devonian limestones, which weather into loamy to loamy-clayey soils of the true to degraded rendzin type. Typologically, it is a limestone beech oak woodland (2W). The planting is located in a moderately warm (average annual temperature 8.5–9.0 °C) and moderately dry (annual precipitation approx. 500 mm) districts. The average January temperature is usually lower than -3 °C, the Lang rain factor is around 65 (transitional semiarid to semi-humid area with a relatively short spring). Maximum precipitation occurs in May and July, the winter months tend to be poor in terms of precipitation.

The trial has the shape of a square and it is arranged in complete random blocks with four repetitions, i.e. $9 \times 4 = 36$ plots in total. The size of the plot is 10 m × 10 m, planting spacing 2 m × 1 m, the number of seedlings on the plot is 50 pcs, i.e. originally 200 of each provenance. The tested provenances originated from 7 countries: Bosnia and Herzegovina, Serbia, Croatia, Bulgaria, Greece, France and Slovakia (Tab. 1). Seven provenances come from the autochthonous forest stands, two have a culture origin. Subjects of this evaluation were total height, dbh, stem form, health state, defoliation, diameter of main branches, stem damage, crown density, twisted growth, stem nature pruning, cross-section, and taper (Tab. 2 and 3; Fig. 1 and 2).

Ongoing provenance research of black pine shows that with the selection of suitable provenances it is possible to grow promising stands of this tree species in drier and warmer locations in the Czech Republic. The influence of the verified provenances due to changes in the health status of the pines caused by the changing climate during the experiment allows to evaluate not only the production, but also the resistance, which is very valuable. The best growth both in quantitative and qualitative traits was recognized for the provenance 9 – Les Barres, Oise (France) which was excellent in height growth, health status and stem shape, and also for the Serbian provenance 2 – Crni Vrh, Titovo Užice, which besides growth rate, stem shape and health state excelled also in diameter of main branches. Less suitable provenance seem to be 3 – Prušacka Rjeka, Banja Luka from Bosnia and Herzegovina (worse growth, stem nature pruning, cross-section and taper) and Croatian 5 – Južna Kandija, Osijek (worse growth, stem shape and health). The most important for explaining the differences between provenances were the diameter at the breast height, crown density and defoliation (Fig. 3).

However, the worsening of health status of black pine, which has been evident during past years, also calls for greater caution when it comes to recommendation for the future use of this tree species. Good health (low defoliation rate) is crucial for the ability to resist the pressure of harmful agents and live to a well-fit old age. It has been confirmed that provenances reaching higher dendrometric parameters (height and thickness) have lower defoliation at the same time, i.e. they also have a higher resistance potential.

Zasláno/Received: 30. 10. 2023

Přijato do tisku/Accepted: 23. 11. 2023