

POROVNANIE RASTU JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) V ROVNORODOM A ZMIEŠANÝCH PORASTOCH SMREKA, JEDLE A BUKA

COMPARISON OF GROWTH OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) IN PURE AND MIXED SPRUCE, FIR AND BEECH STANDS

IGOR ŠTEFANČÍK

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, Masarykova 22, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

e-mail: igor.stefancik@nlcsk.org

ABSTRACT

The paper deals with evaluation of silver fir growth in the four experimental plots situated in more-less monospecific or mixed spruce, fir and beech stands in Slovakia. No interventions on the mentioned plots were carried out for the investigated period of 45 to 50 years. Comparison of height growth course and selected quantitative characteristics (current annual basal area increment, relation between current annual diameter increment and crown width) were found. The results showed substantial decrease of silver fir from 7% to 30% out of total basal area, whereas original proportion was found 21–51%. On the contrary, the highest share was registered on all plots for beech. Actually, on pure fir stand the proportion of this species increased during the investigated period. On the mentioned stand, the best height growth was found in a consequence of the best site index, as well as the highest values of crown width and basal area increment. The closest relation between crown width and annual diameter increment was found on plots with the lowest number of trees. Results suggested that fir proportion and its growth in mixed stands with spruce and beech was markedly influenced by the latter tree species, which is considered to be a strong competitor under the given ecological conditions.

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

Kľúčové slová: *Abies alba*; smrek-jedľa-buk; samovývoj; výškový rast; kvantitatívne parametre

Key words: *Abies alba*; spruce-fir-beech; self-thinning; height growth; quantitative parameters

ÚVOD

Jedľa biela (*Abies alba* Mill.) patrí v prírodných podmienkach Slovenska k najvýznamnejším drevinám. Pôvodné zastúpenie jedle v lesoch Slovenska bolo 14,01 % (VLADOVIČ 2003), ale v súčasnosti kleslo na 4,1 % (SPRÁVA 2017). Od polovice 18. storočia (MÁLEK 1983), ale najmä v minulom storočí sa zaznamenalo výrazné odumieranie jedle na území Európy (CAPECKI, TUTEJA 1974; SEITSCHKEK 1981; IHM 1982; BECKER 1987). Aj keď sa výskumom jedle zaoberalo v minulosti veľa autorov, názory na jej odumieranie boli rozdielne. Za jednu z možných príčin chradnutia sa považovali klimatické vplyvy, najmä sucho a nedostatok zrážok (BECKER, LÉVY 1988). Ďalší autori pripisovali význam abiotickým škodlivým činiteľom (poškodenie mrazom) spolu s hmyzmi a hubovými škodcami, resp. koreňovou hnilobou (SIERPIŃSKI 1977; COURTOIS 1983). Niektoré práce zdôraznili dôležitosť pôdnej vlhkosti, vodného režimu a s tým súvisiace zásobovanie stromov rozpuštenými živinami (IHM 1982; LAUTENSCHLAGER 1989) a tiež melioračný účinok jedle (TŘEŠTÍK, PODRÁZSKÝ 2017). Značný počet autorov

dalo rozsiahle odumieranie jedle do súvisu so znečisteným ovzduším (ENCKE 1982; KRAMMER 1982), ktoré sa najmä od 70. rokov minulého storočia všeobecne považovalo za jednu z hlavných príčin novodobého poškodenia lesov v Európe (REHFUESS 1987). Publikované boli aj práce, kde sa zdôrazňuje nevhodný spôsob obhospodarovania lesných porastov s jedľou, resp. nerešpektovanie jej ekologických vlastností pri pestovných zásahoch (KORPEL 1985). Na základe uvedených štúdií sa jedľa pokladala za menej perspektívnu drevinu, s ktorou sa nemalo počítať vo výhľadovom drevinovom zložení porastov (POLENO 1977). Napriek týmto úvahám ČERNÝ (1989) konštatoval, že odumieranie jedle skončilo okolo roku 1980. Pokles rastu jedle v období rokov 1960 až 1980 sa potvrdil aj dendrochronologickými analýzami, ale zároveň sa od roku 1980 zistila aj revitalizácia jedle (OLIVA, COLINAS 2007; ELLING et al. 2009), ktorú potvrdil ďalší výskum (ZAWADA 2001; BOŠEĽA et al. 2014).

V súvislosti s prebiehajúcou klimatickou zmenou sa v ostatných rokoch pozornosť výskumu zameriava na dopady jej najčastejších pre-

javov (sucho, vysoké teploty ovzdušia, zrážkový deficit) na rast a vývoj jedle (LINARES, CAMARERO 2012; CAILLERET et al. 2014). Jedným z problémov revitalizácie a rastu jedle v súčasných podmienkach (KOBAL et al. 2015; LATREILLE et al. 2017) je jej obnova, ktorá závisí od viacerých faktorov (DOBROWOLSKA 1998; FICKO et al. 2011). Medzi najdôležitejšie opatrenia patria optimálne spôsoby pestovanie jedle (ELLING et al. 2009; VACEK et al. 2015) a jej ochrana proti zveri (VACEK et al. 2014, 2015; FICKO et al. 2016; BERNARD et al. 2017). Určitým východiskom z tejto nepriaznivej situácie môže byť pestovanie jedle v nerovnovekých, zmiešaných porastoch (ADAMIC et al. 2017), najmä so smrekom (PODRÁZSKÝ et al. 2018) a bukom, resp. javorom horským a jarabinou (SLANAŘ et al. 2017).

Cieľom príspevku bolo zistiť a porovnať vybrané charakteristiky rastu jedle v zmiešaných smrekovo, jedľovo, bukových porastoch s rovnorodým porastom jedle za obdobie 45 až 50 rokov.

MATERIÁL A METÓDIKA

Objektom výskumu bola séria trvalých výskumných plôch (TVP) založených v minulosti prof. Ing. L. Štefančíkom, DrSc., pre výskum problematiky produkčných vzťahov v jedľovom poraste (TVP Cemjata), ktorý pre účely tejto práce budeme považovať za rovnorodý, a série zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov (TVP Motyčky, Korytnica, Hrable). Každá zo sérií TVP sa skladá z niekoľkých čiastkových plôch, pričom vždy jedna je kontrolná (bez zásahu). Na ďalších sa vykonávajú zásahy za účelom porovnania ich účinkov na jednotlivé dreviny. Príspevok sa zaoberá porovnaním iba plôch ponechaných na samovývoj.

Plochy majú výmeru 0,20–0,56 ha a sú usporiadané v závislosti od terénnych podmienok, pričom medzi sebou sú oddelené 10 m širokým pásom stromov, tzv. izolačným pásom. Na plochách sú stromy očíslované s označením meriska hrúbky vo výške 1,3 m. Na každej ploche sa vykonávajú kompletne biometrické merania očíslovaných

stromov v 5-ročných intervaloch, v súlade so štandardnými metodikami pre výskum zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov (ŠTEFANČÍK L. 1977). Doteraz sa vykonalo na všetkých plochách 10 alebo 11 biometrických meraní, za obdobie 45 až 50 rokov. V rámci nich sa zisťovali hrúbka $d_{1,3}$, výška stromov a šírka korún (horizontálny priemet na 4 svetové strany).

Podrobná charakteristika predmetných TVP je uvedená v tab.1. Podkladový materiál sa spracoval bežnými biometrickými a štatistickými metódami v zmysle štandardných metodík v štatistickom balíku QC Expert (verzia 3.3). Pri každom opakovanom meraní sa vyrovnali výšky stromov h v závislosti od ich hrúbky d (MICHAILOFF 1943):

$$h = 1,3 + b_1 \cdot e^{-\frac{b_2}{d}} \quad (1)$$

Na každej TVP sa z dvoch susedných opakovaných meraní vypočítal celkový bežný ročný prírastok na kruhovej základni:

$$CBP_t = \frac{BA1_{t2} - BA2_{t1}}{t_2 - t_1} \quad (2),$$

kde CBP_t – celkový bežný prírastok ($m^2 \cdot ha^{-1}$),
 $BA1_{t2}$ – kruhová základňa združeného porastu vo veku t_2 ,
 $BA2_{t1}$ – kruhová základňa hlavného porastu vo veku t_1 ,
 t_2, t_1 – vek porastu pri opakovanom a predchádzajúcom meraní.

Pre zistenie objemu hrubiny porastov sa použili analytické tvary objemových rovníc (PETRÁŠ, PAJTIK 1991). Šírka korún b sa počítala podľa vzťahu:

$$b = \frac{r1 + r2 + r3 + r4}{2} \quad (3),$$

kde $r1 - r4$ sú polomery korún v 4 smeroch podľa svetových strán

Tab. 1.

Základné charakteristiky sérií trvalých výskumných plôch (TVP) s jedľou (*Abies alba* Mill.)
 Site characteristics for the series of permanent research plots (PRP) in silver fir (*Abies alba* Mill.) stands

Séria TVP/ Series of PRP (číslo plochy/ plot number)	Počet meraní/ Number of measurements	Prvé-posledné meranie/ First-last measurement	Vekové rozpätie/ Age span (years)	Nadmorská výška/ Elevation (m)	Priemerná ročná teplota/ Mean annual temperature (°C)	Ročný úhrn zrážok/ Mean annual precipitation (mm)	Pôdny typ/Soil unit*
Cemjata (H2,H,0)	11	1968-2018	48–98	400–420	8.3	650	Kambizem luvizemná/ Luvisol
Motyčky (H,0)	10	1972-2017	41–86	810–870	5.8	1,085	Rendzina kambizemná/ Rendzic Leptosol (Calcaric Cambisol)
Korytnica (H,0)	11	1968-2018	50–100	930–970	4.2	1,200	Kambizem typická/ Cambisol (Umbric Leptosol)
Hrable (H,0)	10	1969-2014	82–127	820–840	6.0	900	Kambizem typická nenасыtená/ Haplic Cambisol (Dystric Cambisol)

Vysvetlivky/Captions: H – úrovňová voľná prebierka podľa ŠTEFANČÍKA L. (1977), prebierkový interval 5 rokov/free crown thinning according to ŠTEFANČÍK L. (1977), thinning interval of 5 years; H2 – úrovňová voľná prebierka podľa ŠTEFANČÍKA L. (1977), prebierkový interval 10 rokov/free crown thinning according to ŠTEFANČÍK L. (1977), thinning interval of 10 years; 0 – kontrolná plocha (bez zásahov)/control plot (no thinning); *ŠTEFANČÍK L. (1977)

Základom metodického postupu spracovania výsledkov bolo zistenie základných biometrických údajov na jednotlivých plochách v čase ich založenia a po vykonaní posledného merania, čo predstavuje obdobie 45 až 50 rokov. Zistené údaje pre jedlu bielu z troch zmiešaných porastov sme porovnali s rovnorodým porastom tejto dreviny.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tab. 2 je drevinové zloženie na jednotlivých plochách na začiatku výskumu a pri poslednom meraní. Na začiatku bola jedľa na dvoch plochách (Motyčky a Cemjata) najviac zastúpenou drevinou, resp. na ďalších 2 plochách mala druhý najvyšší podiel. Po 45 až 50 rokoch sa na všetkých plochách zvýšilo zastúpenie buka, pričom najvýraznejšie na najmladšej (Motyčky) a najstaršej ploche (Hrable). Toto zvýšenie bolo na úkor jedle, ktorej zastúpenie sa na zmiešaných plochách znížilo, kým na ploche, ktorú považujeme za viac-menej druhove rovnorodú, (Cemjata) sme zaznamenali zvýšenie jej podielu.

Z uvedeného vývoja drevinového zloženia je zrejмый najmä úbytok jedle, ktorý bol podľa nášho názoru spôsobený viacerými príčinami. Jednou z nich môže byť skutočnosť, že v druhej polovici minulého storočia sa výrazne začalo prejavovať znečistenie ovzdušia (KRAMMER 1982), čo spôsobilo zhoršený zdravotný stav lesov v celej Európe (REHFUESS 1987). Vplyv imisí sa potvrdil tiež v oblastiach, kde sa predmetné porasty nachádzajú (MAŇKOVSKÁ 1997). Je známe, že najmä jedľa patrí z tohto pohľadu k najcitlivejším drevinám, čo sa na sledovaných plochách aj prejavilo jej zvýšenou mortalitou (ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 1993, 2001, 2002, 2003). Zistené zmeny o úbytku jedle potvrdili známu skutočnosť o jej celkovom ústupe z lesných porastov v ostatných desaťročiach (MÁLEK 1983; KLÍMA, HUBENÝ 2002). V tejto súvislosti FICCO et al. (2011) zistili v období 1970–2008 zníženie zastúpenia jedle o 10 % v porastoch s podielom jedle vyšším ako 25 % zo zásoby porastu. Výsledky z nami sledovaných plôch (úbytok jedle o 7 % až 30 %) korešponujú s poznatkami KANTORA, PAŘÍKA (1998), ktorí vyhodnotili 35-ročné zmeny drevinového zloženia zmiešaného porastu smrekva, jedle, borovice, smrekovca a buka vo veku 65 rokov, ktorý bol ponechaný na samovývoj. Autori zistili výrazný pokles zastúpenia jedle za 20 rokov z 28 % na 17 %.

Na druhej strane si treba všimnúť značný nárast zastúpenia buka najmä na TVP Motyčky a Hrable, ktorý si vysvetľujeme tým, že v daných ekologických podmienkach sa buk vyznačuje silnou konkurenčnou schopnosťou voči ostatným drevinám. Potvrdil to aj výškový rast buka

za sledované obdobie v porovnaní so smrekom a jedľou na týchto plochách (ŠTEFANČÍK I. 2004).

Na uvedený vývoj má vplyv aj bonita stanovišťa spolu s ekologickými nárokmi sledovaných drevín, ktoré sú rozdielne. Jedľa je najmenej náročná na svetlo a často sa pokladá za tiennejšiu drevinu ako buk. Požiadavky jedle na svetlo sa však menia aj v závislosti od ostatných stanovištných (pôda, teplota, vodný režim, relatívna vzdušná vlhkosť) a porastových činiteľov (DOBROWOLSKA 1998; BOŠELA et al. 2014; ČATER, LEVANIČ 2016). Je známe, že jedľa je veľmi citlivá najmä na teplotné a vlhkosťné extrémny, ktoré sú jedným z prejavov klimatickej zmeny (LATREILLE et al. 2017). Jedľa má značné nároky na pravidelné rozloženie zrážok v rámci celého roka a vyžaduje rovnakú vlhkosť pôdy aj vzduchu (BENČAĽ 2001). V porovnávaných plochách sú značné rozdiely v množstve zrážok, ktoré však celkom nekorešponujú s hodnotami produkčných parametrov. Ak porovnáваме iba zmiešané porasty jedle (Motyčky, Korytnica, Hrable), kde je medzi nimi rozdiel v ročnom úhrne zrážok 300 mm, zistíme, že plocha s najnižším množstvom zrážok (Hrable) a najvyššou priemernou teplotou má najvyššiu produkciu. Zrejme je to dôsledok veku, ktorý je najvyšší z porovnávaných plôch. Na druhej strane na tejto ploche (Hrable) je výrazne najvyššie zastúpenie buka (80 %), čo by predpokladalo jeho pomerne silnú kompetíciu. Avšak v predmetnej nadmorskej výške 800–900 m je buk v medzidruhovej konkurencii s jedľou i smrekom v nevýhode (KORPEL, VINŠ 1965) najmä v prirodzených lesoch. Kompetícia drevín okrem ekologických podmienok významne ovplyvňuje aj výškový a hrúbkový rast jedle (BOŠELA et al. 2013; KOBAL et al. 2015). Dokazuje to obr.1, kde pri poslednom meraní bola najvyššia výšková krivka na ploche Cemjata, kde jedľa napriek najnižšiemu úhrnu zrážok i nadmorskej výške, ktorá je na spodnej hranici jej vertikálneho rozšírenia na Slovensku (BLATNÝ, ŠTASTNÝ 1959) dominuje v dôsledku svojho vysokého podielu (takmer 90 %). Tým je prakticky bez konkurencie ostatných drevín, na rozdiel od ostatných porovnávaných plôch v zmiešaných porastoch, kde najmä buk s podielom 48–80 % môže byť potenciálnym konkurentom. Záleží však nielen na jeho zastúpení, ale aj na jeho výškovom postavení v rámci vertikálnej štruktúry (KORPEL, VINŠ 1965).

Na výškový a radiálny rast jedle vplyvajú aj pôdne vlastnosti a sklon svahu (KOBAL et al. 2015). Aj v tomto prípade sa potvrdili priaznivejšie podmienky pre TVP Cemjata, ktorá je prakticky na rovine, kým ostatné porovnávané TVP majú sklon v rozpätí 25–35 stupňov. Okrem toho absolútna výšková bonita bola na TVP Cemjata 32, kým na zmiešaných troch plochách bola nižšia – 26. Výškový rast jedle,

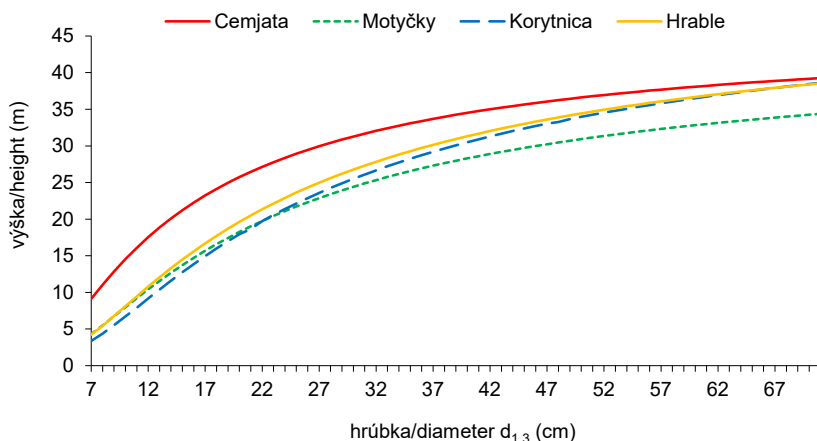
Tab. 2.

Drevinové zloženie v percentách (podľa kruhovej základne) na sledovaných TVP pri prvom a poslednom meraní
Percentage of tree species composition (according to basal area) on investigated PRP at the first and the last measurement

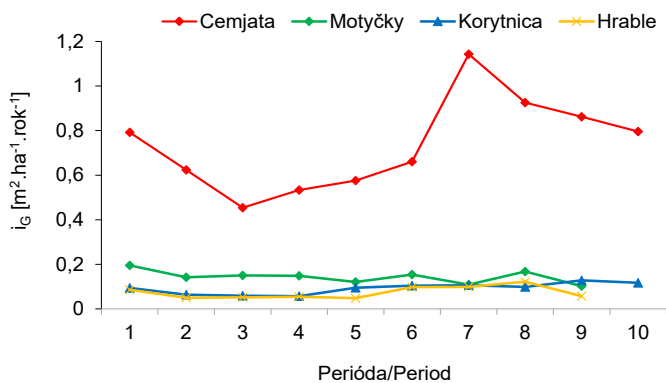
Plocha/Plot	Vek jedľa/ Age of fir (roky/years)	Drevina/Tree species						
		Smrek/ Spruce	Jedľa/ Fir	Buk/ Beech	Borovica/ Pine	Javor horský/ Sycamore maple	Breza/ Birch	Iné/ Other
Cemjata	48	-	82.3	1.4	5.0	-	-	11.3
	98	-	86.6	5.1	3.8	-	-	4.5
Motyčky	41	15.7	50.9	23.5	1.1	7.3	-	1.5
	86	18.8	20.8	47.8	1.2	11.0	-	0.4
Korytnica	50	20.4	21.2	50.8	-	7.1	-	0.5
	100	26.7	14.3	51.0	-	8.0	-	-
Hrable	82	3.0	24.3	59.8	-	0.8	11.4	0.7
	127	0.7	17.8	79.9	-	0.7	0.9	-

resp. bonita stanovišta ovplyvňujú produkciu (Bošela et al. 2011), čo sa prejavilo aj v tomto experimente, keď na TVP Cemjata bol najvyšší objem hrubiny (tab. 3) a prírastok na kruhovej základni (obr. 2), kde je znázornený priebeh celkového bežného ročného prírastku na kruhovej základni (CBP_t) za 5-ročné periódy. Vidno, že CBP_t jedle na TVP Cemjata niekoľkonásobne prevyšoval prírastok v porovnaní s ostatnými tromi plochami. Je to spôsobené jednak najvyšším počtom jedincov, resp. drevinovým zložením porastu, kde je jedľa hlavnou drevinou, ale najmä hrúbkovou štruktúrou (obr. 3). Prírastok na kruhovej základni je výrazne ovplyvnený hrúbkovou štruktúrou porastu, nakoľko hrubšie stromy majú v porovnaní s tenšími aj väčší hrúbkový prírastok (Šmelko et al. 1992). Na TVP Cemjata sa prejavila prevaha väčších hrúbkových stupňov v porovnaní s ostatnými plochami. Ďalším faktorom, ktorý môže ovplyvniť hrúbkový prírastok jedle, resp. prírastok na jej kruhovej základni je zvýšená defoliácia (Keller, Imhof 1987; Konert et al. 1990; Bert 1993). Hoci sme exaktne defoliáciu jednotlivých stromov nezisťovali, odhadom možno konštatovať, že na žiadnej z plôch priemerná defoliácia neprevýšila 30 %. To by naznačovalo, že prírastok na kruhovej základni by nemal byť defoliáciou znížený, čo je v súlade s výsledkami autorov Lina-

res, Camarero (2012). Zistili, že jedle s defoliáciou vyššou ako 50 % mali horší rast, menší prírastok na kruhovej základni a vyššiu citlivosť voči klimatickým vplyvom. Prírastok na kruhovej základni významne ovplyvňuje aj vzťah medzi hrúbkovým prírastkom a korunou stromu (Sharma et al. 2017). Preto nás zaujímalo, ako sa prejaví šírka koruny vo vzťahu s priemerným ročným hrúbkovým prírastkom na jednotlivých TVP. Korelačnou analýzou (obr. 4) sme zistili najväčšiu závislosť (koeficient determinácie $R^2 = 0,774$) na TVP Hrable (vek 127 rokov, podiel jedle 17,8 %, buka 79,9 %) a TVP Cemjata (vek 98 rokov, podiel jedle 86,6 %, podiel buka 5,1 %). Naopak, najmenšiu závislosť ($R^2 = 0,497$) vykázala TVP Motyčky (vek 86 rokov, podiel jedle 20,8 %, podiel buka 47,8 %). Súvisí to s denzitou celého porastu, keď na uvedených plochách je aj najnižší celkový počet stromov (všetky dreviny spolu), takže aj koruny jedle majú väčší priestor pre ich rozvoj v porovnaní s ostatnými plochami, kde bol počet stromov 2- až 3násobne vyšší. Potvrdila to tiež priemerná šírka korún jedle na 6 m (TVP Cemjata) a 5,85 m (TVP Hrable). Analýza tiež ukázala, že pri šírke koruny 2–5 m bol najvyšší hrúbkový prírastok na ploche s najnižším vekom jedle (TVP Motyčky). Od šírky koruny 5–10 m už dominoval prírastok na TVP Cemjata.



Obr. 1.
Výškové krivky jedle na sledovaných plochách
Fig. 1.
Height curves for silver fir on investigated subplots

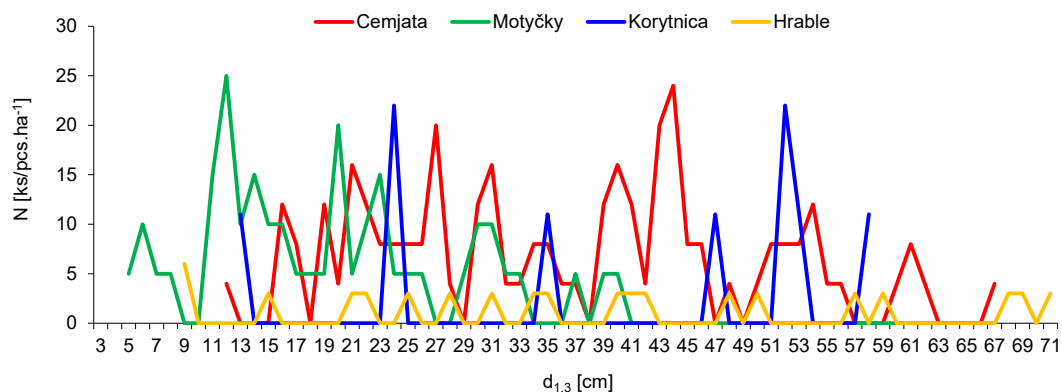


Obr. 2.
Bežný ročný prírastok na kruhovej základni v 5-ročných periódach
Fig. 2.
The current annual basal area increment for 5-year periods

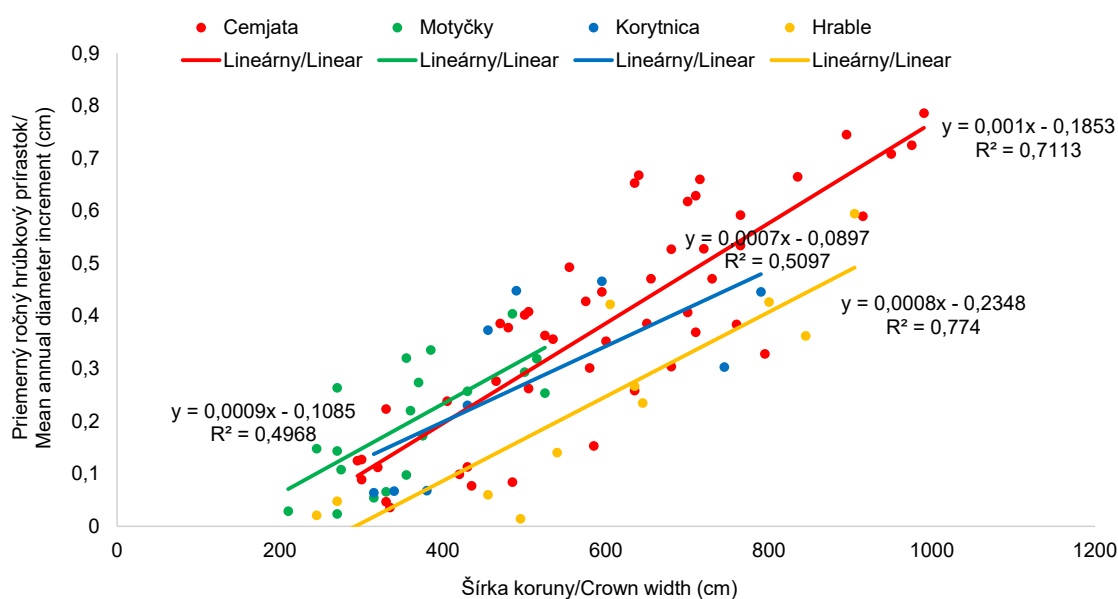
Tab. 3.
Kvantitatívne parametre jedle na sledovaných TVP
Quantitative parameters of fir on investigated PRP

Plocha/ Plot	Vek jedľa/ Age of fir (roky/years)	Parameter				
		N (tree.ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	V _{7b} (m ³ .ha ⁻¹)	d _g (cm)	h _g (m)
Cemjata	48	1,396	28.3	284	16.1	18.1
	98	360	44.2	755	39.6	34.4
Motyčky	41	1,605	15.1	103	11.0	11.8
	86	245	9.7	111	22.2	19.9
Korytnica	50	500	8.2	71	14.4	14.1
	100	52	7.7	121	43.3	31.5
Hrable	82	260	10.8	145	22.9	21.8
	127	57	8.7	145	44.1	33.0

Vysvetlivky/Captions: N – počet stromov/number of trees; G – kruhová základňa/basal area; V_{7b} – objem hrubiny/merchantable volume; d_g – stredná hrúbka/mean diameter; h_g – stredná výška/mean height



Obr. 3.
Hrúbkové početnosti jedle na sledovaných plochách
Fig. 3.
Frequency of diameter distribution in investigated subplots



Obr. 4.
Vzťah medzi priemerným ročným hrúbkovým prírastkom a šírkou koruny
Fig. 4.
Relation between mean annual diameter increment and crown width

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo zistiť a porovnať rast jedle vo viac menej rovnorodom jedľovom poraste a troch zmiešaných smrekovo, jedľovo, bukových porastoch na Slovensku za obdobie 45–50 rokov. Na začiatku výskumu bola jedľa na dvoch plochách druhou najviac zastúpenou drevinou, resp. na ostatných dvoch plochách mala najvyšší podiel. Po 45 až 50 rokov sa na všetkých plochách zvýšilo zastúpenie buka, na úkor jedle. Súvisí to s hodnotami celkového úbytku jedincov, ktorý pri jedli činil 76–89 %, pri smreku 46–93 %, a naopak najmenší bol pri buku 36–73 %. Vysoká konkurenčná schopnosť buka sa prejavila aj pri výškovom raste jedle, keď najlepší sa zaznamenal na ploche s najmenšou konkurenciou buka, resp. najvyšším zastúpením jedle. Táto plocha má súčasne aj najvyššiu absolútnu výškovú bonitu s najvyšším prírastkom na kruhovej základni, ktorý výrazne prevyšoval hodnoty z ostatných troch plôch v zmiešaných porastoch s nižším zastúpením jedle, resp. vyšším zastúpením buka. Analýza šírky korún vo vzťahu k hrúbkovému prírastku rovnako potvrdila najvyššie hodnoty na ploche s najvyšším zastúpením jedle.

Možno konštatovať, že udržanie jedle a zabezpečenie jej priaznivého rastu v daných podmienkach je možné dosiahnuť jej vyšším zastúpením v drevinovom zložení, resp. nižším zastúpením buka, ktoré by nemalo presiahnuť 20–25 %. Z hľadiska štruktúry porastu je potrebné zásahmi podporiť jedľu (smrek) na úkor buka, ktorý treba udržať v podúrovni (mediúrovni), nakoľko sa buk v daných ekologických podmienkach vyznačuje silnou konkurenčnou schopnosťou voči ostatným drevinám. Snahou pestovateľa prostredníctvom zásahov by malo byť dosiahnutie viac-vrstvovej štruktúry, ktorá je pre danú „karpatskú zmes“ (smrek, jedľa, buk) ideálnym riešením aj z hľadiska stability porastu.

Podakovanie:

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky na základe zmluvy č. APVV-15-0032.

LITERATÚRA

- ADAMIC M., DIACI J., ROZMAN A., HLADNIK D. 2017. Long-term of uneven-aged silviculture in mixed mountain Dinaric forests: a comparison of old-growth and managed stands. *Forestry (Oxford)*, 90: 279–291. DOI: 10.1093/forestry/cpw052
- BECKER M. 1987. Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Étude écologique et dendrochronologique. *Annals of Forest Science*, 44: 379–402. DOI: 10.1051/forest:19870401
- BECKER M., LÉVY G. 1988. A propos du dépérissement des forêts: Climat, sylviculture et vitalité de la sapinière vosgienne. *Revue Forestière Française*, 40: 345–358. DOI: 10.4267/2042/25902
- BENČAĽ T. 2001. *Dendrológia*. Zvolen, Technická univerzita: 205 s.
- BERNARD M., BOULANGER V., DUPONEY J.-L., LAURENT L., MONTPIED P., MORIN X., PICARD J.-F., SAID S. 2017. Deer browsing promotes Norway spruce at the expense of silver fir in the forest regeneration phase. *Forest Ecology and Management*, 400: 269–277. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.05.040
- BERT G.D. 1993. Impact of ecological factors, climatic stresses, and pollution on growth and health of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Jura mountains: an ecological and dendrochronological study. *Acta Oecologica*, 14: 229–246.
- BLATTNÝ T., ŠĚASTNÝ T. 1959. Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Bratislava, SVPL: 285 s.
- BOŠELA M., PETRÁŠ R., ŠMELKO Š. 2011. Site classification vs. wood production: a case study based on silver fir growth dynamics in the Western Carpathians. *Journal of Forest Science*, 57: 409–421.
- BOŠELA M., PETRÁŠ R., ŠEBEŇ V., MECKO J., MARUŠÁK R. 2013. Evaluating competitive interactions between trees in mixed forests in the Western Carpathians: Comparison between long-term experiments and SIBYLA simulations. *Forest Ecology and Management*, 310: 577–588. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.09.005
- BOŠELA M., PETRÁŠ R., SITKOVÁ Z., PRIWITZER T., PAJTÍK J., HLAVATÁ H., SEDMÁK R., TOBIN B. 2014. Possible causes of the recent rapid increase in the radial increment of silver fir in the Western Carpathians. *Environmental Pollution*, 184: 211–221. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.08.036
- CAILLERET M., NOURTIER M. AMM A., DURAND-GILLMANN M., DAVI H. 2014. Drought-induced decline and mortality of silver fir differ among three sites in Southern France. *Annals of Forest Science*, 71: 643–657. DOI: 10.1007/s13595-013-0265-0
- CAPECKI Z., TUTEJA W. 1974. Usychanie jodly w lasach południowej Polski. *Sylvan*, 118: 1–16.
- COURTOIS H. 1983. Die Tannenwurzel-Mykose, ihre Ursachen und Folgen. *Allgemeine Forstzeitung*, 38: 211–213.
- ČATER M., LEVANČ T. 2016. Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *Forest Ecology and Management*, 289: 278–288. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.10.021
- ČERNÝ A. 1989. Současný zdravotní stav jedle bělokore na území ČSSR. *Lesnická práce*, 68: 402–407.
- DOBROWOLSKA D. 1998. Structure of fir (*Abies alba* Mill.) natural regeneration in the „Jata“ reserve in Poland. *Forest Ecology and Management*, 110: 237–247. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00286-2
- ELLING W., DITTMAR CH., PFAFFELMOSER K., RÖTZER TH. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*, 257: 1175–1187. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.10.014
- ENCKE B.G. 1982. Zum Stand der Tannenerkrankungen in Baden-Württemberg. *Allgemeine Forstzeitung*, 37: 390–391.
- FICKO A., POLJANEC A., BONCINA A. 2011. Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (*Abies alba* Mill.) indicate its decline? *Forest Ecology and Management*, 261: 844–854. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.12.014
- FICKO A., ROESSINGER J., BONCINA A. 2016. Can the use of continuous cover forestry alone maintain silver fir (*Abies alba* Mill.) in central European mountain forests? *Forestry (Oxford)*, 89: 412–421.
- IHM. 1982. Tannensterben in Schwarzwald. *Internationaler Holzmarkt*, 73: 17.
- KANTOR P., PAŘÍK T. 1998. Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách – I. Jehličnatý porost s příměsí buku na kyselém stanovišti ŠLP Křtiny. *Lesnictví-Forestry*, 44: 488–505.
- KELLER W., IMHOF P. 1987. Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. 2. Teil: Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Plenterversuchsflächen der EAFV. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 138: 293–320.
- KLÍMA S., HUBENÝ D. 2002. Vliv výchovy na růst jedle ve smíšeném porostu. In: Karas, J., Podrázský, V. (eds.): *Současné trendy v pěstování lesů*. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 16. a 17. září 2002. Praha, ČZU: 63–68.

- KOBAL M., GRČMAN H., ZUPAN M., LEVANIČ T., SIMONČIČ P., KADUNC A., HLADNIK D. 2015. Influence of soil properties on silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Dinaric Mountains. *Forest Ecology and Management*, 337: 77–87. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.10.017
- KONNERT V., METTENDORF B., BACHMEYER P. 1990. Beobachtungsflächen zu den „neuartigen Waldschäden“ an Tanne in Baden-Württemberg: Nadelverlust, Klima, Zuwachs und Ernährungssituation. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 161: 116–123.
- KORPEL Š. 1985. Stav a vývoj jedle na Slovensku vo vzťahu k jej odumieraniu. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 27: 79–104.
- KORPEL Š., VINŠ B. 1965. Pestovanie jedle. Bratislava, SVPL: 340 s.
- KRAMMER W. 1982. Das Tannensterben. *Forstarchiv*, 53: 128–132.
- LATREILLE A., DAVI H., HUARD F., PICHOT CH. 2017. Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. *Forest Ecology and Management*, 396: 150–159. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.04.012
- LAUTENSCHLAGER K. 1989. Untersuchungen zum Wasserhaushalt gesunder und am Tannensterben erkrankter Weisstannen. *Forsch. Nationalpark Bayer Wald – Grafenau*: 111–116.
- LINARES J.C., CAMARERO J.J. 2012. Growth patterns sensitivity to climate predict silver fir decline in the Spanish Pyrenees. *European Journal of Forest Research*, 131: 1001–1012. DOI: 10.1007/s10342-011-0572-7
- MÁLEK J. 1983. Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. Praha, Academia: 112 s. Studie ČSAV č.11/83.
- MAŇKOVSKÁ B. 1997. Variation in sulphur and nitrogen foliar concentration of deciduous and conifers vegetation in Slovakia. *Water, Air and Soil Pollution*, 96: 329–345.
- MICHAILOFF I. 1943. Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven. *Forstwissenschaftliches Centralblatt und Tharandter Forstliches Jahrbuch*, 6: 273–279.
- OLIVA J., COLINAS C. 2007. Decline of silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in the Spanish Pyrenees: Role of management, historic dynamic and pathogens. *Forest Ecology and Management*, 252: 84–97. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.06.017
- PETRAŠ R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49–56.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK Z., KUPKA I., VACEK S., TŘEŠTÍK M., CUKOR J. 2018. Effects of silver fir (*Abies alba* Mill.) on the humus forms in Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) stands. *Journal of Forest Science*, 64: 245–250. DOI: 10.17221/19/2018-JFS
- POLENO Z. 1977. Prognóza ďalšieho ústupu jedle. *Práce VÚLHM*, 51: 41–51.
- REHFUESS K.E. 1987. Perceptions on forest disease in Central Europe. *Forestry*, 60: 1–11.
- SEITSCHKE O. 1981. Verbreitung und Bedeutung der Tannenerkrankung in Bayern. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 100: 138–148.
- SHARMA R.P., VACEK Z., VACEK S. 2017. Modelling tree crown-to-bole diameter ratio for Norway spruce and European beech. *Silva Fennica*, 51: article id 1740. DOI: 10.14214/sf.1740.
- SIERPIŃSKI Z. 1977. Przyczyny zamierania jodly w Górach Świetokrzyskich. *Sylwan*, 121: 29–41.
- SLANAŘ J., VACEK Z., VACEK S., BULUŠEK D., CUKOR J., ŠTEFANČÍK I., BÍLEK L., KRÁL J. 2017. Long-term transformation of submontane spruce-beech forests in the Jizerské hory Mts.: dynamics of natural regeneration. *Central European Forestry Journal*, 63: 212–224. DOI: 10.1515/forj-2017-0023
- SPRÁVA. 2017. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2016 – Zelená správa 2017. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky; Zvolen, Národné lesnícke centrum: 68 s.
- ŠMELKO Š., WENK G., ANTANAITIS V. 1992. Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, *Príroda*: 342 s.
- ŠTEFANČÍK I. 2004. Growth and development of fir (*Abies alba* Mill.) in spruce, fir and beech stands. *Ekológia (Bratislava)*, 23: 144–151.
- ŠTEFANČÍK I., ŠTEFANČÍK L. 2001. Assessment of tending effect on stand structure and stability in mixed stands of spruce, fir and beech on research plot Hrable. *Journal of Forest Science*, 47: 1–14.
- ŠTEFANČÍK I., ŠTEFANČÍK L. 2002. Assessment of long-term tending in mixed stands of spruce, fir and beech on research plot Korytnica. *Journal of Forest Science*, 48: 100–114.
- ŠTEFANČÍK I., ŠTEFANČÍK L. 2003. Effect of long-term tending on qualitative and quantitative production in mixed stands of spruce, fir and beech on Motyčky research plot. *Journal of Forest Science*, 49: 108–124.
- ŠTEFANČÍK L. 1977. Prečistky a prebierky v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch. Bratislava, *Príroda*: 92 s. Lesnícke štúdie č.25/1977.
- ŠTEFANČÍK L., ŠTEFANČÍK I. 1993. Prebierky v borovicovo-smrekových žrdovinách s pokročilým účinkom imisií v oblasti stredného Spiša. *Lesnícky časopis-Forestry Journal*, 39: 493–512.
- TŘEŠTÍK M., PODRÁZSKÝ V. 2017. Meliorační funkce jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.): případová studie. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62: 182–188.
- VACEK Z., VACEK S., BÍLEK L., KRÁL J., REMEŠ J., BULUŠEK D., KRÁLÍČEK I. 2014. Ungulate impact on natural regeneration in spruce-beech-fir stands in Černý Důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains. Case study from Central Sudetes. *Forests*, 5: 2929–2946.
- VACEK S., BULUŠEK D., VACEK Z., BÍLEK L., SCHWARZ O., SIMON J., ŠTÍCHA V. 2015. The role of shelterwood cutting and protection against game browsing for the regeneration of silver fir. *Austrian Journal of Forest Science*, 132: 81–102.
- VLAĐOVIČ J. 2003. Oblastné východiská a princípy hodnotenia drevinového zloženia a ekologickej stability lesov Slovenska. Bratislava, *Príroda*: 160 s. Lesnícke štúdie č. 57/2003.
- ZAWADA J. 2001. Incremental symptoms in revitalization of silver fir in the forests of Carpathian and Sudeten Mts. and their silvicultural consequences. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Seria A*, 917/922: 79–101.

COMPARISON OF GROWTH OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) IN PURE AND MIXED SPRUCE, FIR AND BEECH STANDS

SUMMARY

The goal of the paper was to find and compare selected characteristics of fir growth in mixed spruce, fir and beech stands (Motyčky, Korytnica, Hrable) to those, ascertained in monospecific fir stand (Cemjata) during the long time (45 to 50 years). Experiment was carried out in 4 series (subplots) of permanent research plots established from 1968 to 1972, aimed at research on production relations in mixed spruce, fir and beech stands. The basic site characteristics are presented in Tab. 1. Each of the series consists of subplots where thinning from above was applied, and one subplot with no tending. The paper deals only with the subplots left to self-thinning in order to exclude management effects on investigated parameters. The complex biometrical measurements of all numbered living trees (with the diameter at breast height "dbh" ≥ 3.6 cm and/or trees which reached this threshold during the measurements) were carried out in 5-year-intervals according to standard methods. Apart from "dbh" measurement, tree height, crown radius (four radius readings taken in the north, east, south and west directions) were measured. Totally, 10 or 11 measurements have been performed up to now. The selected quantitative data ascertained for fir in monospecific and mixed spruce, fir and beech stands were compared.

In the initial stage of our research silver fir was the most proportioned tree species in two subplots (Motyčky and Cemjata). For other two plots (Korytnica and Hrable), the second place according to proportion was registered. After 45 to 50 years, increased share of beech proportion was evident in all subplots, the most in the youngest (Motyčky) as well as in the oldest (Hrable). The mentioned increase was done to the prejudice of fir species whose proportion dramatically decreased in mixed subplots, however, in more or less pure stand (Cemjata) increased share of fir was found (Tab. 2). This subplot is also characterized by the highest site index (32) in comparison to other investigated subplots (26). This fact was also confirmed by the course of the high curves (Fig. 1) and the highest merchantable volume (Tab. 3), as well as annual basal area increment (Fig. 2). It was in a consequence of the highest number of trees and especially due to frequency of diameter distribution (Fig. 3), as well as the highest fir proportion. We also paid attention to the question how the crown width corresponds to mean annual diameter increment (Fig. 4). The highest relation was by correlation analysis found in the subplot Hrable at the age of 127 years (coefficient of determination $R^2 = 0.774$, fir proportion 17.8% and beech 79.9%), as well as in the subplot Cemjata (fir age of 98 years, fir proportion of 86.6% and beech 5.1%). On the contrary, the lowest dependence ($R^2 = 0.497$) was showed in subplot Motyčky (age of 86 years, fir proportion of 20.8% and beech 47.8%). The mentioned results were caused by density of total stand (all tree species). Additionally, the fir crowns have a greater space for their development due to the lowest number of individuals in comparison to other subplots with two or three times higher number of trees. It was also confirmed by the average crown width, followed by 6 m in the subplot Cemjata and 5.85 m in Hrable. The results suggested that fir proportion and its growth in mixed stands with spruce and beech was markedly influenced by beech, which is considered to be a strong competitor under the given ecological conditions.

Zasláno/Received: 09. 11. 2018

Přijato do tisku/Accepted: 26. 02. 2019