

RŮST A ZDRAVOTNÍ STAV VÝSADEB JEDLE BĚLOKORÉ (*ABIES ALBA* MILL.) NA SLUNEČNÝCH A ZASTÍNĚNÝCH STANOVIŠTNÍCH PODMÍNKÁCH V BESKYDECH

GROWTH AND HEALTH STATUS OF OPEN-GROWN AND SHADED SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) PLANTATIONS IN THE BESKYDY MTS.

JIŘÍ KADLEC ✉ - KATEŘINA NOVOSADOVÁ - RADEK POKORNÝ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: jiri.kadlec.uzpl@mendelu.cz

ORCID: J. Kadlec 0000-0002-0355-6456

K. Novosadová 0000-0002-5207-762X

R. Pokorný 0000-0001-5121-6694

ABSTRACT

Silver fir (*Abies alba* Mill.) used to be an important species in the region of what is the Czech Republic today. Its return to the forest ecosystem is more than desirable, mainly because it can be utilised in the transition of forest management to close-to-nature management in establishing multistorey, uneven-aged or mixed forests. A total of 15 unestablished stands arising on clear-cut areas in the Beskydy Mts. (caused by storms and the subsequent gradation of bark beetle) in the period 2015–2018 were selected, some of which were established in large clear-cut areas without being influenced by standing mature stands, and others in small clear-cut areas that were influenced by standing mature stands. In 2019, heights, height increments and lengths of the longest branches of all fir were measured and their vitality estimated. Growth variability and health status of the fir trees indicate that it is more appropriate to plant fir on small clear-cut gaps located inside stands. The protective effect of a mature stand contributes to faster growth of trees and better health status. Moreover, plagiotropism (due to excessive shading), which had been a major concern, was not confirmed.

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

Klíčová slova: výškový růst; plagiotropismus; kalamitní holina

Key words: height growth; plagiotropism; gale-disaster area

ÚVOD

Jedle bělokora (*Abies alba* Mill.) patří svou strategií růstu mezi nejvýznamnější evropské jehličnany a je považována za ukazatele vysoké ekologické stability a diverzity lesního ekosystému (ELLENBERG 2009; FARJON 2010). V přirozené dřevinné skladbě byla významnou dřevinou na území střední Evropy, resp. současné České republiky (VRŠKA et al. 2009; KNÍŽEK et al. 2023), avšak postupem času její zastoupení klesalo až na současných 1,3 % (ZPRÁVA 2023). Mezi faktory postupného snižování zastoupení jedle patří: antropogenní činnosti (především emisní zatížení), chřadnutí (vlivem působení škůdců), nedostatečná přirozená obnova a škody zvěří (MÁLEK 1981). Jedle je typická stinná dřevina, přičemž nachází přirozeně uplatnění ve víceetážových, nestejnověkových (nejlépe smíšených) lesních porostech (ROBAKOWSKI et al. 2004). Na základě svého současného rozšíření je tradičně považována za dobře adaptovanou na podmínky vlhké-

ho kontinentálního klimatu (KÖPPEN 1936; APLTAUER et al. 2024), přičemž je charakteristická zvýšenými nároky na vlhkost v průběhu celého roku – tj. oblasti s průměrnými ročními srážkami mezi 700 a 1 800 mm (TINNER et al. 2013). Jedle bělokora snáší širokou škálu půdních typů s různým obsahem živin a zásaditostí (MAURI et al. 2016). Optimum jejího rozšíření je v pátém lesním vegetačním stupni – jedlosmrkobukovém, a to zejména na těžších hlinitých až jílovitých půdách, na půdách oglejených a částečně i podmačených (ŠINDELÁŘ et al. 2005). Přirozeně se velmi dobře obnovuje pod porosty slunných dřevin (borovice, bříza, modřín), případně i pod smrkem a smíšenými porosty (ZAKOPAL 1959). JAWORSKI (2019) uvádí, že přirozená obnova jedle probíhá i pod hustým zápojem, kde je osvětlení sníženo až o 80–95 % oproti okolní volné ploše. Juvenilní rostliny mohou v takových podmínkách přežít deset až dvacet let. ROBAKOWSKI et al. (2004) uvádí, že minimální úroveň oslunění pro její regeneraci je

10 až 18 % plného oslunění, avšak s přibývajícím věkem se nároky na světelný požitek zvyšují a jedinci v mladině již potřebují pro svůj zdárný vývoj více než 25 % plného ozáření. V těchto podmínkách trvalého zástínu však vydrží i desítky let. Naproti tomu VOLAŘÍK, HÉDL (2013) píše, že jedle bělokorá může mít za určitých podmínek vlastnosti pionýrského druhu a může osídlovat bývalé opuštěné zemědělské plochy. Mezi hlavními faktory ovlivňujícími přirozenou obnovu jsou řazeny stanovištní podmínky a její podíl v porostu (DOBROWOLSKA 1998). Obnova a repatriační snahy jsou v případě jedlových porostů navíc silně omezovány až znemožňovány působením herbivorního tlaku přemnožené spárkaté zvěře (DIACI et al. 2010; VITASSE et al. 2019). Z výše zmíněných důvodů je nutné pro zvýšení celkového zastoupení jedle využívat umělou obnovu, avšak je nutné si uvědomit, že její využití na holinách je limitováno jejím počátečním pomalým růstem a citlivostí ke klimatickým extrémům (MARTÍNEK, DUŠEK 2015).

Cílem práce je zhodnotit umělou obnovu jedle bělokoré na obnovních prvcích holosečného charakteru v porostních mezerách (s bočním krytím stojícího dospělého porostu) a rozsáhlých holinách (bez ochrany stojícího dospělého porostu) a na základě našich výsledků doporučit její optimální obnovní postup v kontextu doznívající kůrovcové kalamity a probíhající klimatické změny.

MATERIÁL A METODIKA

Popis lokality

Výzkum byl realizován v přírodní lesní oblasti 40 – Moravskoslezské Beskydy. Konkrétně se jedná o okolí Frýdlantu nad Ostravicí v revíru Čeladná, kde vlastníkem zájmového území je Biskupství Ostravsko-opavské (49°29'53,0"N; 18°18'35,6"E).

Plochy se nacházely v nadmořské výšce cca 600 m. Matečná hornina byla karpatský flyš a půdy byly kambisoly (určováno podle World Reference Base for Soil Resources – WRB 2015). Klima zde bylo humidní kontinentální (KÖPPEN 1936) s průměrnou roční teplotou vzduchu 7,4 °C a ročním úhrnem srážek 902 mm za období 2015–2019 (Tab. 1; CHMI 2024).

Popis porostu

Výzkumná plocha byla složena z 15 nezajištěných kultur (dále jen "porost"), které byly založeny v letech 2015–2018 umělou obnovou jedle bělokoré. Jako sadební materiál byly využity prostokořenné sazenice o výšce 26–35 cm (kvalitativní parametry sadebního materiálu odpovídaly standardům ČSN 48 2115 "Sadební materiál lesních dřevin"). Sazenice byly vysazeny sadbou jamkovou s velikostí jamky 35 × 35 cm.

Tab. 1.

Průměrná teplota vzduchu a úhrn srážek – měsíční (I–XII), roční (Rok) a ve vegetační sezóně (VS) za normál 1961–2019 (N; ±SE) a sledované roky 2015–2019. Měsíce jsou označeny římskými číslicemi. Hodnoty u jednotlivých let, které jsou vyšší nežli hodnota "normál + SE", jsou označeny červeně a pokud jsou vyšší o více nežli 50 %, tak tučně červeně. Hodnoty u jednotlivých let, které jsou nižší nežli hodnota "normál – SE", jsou označeny modře a pokud jsou nižší o více nežli 50 %, tak tučně modře.

Mean air temperature and precipitation – monthly (I–XII), annual (Year) and in the vegetation season (VS) in the 1961–2019 period (N; ±SE) and researched years 2015–2019. Months are marked with Roman numbers I–XII. The values of the researched years greater than the value "N + SE" are red, and bold red when more than 50% greater. The values of researched years lower than the value "N – SE" are blue, bold blue when more than 50% lower.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok / Year	VS
Srážky/Precipitation [mm]														
N	64,2 ±4,4	52,7 ±3,8	55,9 ±3,8	60,0 ±3,5	96,8 ±6,6	104,2 ±4,8	112,4 ±7,4	93,0 ±6,7	87,3 ±6,3	66,0 ±4,7	65,3 ±4,1	71,5 ±5	923,2 ±16,3	553,7 ±6,4
2015	97,1	46,3	60,8	82,0	113,4	39,9	58,4	45,2	68,9	31,2	95,4	25,9	764,5	407,8
2016	54,2	103,9	26,2	72,9	134,4	68,1	175,9	73,9	42,8	135,3	70,4	54,6	1012,6	568,0
2017	31,5	42,8	51,2	139,6	57,0	71,0	72,7	60,4	186,7	117,1	71,1	56,1	957,2	587,4
2018	33,0	25,7	21,3	16,7	82,5	115,9	130,5	50,5	54,8	66,0	6,0	125,8	728,7	450,9
2019	123,8	36,1	65,7	41,9	151,6	59,8	96,2	112,8	141,7	53,5	66,5	96,2	1045,8	604,0
Teplota / Temperature [°C]														
N	-3,2 ±0,4	-2,0 ±0,5	1,1 ±0,4	6,7 ±0,3	11,5 ±0,3	15,0 ±0,2	16,7 ±0,3	16,5 ±0,3	11,8 ±0,3	7,3 ±0,3	2,6 ±0,4	-2,4 ±0,4	6,8 ±0,1	13,1 ±0,2
2015	-1,4	-1,7	2	5,7	10,5	14,9	18,6	19,5	12,2	6,9	4,1	1,6	7,7	13,5
2016	-3,4	1,4	1,8	6,6	11,7	16	16,6	15	13,7	5,3	2	-2,8	6,9	13,2
2017	-6,7	-0,2	3,8	4,4	11,7	16,2	16,4	17,4	10,7	7,5	2,1	-0,9	6,8	12,8
2018	0	-5,6	-0,9	11,7	14,5	15,3	17	18,3	12,9	9,2	4,1	-1,5	7,9	14,9
2019	-4,8	0,5	3,1	7,8	8,9	19,4	16,5	17,5	11,5	8,9	5,7	0,5	7,9	13,6

Bližší charakteristika porostů je uvedena v Tab. 2. Z důvodu eliminace vlivu zvěře byly všechny výzkumné plochy před výsadbou oploceny. V průběhu experimentu byly kultury ošetřovány proti útlaku buření ožínáním (buřeň svojí výškou nikdy nepředrůstala výsadbu). Vybrané porosty byly rozděleny dle krytí na:

Zastíněné porosty

- měly délku nebo šířku obnovní části vždy menší, než je průměrná výška okolního dospělého porostu;
- byly chráněny proti přímému slunečnímu záření okolním dospělým porostem;
- měly mikroklimatické podmínky ovlivňovány okolními porosty.

Osluněné porosty

- nebyly chráněny proti přímému slunečnímu záření okolním dospělým porostem a plochy měly charakter kalamitních holin;
- byly vysazovány vždy ve vzdálenosti minimálně dvou porostních výšek od okolních porostů, a tudíž byly výsadby vystaveny celodenně přímému slunečnímu záření (na základě odstupové vzdálenosti lze předpokládat, že vliv okolních porostů na mikroklima výsadeb byl minimální).

Metody měření

Na podzim roku 2019 po ukončení růstové sezóny byl zhodnocen zdravotní stav a byla v každém vybraném porostu změřena u všech jedinců celková výška, délka jednotlivých výškových přírůstků od roku výsadby do roku 2019, délka nejdelší větve (vyjma porostů obnovených v roce 2018).

Výšky, výškové přírůsty a délky nejdelších větví byly měřeny skládacím metrem s přesností na cm. Dle metodiky BALÁŠE et al. (2011) byl hodnocen zdravotní stav kultur na všech plochách u všech jedinců jedle (viz Tab. 3).

Pro hodnocení morfologické odezvy jedle byl použit poměr šířky koruny a výšky jedince. U jedinců byla změřena vzdálenost mezi osou kmene a vrcholem nejdelší větve (D) vynásobena dvěma pro získání celkové šíře koruny a porovnána s výškou stromu (H). Hodnota tohoto ukazatele se zvyšuje v případě, že jedinec začne vykazovat známky plagiotropního růstu, kdy boční větve táhne za světlem. Avšak mladé jedle často vykazují mírnou odchylku v růstu od vertikální osy (ten-to-jev nemusí být nutně funkcí plagiotropie), proto byla pro oddělení plagiotropního od ortotropního růstu zvolena prahová hodnota $2D/H \geq 1,15$ (tj. 115 %) podle práce ČATER, LEVANIČ (2013).

Tab. 2.

Charakteristika porostů. S – sever; SZ – severozápad; SV – severovýchod. Lesní typ – číslo určuje klimatické podmínky, písmeno označuje stanovištní podmínky: 4 – průměrná roční teplota: 6,1–7,5 °C; průměrný úhrn srážek: 700 mm; 5 – průměrná roční teplota: 4,7–6,1 °C; průměrný úhrn srážek: 800 mm; Z – mělké půdy na kyselém až neutrálním silikátovém podloží; S – stanoviště na slabě kyselých až na živiny středně bohatých půdách; A – stanoviště na kamenitých (balvanitých) na živiny bohatých půdách obohacených humusem; B – na živiny bohaté půdy průměrné povahy (často na neutrálním až bazickém podloží); F – stanoviště (včetně roklí) na kamenitých (balvanitých) na živiny středně bohatých až bohatých půdách (Plíva 1987; ÚHUL 2023).

Characteristics of the stands.¹shaded; ²open-grown; ³north; ⁴north-west; ⁵north-east; Ecosite – the number indicates the climate conditions and the letter the site conditions (mainly the soil): 4 – mean annual temperature: 6.1–7.5 °C; mean annual precipitation: 700 mm; 5 – mean annual temperature: 4.7–6.1 °C; mean annual precipitation: 800 mm; Z – shallow soil on acidic-to-neutral silicate subsoil; S – a site on lightly acidic-to-moderately-nutrient-rich soils; A – a site on stony (boulder) nutrient-rich soils enriched with humus; B – a nutrient-rich soil (often on neutral-to-basic subsoil); F – a site (including ravines) on stony (boulder) moderately-rich-to-rich soils (Plíva 1987; ÚHUL 2023).

Porost/ Stand	Typ porostní plochy/Type of stand	Lesní typ/ Ecosite	Expozice/ Aspect	Rok vzniku holiny/ Year of clear-cut area formation	Velikost holiny/ Clear-cut area [ha]	Rok zalesnění/ Year of stand establishment	Plocha zalesně- ní jedle/Planted area with fir [ha]	Počet vysazených jedlí/Number of planted fir [ks/pcs]
1.	zastíněný ¹	5Z	S ³	2014	0,5	2015	0,11	550
2.	osluněný ²	5S	S	2014	2,36	2015	0,06	300
3.	osluněný	5A	SZ ⁴	2015	2,12	2016	0,12	600
4.	zastíněný	5S	SZ	2015	0,06	2016	0,06	300
5.	zastíněný	4S	SZ	2014	0,06	2016	0,06	320
6.	osluněný	5B	SZ	2015	2,57	2016	0,14	700
7.	osluněný	5S	S	2015	2,54	2016	0,2	1 000
8.	osluněný	5S	SV ⁵	2016	3,56	2017	0,15	750
9.	osluněný	5F	SV	2016	3,4	2017	0,2	1 000
10.	zastíněný	4A	SZ	2016	0,55	2017	0,15	750
11.	zastíněný	5B	SZ	2016	0,5	2017	0,2	1 000
12.	zastíněný	4B	S	2016	0,29	2018	0,23	1 150
13.	osluněný	5F	S	2017	2,36	2018	0,2	1 000
14.	zastíněný	5S	S	2017	0,11	2018	0,11	550
15.	osluněný	5S	SV	2016	2,93	2018	0,2	1 000

Statistická analýza

Veškerá statistická data byla vyhodnocena v TIBCO Statistica™, s intervalem spolehlivosti 95 %. K vyhodnocení výsledků byl použit za účelem zjištění normality dat Shapiro-Wilk test. Výsledky umožnily použít parametrické testování k vyhodnocení rozdílů, proto byla použita Analýza rozptylu (ANOVA) a následně pro odhalení rozdílů mezi variantami byl využit Fisherův LSD test.

VÝSLEDKY

Celková výška mezi osluněnými a zastíněnými jedlemi se lišila u výsadeb z let 2015, 2016 a 2017 (Obr. 1). Vyšší hodnoty byly naměřeny v zastíněných obnovných prvcích, a to o 13–45 % ($p = 0,0001$ – $0,0051$).

Výškové přírůsty v prvním roce po výsadbě u žádné výsadby nevykazovaly statisticky významné rozdíly mezi osluněnými a zastíněnými jedinci (Obr. 2). V následujících letech rozdíly v přírůstu mezi osluněnými a zastíněnými jedlemi již statisticky významné byly, přičemž zastínění jedinci byli vždy vyšší. V roce 2019 byl u nejmladší výsadby (z roku 2018) rozdíl 29 % ($p = 0,0059$). Rozdíly u výsadby z roku 2017 byly 69 % (2018; $p = 0,0001$) a 45 % (2019; $p = 0,0001$). U výsadby z roku 2016 byly zaznamenány menší rozdíly nežli u výsadby z roku 2017, a to: 29 % (2017; $p = 0,0084$), 32 % (2018; $p = 0,0197$) a 13 % (2019; $p = 0,359$). U nejstarší výsadby (z roku 2015) činily výškové rozdíly 69 % (2016; $p = 0,0001$), 35 % (2017; $p = 0,0001$), 43 % (2018; $p = 0,0001$), 27 % (2019; $p = 0,0076$).

Poměr šíře koruny a výšky jedince se u jedlí vysazených na otevřené ploše v letech 2015–2017 pohyboval v rozmezí 1,03–1,08. U jedlí zastíněných byl poměr mírně vyšší (1,08–1,15). V žádném roce jsme nezaznamenali žádný statisticky významný rozdíl mezi zastíněnou a osluněnou plochou.

Zdravotní stav zastíněných a osluněných jedlí se lišil u výsadeb z roků 2016, 2017 a 2018 (2016: $p = 0,0215$; 2017: $p = 0,0378$; 2018: $p = 0,0047$), přičemž lepší zdravotní stav měly zastíněné jedle. Při bližším pohledu na jednotlivé třídy je patrné, že jedlí s výborným stavem bylo vždy více na zastíněných plochách nežli na osluněných (2015: 41 %; $p = 0,0001$; 2016: 39 %; $p = 0,0001$; 2017: 28 %; $p = 0,0001$; 2018: 100 %;

$p = 0,0001$). Jedlí s dobrým stavem bylo více na zastíněných plochách pouze u výsadeb z let 2016 a 2017 (2016: 19 %; $p = 0,0234$; 2017: 16 %; $p = 0,0378$). U osluněných jedlí byl patrný zhoršený stav u všech výsadeb vyjma roku 2018 (2015: 38 %; $p = 0,0001$; 2016: 23 %; $p = 0,0001$; 2017: 27 %; $p = 0,0001$) a výrazně zhoršený stav u výsadeb 2016, 2017 a 2018 (2016: 36 %; $p = 0,0001$; 2017: 29 %; $p = 0,0001$; 2018: 50 %; $p = 0,0001$). Počet suchých stromů byl jak na zastíněných, tak na osluněných plochách, obdobný vyjma výsadby z roku 2018, kde bylo o 28 % více suchých stromů na osluněné ploše ($p = 0,0349$).

DISKUSE

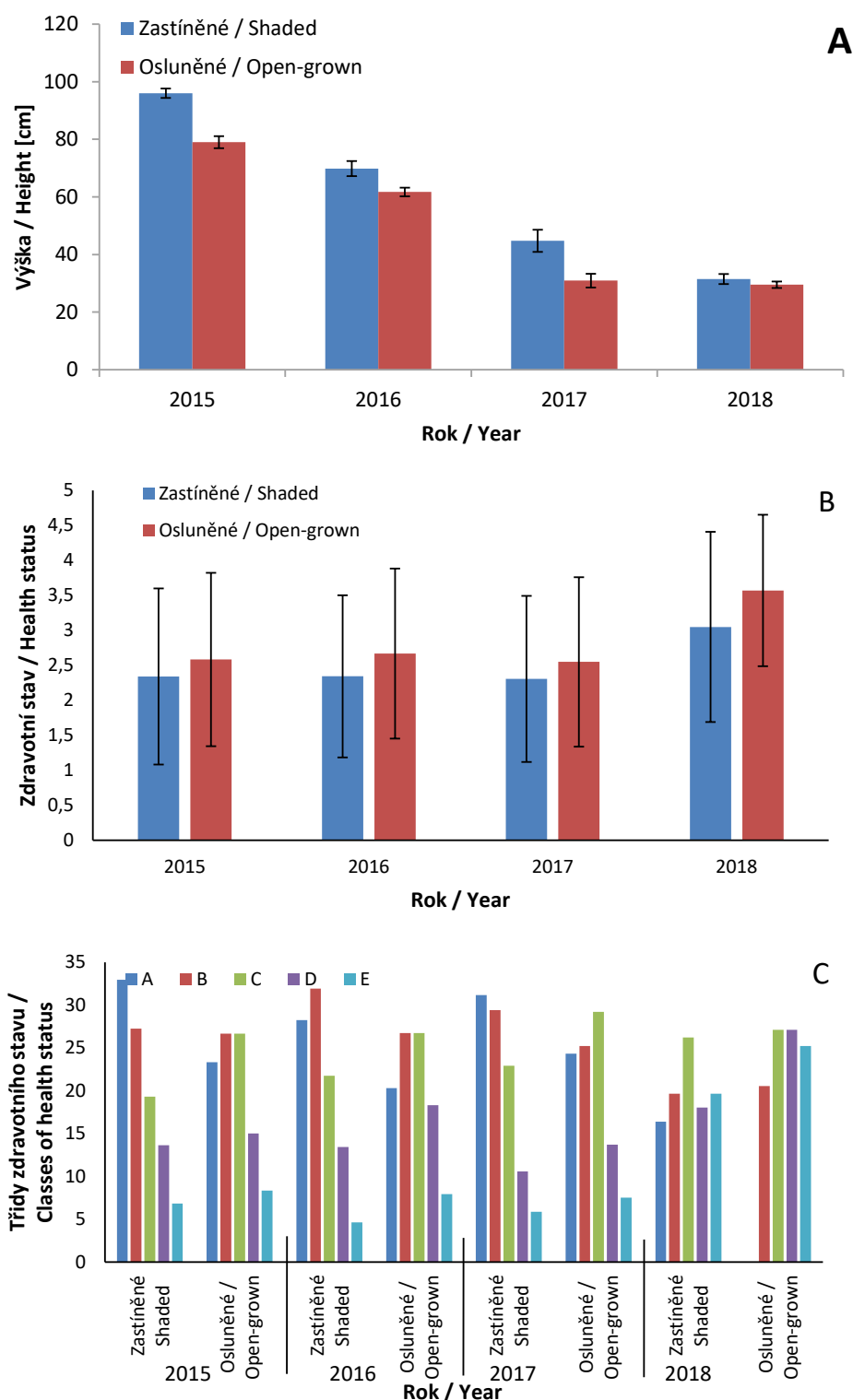
První rok jsme nenalezli žádný rozdíl v přírůstu mezi osluněnými a zastíněnými jedinci u všech výsadeb. Rozdíl pravděpodobně nastal díky šoku z přesazení. Šok z přesazení je jev, kdy se snižuje transpirace a fotosyntéza a růst rostliny je výrazně omezen nebo dokonce zastaven (HALLMAN et al. 1978; COUTTS 1980; LAMHAMED et al. 1998; MORA et al. 2023). SPINNLER et al. (2002) a HASSEDT, ANNIGHÖFER (2020) popisují také útlum růstu rostlin v prvním až třetím roce po přesazení. GOISSER et al. (2013) navrhl, že první roky po výsadbě by neměly být zahrnuty do výsledků, protože během tohoto období se rostliny zotavují ze šoku po výsadbě. V našem případě lze – podle výsledků – předpokládat, že šok z přesazení trval u zastíněných stromků pouze rok, avšak osluněné stromky trpěly šokem z přesazení minimálně i v roce následujícím, protože nedošlo k výraznějšímu obnovení výškového přírůstu.

Zastíněné rostliny vykazovaly vyšší přírůsty i v dalších letech a celková výška stromů byla také vyšší u zastíněných stromků oproti osluněným. Tyto poznatky odporují studii STANCIOIU, O'HARA (2006), kde autoři uvádí, že jedle dosáhnou podobné rychlosti růstu i na otevřených plochách díky přizpůsobení své morfologii. Naopak ORMAN et al. (2021) popsali nepřímo úměrnou růstovou reakci jedle na velikost porostní mezery – čím větší mezera je, tím pomalejší má jedle růst. Lze tedy předpokládat, že rozdílný přírůst byl způsoben odlišnými mikroklimatickými podmínkami zastíněné a osluněné plochy. Fyziologický a ekologický význam lesního mikroklimatu je znám již velmi dlouho (TAIL 1949; REIFSNEYDER 1967; KOOP, HILGEN 1987; GEIGER 2013). Podle DE FRENNE et al. (2021) jsou jedinci nacházející se pod

Tab. 3.

Hodnocení zdravotního stavu dle metodiky BALÁŠ et al. (2011)
Health classification according to BALÁŠ et al. (2011)

Zdravotní stav/ Health status	Označení/ Marking	Kritéria/Criteria
Výborný/Excellent	A	Výrazný a stabilní výškový přírůst, plné olistění, bez poškození/ <i>Significant and permanent height increment, full foliage, no damage.</i>
Dobrý/Good	B	Obnovený výškový přírůst, který nemusí být vysoký; jedinec je vitální, plně olistěn. Dobrá perspektiva příznivého vývoje do budoucna/ <i>A renewed height increment, which is not necessarily tall; the tree is vital, fully leafed. A good outlook for favourable development in the future.</i>
Poněkud zhoršený/ Slightly worse	C	Bez významnějšího přírůstu, případně přírůst tvoří jen tenké výmladky (vlky); snížená vitalita, ale velká většina koruny je živá. Uspokojivá perspektiva přežití (přírůst bude zřejmě po několika let zpomalen)/ <i>Without a significant increment or it creates only thin epicormic shoots; reduced vitality, but most of the crown is live. Satisfactory outlook for survival (growth will likely be slowed for several years).</i>
Výrazně zhoršený/ Significantly worse	D	Výrazné projevy defoliace; celkové chřadnutí; živá je často jen spodní část stromu. Pravděpodobně uschne/ <i>Significant signs of defoliation; general wilting; often only the lower part of the tree is live. It may most probably die.</i>
Suchý/Dry	E	Odumřelý strom / Dead tree



Obr. 1.

Celková výška a zdravotní stav jedlí. A – Celková výška stromu; B – Průměrná hodnota zdravotního stavu; C – Třídy zdravotního stavu. Třídy zdravotního stavu: A – Výborný; B – Dobrý; C – Poněkud zhoršený; D – Výrazně zhoršený; E – Suchý. Chybové úsečky označují směrodatné odchylky.

Fig. 1.

Total tree height and health status of fir. A – Total tree height; B – Mean health status; C – Classes of health status. Classes of health status: A – Excellent; B – Good; C – Slightly worse; D – Significantly worse; E – Dry. The whiskers indicate the standard deviations.

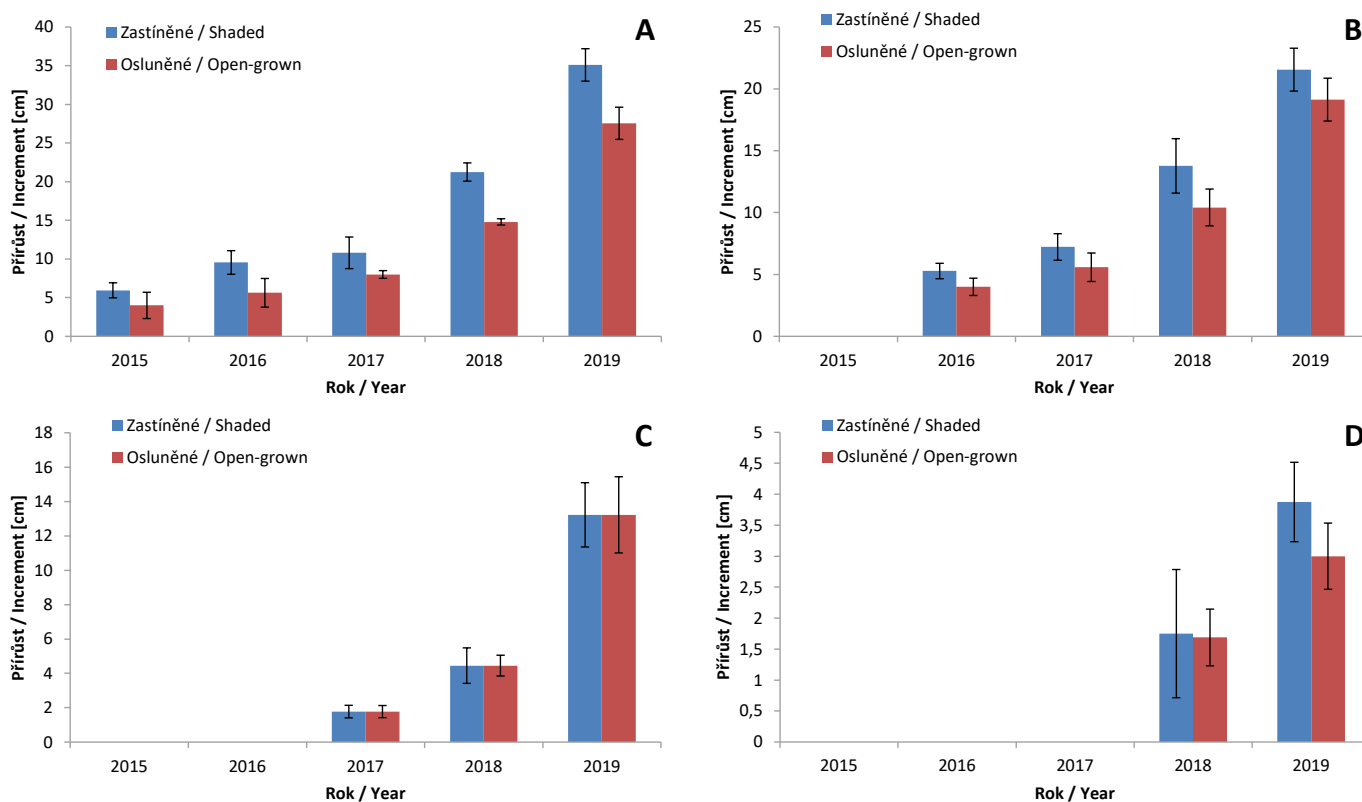
clonou dospělého porostu chránění před výrazným kolísáním teploty. Teplotní extrémy – jak vysoké teploty, tak velmi nízké – jsou tlumené dospělým porostem (EWERS, BANKS-LEITE 2013; DE FRENNE et al. 2019). Pufrací kapacita dospělého porostu udržuje v přízemní vrstvě nižší teploty a vyšší vlhkost oproti volným plochám (LENOIR et al. 2020). Dopadající srážky se vypařují díky menšímu přímému záření pomaleji a více se mohou vsakovat, což má za následek zvýšení relativní vlhkosti půdy oproti otevřené ploše (DAM 2001; CLINTON 2003; ABD-LATIF, BLACKBURN 2010). Díky tomuto jevu lze předpokládat, že zastínění jedinci rostou všeobecně lépe nežli jedinci na otevřené ploše. Jedle bělokora patří mezi druhy s vysokými nároky na půdní a vzdušnou vlhkost (BARDU 2012; TEODOSIU et al. 2019). Je také velmi citlivá na klimatické extrémy, zvláště v mládí, kdy mohou být juvenilní jedinci výrazně poškozeni přísuškou, přímou radiací, pozdními mrazy, silným mrazem atd. (DINCA et al. 2022). Výše zmíněné negativní jevy se v porostních mezerách vyskytují spíše ojediněle, naproti tomu jejich výskyt na otevřených plochách je zcela běžný. Poměr výšky stromu k šíři koruny částečně ilustruje dva kontrastní typy habitů, které jednotlivé druhy vytváří: i) dlouhý kmen na úkor bočních větví koruny nebo ii) široká koruna na úkor výškového růstu (KOHYAMA 1987; KING 1990; ORMAN et al. 2021). Obecně platí, že výrazné prodlužování bočních výhonů v porovnání s terminálním výhonem způsobuje vznik ploché koruny nebo koruny deštníkového tvaru a tzv. plagiotropní růst (PARENT, MESSIER 1995; GRASSI, BAGNARES, 2001, SZYMURA, 2005; ČATER, LEVANIČ 2013). Podle studie ORMAN et al. (2021) se u jedle poměr výšky jedince k šířce její koruny snižuje při vyšších úrovních přímého světla a vykazuje tudíž kontrastní odezvu

na přímé a rozptýlené světlo. Také DIACI, KOZJEK (2005), GRASSI, GIANNINI (2005), STANCIOIU, O'HARA (2006) a PETRIȚAN et al. (2009) uvádí, že jedle vytváří užší koruny za vyšších světelných podmínek. Ve zkoumaných porostech jsme však nezjistili žádný vliv míry oslunění na tento poměr, který byl jak u osluněných ploch, tak u porostních mezer velmi nízký, což značí úzké koruny a dlouhé kmeny.

ZÁVĚR

Umělá obnova jedle na obnovních prvcích holosečného charakteru v porostních mezerách a rozsáhlých holinách vykazuje následující:

- Stromy odrůstající v zástínu byly vyjma nejmladší výsadby vždy vyšší nežli jedinci na otevřených plochách.
- U všech výsadeb se v prvním roce po obnově projevil pravděpodobně šok z přesazení a z tohoto důvodu nebyly nalezeny rozdíly v přírůstu mezi jedlemi rostoucími na osluněných a zastíněných plochách;
- V následujících letech byly roční výškové přírůsty téměř vždy vyšší na zastíněných plochách.
- Zdravotní stav jedlí u všech výsadeb byl lepší a počet suchých stromů nižší, pokud jedinci rostli na zastíněné ploše.
- Jediným parametrem, na který neměl vliv světelný požitek, byl poměr šíře koruny ku výšce jedince, kdy nebyl indikován vznik plagiotropismu na zastíněných plochách.



Obr. 2.

Výškový přírůst jedlí. A – Výsadba z roku 2015; B – Výsadba z roku 2016; C – Výsadba z roku 2017; D – Výsadba z roku 2018. Chybové úsečky označují směrodatné odchylky.

Fig. 1.

Mean height increment of fir. A – Planted in 2015; B – Planted in 2016; C – Planted in 2017; D – Planted in 2018. The whiskers indicate the standard deviations.

Z růstové dynamiky a zdravotního stavu kultur jedle bělokoré vyplývá, že je nejvhodnější obnovovat jedli při okraji dospělého porostu. Ochranný efekt dospělého porostu přispívá k rychlejšímu odrůstání kultury, která navíc vykazuje celkově lepší zdravotní stav a netrpí plagiotropismem.

Poděkování:

Tato práce byla podpořena agenturou GAČR pod grantovým číslem 21-47163L "Fyziologická, morfologická a růstová reakce jedle a buku podél geografického gradientu – základ pro predikci budoucího vývoje trendů".

Autoři děkují zaměstnancům Biskupství ostravsko-opavského (především Ing. Martinu Konvičnému) za součinnost při řešení dané problematiky a Ing. Janu Hoblovi za revizi celého textu.

LITERATURA

- ABD LATIF Z., BLACKBURN G.A. 2010. The effects of gap size on some microclimate variables during late summer and autumn in a temperate broadleaved deciduous forest. *International Journal of Biometeorology*, 54 (2): 119–29. DOI: 10.1007/s00484-009-0260-1
- APLTAUER J., BJAČEK K., JANOUŠEK P., KOTRLA P., MANSFELD V., TOMÁŠOVÁ Z., TUMA P. 2024. Jedle bělokorá (*Abies alba*). Rozbory stavu a předpokládaného vývoje na základě analýzy dat LHPO, ERMA a OPR. Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 53 s. Dostupné na/Available on: <https://www.uhul.cz/wp-content/uploads/Jedle-belokora.pdf>
- BALÁŠ M., KUNEŠ I., KOŇÁSOVÁ T., MILLEROVÁ K. 2011. Vitalita výsadeb listnatých odrostků v podmínkách Jizerských hor. In: Kacálek, D. et al. (ed.): Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí. 12. Mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno 28. – 29. 6. 2011. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno: 55–67. *Proceedings of Central European Silviculture. 12th International Conference.* – ISBN 978-80-7417-039-3. Dostupné na/Available on: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/03/pces_2011_05_balas.pdf
- BARDU C.O. 2012. Impact of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) infection on needles and crown morphology of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40 (2): 152–158. DOI: 10.15835/nbha4027906
- CHMI. 2024. Historical data – Weather – Historical data 2020 [online] [cit. 2024-07-11]. Dostupné na/Available on: https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace?l=en&fbclid=IwAR0rXNgouzHXkf1j80yJxjL6F_-Stm195x7kVBY81GgTEUiercdNRS4mrMA
- CLINTON D.B. 2003. Light, temperature, and soil moisture responses to elevation, evergreen understory, and small canopy gaps in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*, 186 (1–3): 243–255. DOI: 10.1016/S0378-1127(03)00277-9
- COUTTS M.P. 1980. Control of water loss by actively growing sitka spruce seedlings after transplanting. *Journal of Experimental Botany*, 31 (125): 1587–1597.
- ČATER M., LEVANIČ T. 2013. 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
- DAM O. VAN 2001. Forest filled with gaps. Effects of gap size on water and nutrient cycling in tropical rain forest. A Study in Guyana. Dissertation. Utrecht University, The Netherlands: 208 s.
- DE FRENNE P., ZELLWEGER F., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ F., SCHEFFERS B.R., HYLANDER K., LUOTO M., VELLEND M., VERHEYEN K., LENOIR J. 2019. Global buffering of temperatures under forest canopies. *Nature Ecology & Evolution*, 3: 744–749. DOI: 10.1038/s41559-019-0842-1
- DE FRENNE P., LENOIR J., LUOTO M., SCHEFFERS B.R., ZELLWEGER F., AALTO J., ASHCROFT M.B., CHRISTIANSEN D.M., DECOCQ G., DE PAUW K., GOVAERT S., GREISER C., GRIL E., HAMPE A., JUCKER T., KLINGES D.H., KOELEMEEIJER I.A., LEMBRECHTS J.J., MARREC R., MEEUSSEN C., OGÉE J., TYSTJÄRVI V., VANGANSBEKE P., HYLANDE K. 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*, 27: 2279–2297. DOI: 10.1111/gcb.15569
- DIACI J., KOZJEK L. 2005. Beech sapling architecture following small and medium gap disturbances in silver fir-beech old-growth forests in Slovenia. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 156 (12): 481–486.
- DIACI J., ROZENBERGAR D., BONCINA A. 2010. Stand dynamics of Dinaric old-growth forest in Slovenia: Are indirect human influences relevant? *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 144 (1): 194–201. DOI: 10.1080/11263500903560785
- DINCA L., MARIN M., RADU V., MURARIU G., DRASOVEAN R., CRETU R., GEORGESCU L., TIMIȘ-GÂNSAC V. 2022. Which are the best site and stand conditions for silver fir (*Abies alba* Mill.) located in the Carpathian Mountains? *Diversity*, 14 (7): 547. DOI: 10.3390/d14070547
- DOBROWOLSKA D. 1998. Structure of silver 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
- ELLENBERG H. 2009. *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge, UK, Cambridge University Press: 731 s. ISBN 978-0-521-11512-4
- EWERS R.M., BANKS-LEITE C. 2013. Fragmentation impairs the microclimate buffering effect of tropical forests. *PLOS ONE*, 8 (3): e58093. DOI: 10.1371/journal.pone.0058093
- FARJON A. 2010. *Handbook of the world's conifers*. Boston, USA, Brill Academic Publishers: 967 s.
- GEIGER R. 2013. *Das Klima der bodennahen Luftschicht: Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie*. Wiesbaden, Springer Vieweg: 646 s. ISBN 978-3-658-03518-
- GOISSER M., ZANG U., MATZNER E., BORKEN W., HÄBERLE K.-H., MATYSSEK R. 2013. Growth of juvenile beech (*Fagus sylvatica* L.) upon transplant into a wind-opened spruce stand of heterogeneous light and water conditions. *Forest Ecology and Management*, 310: 110–119. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.08.006
- GRASSI G., BAGNARESI U. 2001. Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. *Tree Physiology*, 21 (12–13): 959–967. DOI: 10.1093/treephys/21.12-13.959
- GRASSI G., GIANNINI R. 2005. Influence of light and competition on crown and shoot morphological parameters of Norway spruce and silver fir saplings. *Annals of Forest Science*, 62 (3): 269–274. DOI: 10.1051/forest:2005019

- HALLMAN E., HARI P., RASANEN P.K., SMOLANDER H. 1978. The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis and height increment of scots pine seedlings. *Acta Forestalia Fennica*, 161: 23 s. DOI:10.14214/aff.7595
- HASSTEDT S.L., ANNIGHÖFER P. 2020. Initial survival and development of planted European beech (*Fagus sylvatica* L.) and small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) seedlings competing with black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Plants*, 9 (6): 677.
- JAWORSKI A. 2019. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Warszawa, PL, Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne: 696 s.
- KING D.A. 1990. Allometry of saplings and understorey trees of a Panamanian Forest. *Functional Ecology*, 4 (1): 27–32. DOI: 10.2307/2389648
- KNÍŽEK M., LIŠKA J., VÉLE A. 2023. Výskyt a význam kůrovců rodu *Pityokteines* v porostech jedle bělokoré (*Abies alba*). [Occurrence and importance of the bark beetles of the genus *Pityokteines* in silver fir (*Abies alba*) stands]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 68 (3): 168–175.
- KOHYAMA T. 1987. Significance of architecture and allometry in saplings. *Functional Ecology*, 1: 399–404.
- KOOP H., HILGEN P. 1987. Forest dynamics and regeneration mosaic shifts in unexploited beech (*Fagus sylvatica*) stands at Fontainebleau (France). *Forest Ecology and Management*, 20 (1–2): 135–150. DOI: 10.1016/0378-1127(87)90155-1
- KÖPPEN W. 1936. Handbuch der Klimatologie in fünf Bänden. Das geographische System der Klimate. Berlin, Verlag von Gebrüder Borntraeger: 44 s.
- LAMHAMED M.S., BERNIER P.Y., HÉBERT C., JOBIDON R. 1998. Physiological and growth responses of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings outplanted with and without vegetation control. *Forest Ecology and Management*, 110: 13–23. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00267-9
- LENOIR J., BERTRAND R., COMTE L., BOURGEAUD L., HATTAB T., MURIENNE J., GRENOUILLET G. 2020. Species better track climate warming in the oceans than on land. *Nature Ecology & Evolution*, 4 (8): 1044–1059. DOI: 10.1038/s41559-020-1198-2
- MÁLEK J. 1981. Jedle v pralesovitých rezervacích a výběrných lesích. *Lesnická práce*, 60: 255–259.
- MARTINÍK A., DUŠEK D. 2015. Potenciál mladších jedlových porostů (*Abies alba* Mill.) k přirozené obnově pod chřadnoucím smrkem na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (4): 267–273.
- MAURI A., RIGO D., CAUDULLO G. 2016. *Abies alba* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán, J. et al. (eds.): *European atlas of forest tree species*. Luxembourg, Publ. Off. EU: e01493b+. Dostupné na/Available on: https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Abies_alba.pdf
- MORA A., ROLLO A., McDOWELL K., YOS N., MOLINA BENAVIDES R.A., MORA C. 2023. The SheetPot: A low-cost, innovative nursery container. *Tree Planters Notes*, 66 (2): 41–47.
- ORMAN O., WRZESIŃSKI P., DOBROWOLSKA D., SZEWCZYK J. 2021. Regeneration growth and crown architecture of European beech and silver fir depend on gap characteristics and light gradient in the mixed montane old-growth stands. *Forest Ecology and Management*, 482 (1): 118866. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118866
- PARENT S., MESSIER CH. 1995. Effets d'un gradient de lumière sur la croissance en hauteur et la morphologie de la cime du sapin baumier régénéré naturellement. *Canadian Journal of Forest Research*, 25 (6): 878–885.
- PETRIȚAN A.M., VON LÜPKE B., PETRIȚAN I.C. 2009. Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech (*Fagus sylvatica* L.), maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) saplings. *European Journal of Forest Research*, 128: 61–74. DOI: 10.1007/s10342-008-0239-1
- PLÍVA K. 1987. Typologický klasifikační systém ÚHUL. Brandýs nad Labem, ÚHUL: 52 s.
- REIFSNYDER E.R. 1967. Forest meteorology: the forest energy balance. *International Review of Forestry Research*, 2: 127–179. DOI: 10.1016/B978-1-4831-9976-4.50010-8
- ROBAKOWSKI P., WYKA T., SAMARDAKIEWICZ S., KIERZKOWSKI D. 2004. Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. *Forest Ecology and Management*, 201 (2–3): 211–227. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.06.029
- SPINNLER D., EGLI P., KÖRNER C. 2002. Four-year growth dynamics of beech-spruce model ecosystems under CO₂ enrichment on two different forest soils. *Trees*, 16: 423–436. DOI: 10.1007/s00468-002-0179-1
- STANCIOIU, P.T., O'HARA, K.L. 2006. Morphological plasticity of regeneration subject to different levels of canopy cover in mixed-species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. *Trees*, 20: 196–209. DOI: 10.1007/s00468-005-0026-2
- SZYMURA T.H. 2005. Silver fir sapling bank in seminatural stand: Individuals architecture and vitality. *Forest Ecology and Management*, 212 (1–3): 101–108. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.03.003
- ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J., NOVOTNÝ P. 2005. Výsledky hodnocení nejstarší provenienční plochy VÚLHM Jiloviště-Strnady s jedlí bělokorou založené v roce 1961 na lokalitě Jiloviště, Baně (PLO 10). *Zprávy lesnického výzkumu*, 50 (1): 24–32.
- TAIL G.W.C. 1949. The vertical temperature gradient in the lower atmosphere under daylight conditions. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 75: 287–292.
- TEODOSIU M., MIHAI G., FUSSI B., CIOCIȚLAN E. 2019. Genetic diversity and structure of Silver fir (*Abies alba* Mill.) at the south-eastern limit of its distribution range. *Annals of Forest Research*, 62 (2): 139–156. DOI: 10.15287/afr.2019.1436
- TINNER W., COLOMBAROLI D., HEIRI O., HENNE P.D., STEINACHER M., UNTENECKER J., VESCOVI E., ALLEN J.R.N., CARRARO G., CONEDERA M., JOOS F., LOTTER A. F., LUTERBACHER J., SAMARTIN S., VALSECCHI V. 2013. The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, 83 (4): 419–439. DOI: 10.1890/12-2231.1
- ÚHÚL. 2023. Přehled lesních typů a souborů lesních typů v ČR. Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 1 s.
- VITASSE Y., BOTTERO A., REBETEZ M., CONEDERA M., AUGUSTIN S., BRANG P., TINNER W. 2019. What is the potential of silver fir to thrive under warmer and drier climate? *European Journal of Forest Research*, 138: 547–560. DOI: 10.1007/s10342-019-01192-4
- VOLAŘÍK D., HÉDL R. 2013. Expansion to abandoned agricultural land forms an integral part of silver fir dynamics. *Forest Ecology and Management*, 292: 39–48. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.12.016
- VRŠKA T., ADAM D., HORT L., KOLÁŘ, T., JANÍK D. 2009. European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – a developmental cycle or a linear trend induced by man? *Forest Ecology and Management*, 258 (4): 347–356. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.03.007

- WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. Rome, FAO: 192 s. World soil resources reports, 106. ISBN 978-92-5-108369-7. Dostupné na/Available on: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bcdecec7-f45f-4dc5-beb1-97022d29fab4/content>
- ZAKOPAL V. 1959. K záchraně jedle v našich porostech. Lesnická práce, 38 (3): 108–111.
- ZPRÁVA. 2023. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 138 s. Dostupné na/Available on: https://eagri.cz/public/portal/-a30268--rWtfkQZD/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-ceske-republiky-v-roce-2022-strucna-verze?_linka=a540692

GROWTH AND HEALTH STATUS OF OPEN-GROWN AND SHADED SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) PLANTATIONS IN THE BESKYDY MTS.

SUMMARY

Abies alba used to be a common but important species in naturally occurring tree composition in the territory of what today is the Czech Republic (VRŠKA et al. 2009; KNÍŽEK et al. 2023), and still is one of the most important European conifers (ELLENBERG 2009; FARJON 2010). However, natural composition of forests, which currently contain only 1.3% of fir, has decreased and continues to do so due to antropogenic activity, climate change and insufficiently exploited natural regeneration (MÁLEK 1981; ZPRÁVA 2023). Its return into forests is more than desirable. Fir should be applied in recommended close-to-nature management as a species for multistorey, uneven-aged or mixed forests. Its regeneration, therefore, has to take place not only naturally but also artificially. The aim of the research was to evaluate artificial regeneration of fir in small and large clear-cut areas based on the results, to recommend an optimal method of regeneration of fir in the context of the climate change that is taking place, and of the subsiding bark beetle disaster.

In the north-western part of Beskydy (the Czech Republic; 49°29'53.0"N; 18°18'35.6"E), a total of 15 unestablished stands arising on clear-cut areas (caused by a storm and the subsequent gradation of bark beetle) in the period 2015–2018 were selected. The stands were located at an altitude of around 600 m a.s.l. with cambisols and a mean annual air temperature of 7.4 °C and annual precipitation of 902 mm (measured during 2015–2019; Tab. 1). Some of the stands were established in large clear-cut areas that have not been influenced by standing mature stands, and the rest in small clear-cut areas that have been (see more information about stands in Tab. 2). Bare-rooted saplings (26–35 cm tall) were planted into holes (35 cm wide). In 2019, the heights, height increments and lengths of the longest branches of all fir were measured and their vitality was estimated (based on the method of BALÁŠ et al. 2011; Tab. 3). The crown-width-of-tree-to-height ratio is used to evaluate the morphological response. The value of this ratio increases when the tree shows signs of plagiotropism growth (lateral branches lengthen in order to get more sunlight).

The growth variability and health status of the fir trees showed that:

- The shaded fir trees were always taller than the open-grown ones (except for the youngest stands; Fig. 1);
- The planting shock occurred in all fir trees, regardless of the area in which they were planted the first year after transplanting (the height increment between the shaded and open-grown trees was very small and statistically insignificant; Fig. 1 and 2);
- In the following years, the shaded fir trees always had greater annual height increments than the open-grown ones – there was a very visible difference in the second year after transplanting (the open-grown trees may still have suffered from the planting shock while the shaded trees did not; Fig. 2);
- The fir trees were healthier, and the number of dead trees was lower when they grew in shaded areas (Fig. 1);
- The fir trees (even the shaded) did not suffer from plagiotropism.

It is therefore more appropriate to plant fir on small clear-cut gaps located inside stands. A protective effect of a mature stand contributes to faster growth of trees and a better health status. Moreover plagiotropism (due to excessive shading), which was a major concern, was not confirmed.

Zasláno/Received: 29. 07. 2024

Přijato do tisku/Accepted: 28. 09. 2024