

PROSPERITA JEDLE V PODSADBÁCH POD PŘÍPRAVNÝMI POROSTY LISTNATÝCH DŘEVIN O RŮZNÉM ZAKMENĚNÍ A VĚKU

PROSPERITY OF SILVER FIR PLANTED UNDER PREPARATORY STANDS OF PIONEER BROADLEAVES OF DIFFERENT STOCKING AND AGE

ROBERT POLÁCH¹⁾✉ - ONDŘEJ ŠPULÁK²⁾

¹⁾Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: robert.polach@lesycr.cz

ABSTRACT

Two-stage forest regeneration using preparatory stands presents potentially suitable way of an introduction of silver fir (*Abies alba*) in large-scaled clear-cut areas of calamity origin. The objective of this study was the verification of four-year-old fir underplanting reactions at nutrient rich site to the preparatory stands environment featuring three pioneering species of various stocking density (5, 7, 10) compared with plantings in small area clearing (0.1 ha). The fir mortalities were low both in all stand treatments and in the clearing. The fir height and root diameter increments under birches declined with higher stocking density. Under rowan, the highest increments occurred under preparatory stand with stocking density of 7. Minimal fir increment reactions to the various stocking density of the preparatory stands were observed under alder trees. The development of the crown width mostly correlated with the fir height. Development of the needle lengths, depending on the stocking density of preparatory stands, differed under birches from rowan shelter, while there were no differences in this parameter under alder treatments. The research showed that in present conditions fir plantings in small area clearings or under about 15-year-old preparatory birch stands, having stocking density reduced to one half, can be recommended from fir prosperity perspective.

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

Klíčová slova: dvoufázová obnova; přípravný porost; bříza; olše; jeřáb; jedle; zakmenění; věk

Key words: two-phase forest regeneration; preparatory stand; birch; alder; rowan; silver fir; stocking; age

ÚVOD

Jedle bělokorá byla v České republice přirozenou součástí smíšených porostů, její zastoupení v přirozené druhové skladbě dřevin se odhaduje na 19,8 % (MZE 2021). Výrazný ústup jedle souvisí s přechodem k monokulturnímu pěstování smrku na přelomu 18. – 19. století (NOŽIČKA 1957). Její následný značný úbytek v 70. – 80. letech 20. století byl akcelerován zvýšenými koncentracemi imisí a antropickými změnami prostředí. Hlavní příčina ústupu této dřeviny není zřejmá, nejčastěji se v souvislosti s jejím plošným odumíráním v Evropě hovoří o komplexních příčinách (LARSEN 1986).

Jedle bělokorá náleží k našim původním dřevinám s nejvyšší produkcí dřeva, které má svým vzhledem, stavbou i vlastnostmi široké uplatnění, obdobně jako dřevo smrku (ZEIDLER, BORŮVKA 2019). Je vý-

znamnou zpevňující dřevinou (MAUER, HOUŠKOVÁ 2018), a přestože na většině stanovišť není její efekt na chemismus půdy výrazně odlišný než např. u smrku (KACÁLEK et al. 2017), je řazena mezi dřeviny meliorační. Zároveň zvyšuje biodiverzitu lesních ekosystémů svou vysokou tolerancí k zástínu. Její význam je tedy ekonomický i ekologický (DOBROWOLSKA et al. 2017; ZEIDLER, BORŮVKA 2019).

Obnova jedle byla na dlouhé časové období minimalizována nevhodným lesnickým hospodařením, preferencí jiných cílových dřevin (zejména smrku), ale i vysokými škodami především spárkatou zvěří. V současné době celkově dosahuje pouze 1,2 % porostní půdy. Doporučený podíl v cílové dřevinné skladbě je však 4,4 % (MZE 2021). Jedle má značné nároky na vláhu a její rozložení během roku. Nejlépe se jí daří na hlubokých čerstvých půdách, vyžaduje stejnoměrnou průměrnou půdní vlhkost po celou vegetační dobu. Špatně snáší silné zimní

mrazy (ÚRADNÍČEK et al. 2001). Jako stín snášející dřevina má vyšší růstovou dynamiku při omezených světelných podmínkách než např. smrk (VENCURIK et al. 2015).

Snaze navýšit podíl jedle v našich lesích neprospívá nedostatek rovnoměrných srážek v posledních letech a zejména vznik rozsáhlých kalamitních holin v důsledku rozpadu smrkových porostů. Prostředí takto vzniklých holin je vystaveno působení klimatických stresových faktorů, jako jsou vysoké a nízké teploty, nerovnoměrná vlhkost, silný sluneční osvit (BALÁŽ et al. 2008). Vinou vysokých teplot, ale i mrazů zde roste riziko vysušování (KORPEE 1991). Proto jsou zde podmínky pro přímou výsadbu jedle nepřiznivě.

Jednou z možností, jak vnést jedli na kalamitní plochy a zároveň eliminovat působení extrémních podmínek holých ploch je využití porostů přípravných dřevin a technologie podsadeb v rámci dvoufázové obnovy. Použití pionýrských dřevin na stávajících holinách umožňuje větší časovou a prostorovou variabilitu při vytváření následných porostů s vyšším potenciálem budoucí stability (SOUČEK 2021). V našich podmínkách lze velmi dobře využít přípravný porost domácích pionýrských listnáčů, jako je bříza a jeřáb ptačí, na podmáčených stanovištích olší lepkavou. Jde o dřeviny tolerantní ke stresům z výkyvů teplot, jsou méně náročné na trofnost půdy (SLODIČÁK et al. 2009). Přípravnou funkci mohou ovšem velmi dobře plnit i některé hlavní hospodářské dřeviny jako jsou například smrk, borovice nebo modřín (SOUČEK et al. 2016). KREJZLÍK (1972a) kvůli zachování podobného mikroklimatu během celého roku doporučuje pro přípravný porost využít spíše borovici a modřín oproti bříze a jiným listnáčům. Podle autora pod listnáči dochází kvůli opadu asimilačních orgánů k velkým a pro jedli nevhodným sezónním změnám v přístupu vzduchu a světla.

Názory na vhodné postupy podsadeb přípravných porostů jedlí jsou předmětem diskuzí. Mezi zásadní charakteristiky vytvářející růstové prostředí pro podsady jedlí patří zejména druhové složení, věk a zakmenění přípravného porostu. Jejich vhodná kombinace vytváří podmínky pro odrůstání podsázené jedle (tvorba vhodného mikroklimatu, potlačování buřeně).

Cílem práce je ověřit reakce podsadeb jedle bělokore na porostní prostředí přípravných porostů břízy, jeřábu a olše o různém zakmenění a u břízy také věku. Na základě výsledků následně doporučit optimální postup využití těchto přípravných dřevin k vnosu cílové dřeviny jedle bělokore na kalamitní plochy.

MATERIÁL A METODIKA

Zkusné plochy byly založeny v roce 2013 na lokalitách postižených václavkovou a kůrovcovou kalamitou. Jedná se o PLO 28 Předhoří Hrubého Jeseníku, oblast Krnovska, okolí Města Albrechtic (dříve LS Město Albrechtice, nyní LS Jeseník). Pro výzkumné plochy byly na revíru Artmanov vybrány porosty břízy a jeřábu z přirozené obnovy na plochách po postupném rozpadu chřadnoucích smrkových porostů. Dále byly na revíru Karlova hora vybrány porosty olše z výsadeb, které byly provedeny na rozsáhlé kalamitní ploše v systému šachovnicového uspořádání ve tvaru čtverců přibližně 20 × 20 m. Porosty břízy byly zvoleny dle tří kategorií věku (7, 15, 30 let), u olše a jeřábu byl věk okolo 15 let.

Zkusné plochy byly založeny v nadmořské výšce 470 až 650 m, ve svažitém terénu o sklonu do 14° převážně SV orientace. Zakmenění jednotlivých ploch o výměře 0,04 ha bylo při založení jednorázově variantně upraveno na 10+ (tzn. původní zakmenění, pouze u jeřábu a uporostů břízy ve věku 30 let), 10, 7 a 5. V dalším sledovaném období nebylo nijak upravováno (tab. 1). Srovnávací plocha byla založena na holosečném obnovním prvku nepravidelného tvaru (holině) z roku

2012 o výměře 0,10 ha (rozměry 25 × 40 m s delší stranou orientovanou směr V-Z), v jejímž okolí se nacházela tyčkovina až tyčovina břízy (90 %) a klenu (10 %) o průměrné výšce cca 10 metrů (2013).

Plocha na holině byla na jaře 2013 zalesněna a zkusné plochy s přípravnými dřevinami podsázeny jedlí v počtu 250 ks na variantu. V maximální možné míře byl dodržen zalesňovací spon 1,0 × 1,1 m až 1,0 × 1,0 m. Použitý prostokořenný sadební materiál (2+2) měl střední tloušťku kořenového krčku 5 mm a výškovou třídu 15–25 cm. Plochy byly při založení oploceny.

V roce 2013 bylo založeno celkem 18 zkusných ploch. Vzhledem k poškození oplocení během zimního období roku 2016 byla varianta břízy kategorie 30 let a zakmenění 10 poničená spárkatou zvěří z hodnocení vypuštěna. Na podzim roku 2015 a podruhé na podzim roku 2017 byla u 100 jedinců jedle na plochu měřena výška nadzemní části, tloušťka kořenového krčku, délka posledního a předposledního přírůstu terminálu, šířka koruny a délka nové jehlice v polovině délky posledního přírůstu na větví druhého přeslenu shora. Při měření byly vynechány jedle krnící a výrazně předrůstavé. Mortalita výsadeb (u 250 jedlí na každé ploše) byla hodnocena opakovaně v roce 2015 a 2017.

Pokud se data odchylovala od normality a homoskedasticity, byla pro účely statistické analýzy transformována Box-Coxovou transformací (FOX, WEISBERG 2019). Analýzy byly realizovány ve statistickém prostředí R (R Core Team 2019). Podle charakteru dat vstupujících do porovnání byla data hodnocena pomocí ANOVA (normalita, homoskedasticita; funkce `glth` z balíku `multicomp`) nebo Welch's ANOVA (normalita, heteroskedasticita; funkce `oneway.test` z balíku `stats`; viz CRIBBIE et al. 2007) s Tukey post-hoc testem. Vliv zakmenění a věku porostu břízy byl testován pomocí dvoufaktorové ANOVA. Výsledky byly považovány za průkazné na hladině významnosti 0,05.

VÝSLEDKY

Mortalita

Mortalita jedle byla po sledované 4 roky od výsadby nízká. Nejvyšší mortalita, 6 %, byla pozorována u výsadeb na holině (kde byl podíl odumřelých jedinců nejvyšší už po prvních dvou letech od výsadby), ale také pod hustými porosty 7leté břízy a 15letého jeřábu. Trendy rozdílů málo se lišící mortality mezi porosty různého zakmenění nebyly jednoznačné (tab. 2).

Růstové parametry

Podsady porostů břízy

Dvoufaktorovou analýzou variance byl prokázán vysoce průkazný vliv věku i zakmenění přípravného porostu břízy na hodnocené růstové i morfologické parametry 4leté podsady jedle, a to s výjimkou tloušťky kořenového krčku v roce 2015, u kterého se nepotvrdil vliv zakmenění ($p = 0,08$).

Ve všech kategoriích věku výškový přírůst a celková výška vysoce průkazně klesaly s narůstajícím zakmeněním porostu (tab. 3). U tloušťky kořenového krčku v roce 2015 nebyl ještě pozorovatelný jednotný trend, o dva roky později však vyšší zakmenění břízy vedlo k menší tloušťce krčku u podsadeb jedle. Obdobně se chovala i šířka korun jedlí: v roce 2017 již pokles šířky s nárůstem zakmenění břízy byl patrný ve všech kategoriích věku, poměr šířky korun k výšce se mezi variantami lišil minimálně. Přes průkazné rozdíly nevykazovala délka jehlic jednotnou reakci na zakmenění, vzájemně postavení hodnot v rámci kategorií věku bylo mezi oběma měřeními různé až

Tab. 1.

Základní charakteristika zkusných ploch

Basic data on experimental plots

Prostředí/ Environment	Kategorie věku/ Age category	Věk/Age*	Zakmenění/ Stocking	SLT	Porost/ Stand	Nadm. výška/ Altitude [m]	Orientace / sklon Aspect / inclination	Střední výška/ Mean height**
Holina/Clearing				4B	725B02b	470	SV/11°	
	7 let	7	5	5B	613A01a	650	SV/8°	3
		7	7	4B	614G01b	610	SV/11°	4
		7	10	4B	614G01b	610	SV/11°	4
	15 let	15	5	4B	607D02b	520	V/10°	8
		15	7	4B	607D02b	520	V/10°	8
		15	10	4B	725B02b	470	SV/11°	10
BR/Birch	30 let	33	5	4B	619A03	480	JV/12°	18
		33	7	4B	619A03	480	JV/12°	18
		30	10	4B	614C03	520	SV/12°	16
		24	10+	4S	611A03a	470	JZ/8°	14
	15 let	15	5	4B	604B02	500	SV/9°	7
		16	7	4B	603B02c	500	SV/11°	8
JR/Rowan		16	10	4B	603B02c	500	SV/11°	8
		15	10+	4B	604B02	500	SV/9°	7
	15 let	15	5	4B	827D02a	500	SV/14°	12
OL/Alder		15	7	4B	827D02a	500	SV/14°	12
		15	10	4B	827D02a	500	SV/14°	12

*skutečný věk v době výsadby jedle/actual age in the year of fir planting (2013); **střední výška v době výsadby jedle/average height in the year of fir planting (2013);

Aspect: SV – North-East; V – East; JV – South-East; JZ – South-West; SLT – unit of forest site classification, numbers denote forest vegetation zone (4 – beech, 5 – beech with fir), „B“ denotes nutrient-rich soils and „S“ denotes fresh, nutrient-medium soils, for details see VIEWEGH et al. (2003)

Tab. 2.

Kumulativní mortalita jedle v jednotlivých variantách přípravného porostu

Total mortality of fir in individual preparatory stand treatments

Prostředí/Environment	Kategorie věku/ Age category	Zakmenění/ Stocking	Mortalita JD/Fir mortality [%]	
			rok/year 2015	rok/year 2017
Holina/Clearing			5,2	6,0
	7 let	5	3,6	4,4
		7	3,6	4,8
		10	4,8	6,0
	15 let	5	3,6	4,4
BR/Birch		7	2,8	4,0
		10	2,4	4,0
	30 let	5	4,8	4,8
		7	4,0	4,4
		10	4,4	x*
		10+	4,4	5,2
	15 let	5	4,0	4,8
JR/Rowan		7	3,2	4,0
		10	2,8	4,8
		10+	4,8	6,0
	15 let	5	4,4	5,2
OL/Alder		7	3,2	4,4
		10	3,6	4,4

*Výsadba byla v roce 2016 poškozena spárkatou zvěří/The planting was damaged by game in 2016

zcela protichůdné. Mezi roky 2015 a 2017 však délka poklesla, s výjimkou věkové kategorie 30 let, výrazněji v řidších variantách porostů (tab. 3).

Porovnání přírůstu jedlí vysazených na holině a ve variantách nejnižšího zakmenění všech věkových kategorií přípravného porostu břízy prokázalo příznivější výškový vývoj v kategorii 15 let a na holině (tab. 4). Výška jedlí byla v těchto variantách experimentu bez ohledu na věk porostu v roce 2017 shodná, stromky na holině však měly větší tloušťku kořenového krčku. Naproti tomu pod 15letým porostem měly jedle průkazně větší šířku koruny. Odlišný rozvoj korun do šířky se odehrál mezi roky 2015 a 2017, neboť při prvním měření nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Také délka jehlic doznala relativních změn mezi termíny měření, varianty si většinou vzájemně vyměnily pořadí velikosti (tab. 4).

Podsady 15letého porostu jeřábu

Celkově nejvyšší růstové parametry vykazovala jedle vysazená pod přehoustlým porostem jeřábu (10+). Výška jedle byla ve všech variantách porostu jeřábu průkazně odlišná (tab. 5). Nejvyšší byla zjištěna pod variantou zakmenění 7, nejméně jedle přirůstala pod variantou 10+. Tloušťka kořenového krčku se diferencovala mezi lety 2015 a 2017 a poté korelovala s výškou. Také šířka koruny v jednotlivých variantách porostu byla při měření v roce 2015 ještě statisticky bez rozdílů, nejširší koruny o dva roky později měly jedle rostoucí pod zakmeněním jeřábu 7, což odpovídá výškovému vývoji stromků. Délka jehlic mezi měřeními u všech variant poklesla. Nejdelší jehlice v obou termínech měření měly jedle pod zakmeněním 5, nejkratší pak pod zakmeněním 7 (v roce 2015 také 10).

Podsady 15letého porostu olše

Vývoj jedlí pod variantami zakmenění porostu olše vykazoval minimální rozdíly (tab. 5). Přes dílčí průkazné, ale nízké rozdíly výškového přírůstu v roce 2017 byla průměrná výška mezi variantami shodná, u tloušťky kořenového krčku byl rozdíl zjištěn pouze v roce 2015. Jedle se v obou sledovaných letech lišily šířkou koruny – nižší šířka byla zjištěna pod zakmeněním olše 7. Délka jehlic jedlí mezi lety sledování poklesla, rozdíly zjištěné při prvním měření však následně zanikly.

DISKUSE

Obnova pod clonou, ať již mateřského porostu nebo porostu přípravných dřevin, je pro obnovu jedle obecně doporučovaným postupem (SVOBODA 1953; KANTOR 2001), neboť na holině bez krytu před přímým slunečním zářením bývá silně ohrožena mrazem, vykazuje vyšší ztráty a často nižší přírůst (HOUSKOVÁ et al. 2016). Obdobně ani clonění silně proředeným porostem nemusí vůči poškození mrazem skýtat dostatečný kryt, jak zjistil VANĚK et al. (2016) při sledování růstu jedle podsázené pod 28letým porostem jeřábu se zakmeněním sníženým na hodnotu 4 a v deseti letech věku podsázaných jedinců až na hodnotu 1 (mortalita jedinců podsázené jedle dosáhla 81 %). Na žádné variantě v našem experimentu se za sledované období mraz ve vegetační době neprojevil (holina měla výhodu mírně nižší nadmořské výšky než některé březové varianty). I přesto jedle vysazená na holinu vykazovala mírně vyšší mortalitu než jedle většiny variant podsadeb, s výjimkou nej hustší varianty porostu jeřábu (zakmenění 10+). Z hlediska přežívání tak měla zvýšená ozářenost holiny obdobný efekt, jako výrazné stínění vlivem neredukované clony krycího porostu. Ztráty do 10 % však obecně neznamenají ohrožení vývoje porostu. Podobně nízkou mortalitu pět let po výsadbě na dlouhodobé výzkumné ploše založené v imisně ekologických podmínkách Kruš-

ných hor (lokalita Fláje) zjistili i KRIEGLER a BARTOŠ (2004). Zde i přes silnou redukci původního počtu dřevin 16letého přípravného porostu (bříza o 50 % a jeřáb až o 70 %) došlo u podsadeb jedle k mortalitě menší než 5 %.

Také co se týká přírůstové reakce byl vývoj jedle na sledované holině průkazně pozitivní, srovnatelný s nejlépe rostoucími jedlemi pod nízkým zakmeněním 15leté břízy (redukovaným na 5). Dosavadní vývoj jedle na testované holině tak potvrzuje doporučení uvedená v práci autorů REMEŠ et al. (2014), kteří mezi ideální podmínky pro odrůstání jedle řadí i kotlíky do max. 0,1 ha. A to i přesto, že vzhledem k nízké průměrné výšce porostu v okolí holiny (10 m v roce 2013) bylo v našem experimentu reálné krycí stínění porostních okrajů do prostoru holiny omezené. Zvolená velikost obnovního kotlíku byla vhodná i z hlediska rizika kumulace studeného vzduchu, ke kterému dochází v porostních mezerách nehomogenních porostů vlivem nočního proudění vzduchu (KREČMER 1961; SOUČEK, ŠPULÁK 2010) a které se tu neprojeví.

Nejpříhodnější poměry přípravného porostu břízy na odrůstání jedle byly zjištěny při jeho rozpracování v 15 letech. Nicméně ani 7letý či 30letý porost břízy v našem experimentu nepředstavoval, zvláště při provedení alespoň částečné redukce zápoje, pro vývoj jedle bariéru. A to sledované 7leté varianty byly vzhledem k porostním možnostem umístěny o cca 100 výškových metrů výše.

LEVÝ (2015) zjistil při hodnocení růstu jedle v různých podmínkách otevřenosti porostního zápoje – v rozmezí od 15 % (nejmenší kotlík) do 22 % (největší kotlík) – negativní vliv přímého slunečního záření (DSF) na růst, a naopak pozitivní korelaci výškového a tloušťkového růstu s rostoucím poměrem difuzního záření k záření přímému. Nejmenší přírůsty, jak tloušťkové, tak výškové, byly naměřeny u jedle vysazené do největšího kotlíku (7,27 arů), a naopak největší byly u jedlí z kotlíku nejmenšího. Na základě těchto zjištění považuje LEVÝ (2015) za optimální obnovovat jedli na menších plochách o velikosti zhruba 2 až 3 arů s mírně proředeným okolním porostem, bez větších světlin. To potvrzuje i ROBAKOWSKI et al. (2003), který jako optimální podmínku pro výškové odrůstání jedle uvádí prostředí okolo 18 % plné ozářenosti, avšak celková biomasa jedlí, ale také poměr biomasy kořenů k celkové biomase narůstaly se zvyšující se ozářeností.

Zejména u podsadeb je hustota zápoje přípravného porostu základním faktorem ovlivňujícím přísun světla (od 2 % při hustém zápoji do 40 % při charakteru volné plochy). Jedle je schopna přežít při intenzitě světla 1,7 až 2,7 %, ale optimálně roste až při intenzitě 15 až 25 % světla volné plochy (LEVÝ 2015). HURT a MAUER (2016) uvádějí, že ideální podmínkou pro růst podsázené jedle ve 20- až 40letých porostech břízy nebo jeřábu je nesnižovat jeho zakmenění pod 7. U porostů s rychlou dynamikou růstu (s vysokým potenciálem rychlého zapojení porostu) zmiňují ideální podmínky již při zakmenění 5. U porostů starších (nad 40 let) doporučují zakmenění 9 a vyšší. REMEŠ et al. (2014) pak popisuje ideální podmínky pro odrůstání podsázené jedle při postupném snížení zápoje horní etáže o cca 50 % (na zakmenění 5).

Námi zjištěné výsledky poukazují na odlišný vliv přípravných porostů břízy, jeřábu a olše na podsázenou jedli. Výsledek se zdá být konzistentní i přes částečné rozdíly v nadmořské výšce a orientaci analyzovaných březových porostů. Zatímco u testovaných 15letých porostů jeřábu se skutečně jako optimální jevílo zakmenění 7, dosavadní růstová reakce jedle pod olší byla obdobná ve všech testovaných variantách zakmenění. A pod břízou jedle bez ohledu na věk přípravného porostu přirůstala nejlépe pod porostními částmi se zakmeněním redukovaným až na 5. Jak se zdá, porost každé z testovaných přípravných dřevin formuje porostní mikroklíma jiným způsobem, svůj význam může mít i odlišný vliv na půdní prostředí, který lze předpokládat zvláště u olše

Tab. 3.

Růstové parametry jedle – výsadby na holinu a podsadeb pod variantami zakmenění porostu břízy. Statistická porovnání variant zakmenění břízy v rámci parametru a věkové kategorie; ANOVA, Welch's ANOVA. Písmena za průměry značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám v rámci příslušné dřeviny
 Growth parameters of fir planted on clearing and under shelter of birch preparatory stands. Statistical comparison of variants of birch stocking for each parameter in age category; ANOVA, Welch's ANOVA; letters following averages indicate statistically homogeneous groups of the treatments within the species

Kategorie/ Age Zakme- nění/ Stocking	Výškový přírůst/Height growth [cm]			Výška/Height [cm]			Křček/Root collar [mm]			Šířka koruny/Crown width [cm]			Délka jehlice/Needle length [mm]															
	2016		2017		2017		2015		2017		2015		2017		2015		2017											
	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD										
Holina/ Clearing	11,4	3,4	14,9	6,6	72,3	11,2	9,8	2,0	14,6	1,2	43,6	9,4	73,8	9,8	20,7	4,7	19,6	1,7										
	p= <0,001			<0,001			0,04			<0,001			0,6			<0,001												
7let	5	9,2	c	2,8	12,0	c	3,9	61,0	c	10,1	8,8	b	1,8	12,3	b	2,0	41,8	c	10,4	22,0	b	5,1	17,8	a	2,1			
	7	7,4	b	2,4	7,7	b	2,8	55,6	b	10,0	8,2	a	2,1	11,0	a	2,2	40,7	b	9,6	21,3	b	3,6	20,2	c	2,3			
	10	3,9	a	1,7	5,2	a	2,0	45,0	a	6,5	8,7	ab	1,5	10,7	a	1,7	41,3	a	8,1	19,5	a	3,0	19,3	b	2,4			
	p= <0,001			<0,001			<0,001			<0,001			<0,001			0,01			<0,001									
15let	5	14,6	c	4,5	18,8	c	5,8	76,5	c	14,3	9,8	b	1,8	13,3	c	2,2	43,0	b	6,4	78,4	c	11,2	23,0	b	3,8	17,8	a	2,2
	7	12,6	b	3,5	15,6	b	4,6	68,1	b	10,2	8,6	a	1,4	11,7	b	1,5	37,8	a	7,0	69,2	b	9,9	23,3	b	4,0	18,1	a	2,2
	10	7,1	a	1,9	7,8	a	2,6	50,6	a	6,3	9,3	b	1,9	10,8	a	1,5	44,2	b	6,9	54,4	a	7,1	21,9	a	5,4	20,5	b	2,5
	p= <0,001			<0,001			<0,001			<0,001			<0,001			<0,001			0,01			<0,001						
30let	5	10,1	c	2,4	11,6	c	3,4	63,4	c	8,6	9,0	a	1,5	12,2	b	2,0	43,1	ab	7,2	75,6	c	9,2	21,5	a	3,2	20,3	b	1,9
	7	8,1	b	2,9	8,6	b	3,0	59,1	b	7,0	9,8	b	1,3	12,3	b	1,8	45,1	b	6,6	68,7	b	9,9	22,8	ab	4,9	20,4	b	2,8
	10*									8,8	a	2,1				41,3	a	7,0				24,3	b	6,3				
	10+	7,1	a	2,1	6,3	a	2,3	47,6	a	6,1	9,3	ab	1,6	11,3	a	1,4	41,7	a	6,4	64,8	a	12,4	22,9	ab	4,1	17,7	a	1,5
	prům./average																											

Tab. 4.

Statistické porovnání charakteristik jedle: výsadby na holině a podsadeb přípravných porostů břízy dle kategorií věku se zakmeněním 5. Písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám (ANOVA). Pro střední hodnoty viz tab. 1
 Statistical comparison of fir parameters: fir planted on clearing and under shelter of birch preparatory stands with stocking of 5 and different age. Letters indicate statistically homogeneous groups (ANOVA). For average values see Tab. 1

Dřevina/ Species	Kategorie/ Age category	Zakmenění/ Stocking	Výškový přírůst/ Height growth		Výška/ Height		Křček/ Root collar		Šířka koruny/ Crown width		Délka jehlice/ Needle length	
			2016	2017	2016	2017	2015	2017	2015	2017	2015	2017
Holina/Clearing		p=	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,3	<0,001	0,001	<0,001
	7let	Z05	b	b	b	b	c	a	b	a	b	
	15let	Z05	a	a	a	a	a	a	a	ab	a	
	30let	Z05	c	c	b	b	b	a	c	b	a	
			ab	a	a	a	a	a	bc	ab	b	

Tab. 5.

Růstové parametry podsadeb jedle pod variantami zakmenění 15letých porostů jeřábu a olše. Statistická porovnání variant zakmenění v rámci jednotlivých dřevin; ANOVA, Welch`s ANOVA. Písmena za průměry značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám v rámci příslušné dřeviny
 Growth parameters of fir planted under shelter of 15-year-old rowan and alder preparatory stands. Statistical comparisons of stocking treatments of individual species; ANOVA, Welch`s ANOVA. Letters following averages indicate statistically homogeneous groups of the treatments within the species

Dřevina/ Species	Zakmenění/ Stocking	Výškový přírůst/ Height growth [cm]				Výška/ Height [cm]				Křček/ Root collar [mm]				Šířka koruny/ Crown width [cm]				Délka jehlice/ Needle length [mm]						
		2016		2017		2017		2015		2017		2015		2017		2015		2017						
		prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD					
JR/Rowan	p=	<0,001																						
	5	9,1	b	2,5	10,2	b	3,7	59,9	b	10,0	b	1,8	38,3	a	6,7	64,9	b	10,7	25,0	c	4,9	20,2	c	2,5
	7	11,4	c	3,1	15,7	d	4,2	69,2	d	10,6	d	1,7	41,2	a	7,3	75,6	d	10,1	20,5	a	3,0	16,8	a	1,9
	10	10,8	c	3,4	13,2	c	4,1	64,7	c	11,3	c	1,8	40,0	a	6,0	70,6	c	11,1	21,2	a	2,7	18,5	b	2,6
	10+	6,6	a	2,2	7,2	a	2,4	51,4	a	8,3	a	1,5	38,8	a	7,6	54,9	a	8,7	23,1	b	4,7	19,1	b	1,9
OL/Alder	p=	0,4																						
	5	10,4	a	3,5	13,3	b	4,1	63,2	a	8,6	a	1,8	42,5	ab	7,3	68,3	b	10,1	22,9	a	5,1	18,7	a	1,8
	7	9,9	a	3,8	12,5	b	5,2	62,2	a	10,0	a	1,4	40,6	a	5,5	64,2	a	10,1	22,3	a	3,6	18,4	a	2,5
10	10,5	a	3,9	10,7	a	4,4	63,4	a	11,6	a	1,2	43,2	b	5,2	70,1	b	9,3	24,7	b	4,7	18,9	a	2,4	
prům./average		0,03																						
		<0,001																						
		0,09																						
		0,04																						
		0,7																						
		<0,001																						
		0,001																						
		0,3																						

díky její symbióze s bakteriemi napomáhajícími fixaci dusíku (COOLS et al. 2014).

I při vyhodnocování délky jehlic jedlí byla zjištěna odlišná reakce na porostní prostředí námi posuzovaných variant přípravných porostů. U více jak poloviny variant pod porosty byla délka jehlic podsázené jedle při prvním měření (2015) průkazně větší než na holině ($p < 0,001$). V roce 2017 byly již jehlice na variantě holina relativně (v poměru k většině variant) delší, statistický rozdíl však byl méně častý. Mezi léty sledování délka jehlice u všech variant poklesla. Nelze jednoznačně prokázat vztah mezi délkou jehlice a zakmeněním přípravného porostu, u břízy a jeřábu však nejdelší jehlice častěji vykazovaly jedle při nejnižším zakmenění 5. Naproti tomu u podsadeb buku, pěstovaného ve shodných variantách jako tento experiment, se vliv nárůstu zakmenění přípravného porostu na snižování rozměrů listů projevil významněji (POLÁCH, ŠPULÁK 2021). Zde byly nejmenší listy podsázeného buku naměřeny pod přípravnými porosty břízy se zakmeněním 10 a větším.

I když je ochrana mateřského porostu nad jedlovým nárůstem obecně považována za velmi žádoucí (pro zmírnění klimatických extrémů), v případě přílišného zastínění může docházet i k odumírání nárůstů (KREJZLÍK 1957; VINŠ 1961). Úprava hustoty přípravného porostu musí být realizována včas. Podle KREJZLÍKA (1972b) je u jehlic jedle velmi důležité, aby zůstávaly ve své funkci 8–10 let: prořídne-li jedle opadáním jehlic 5 a víceletých, pak dochází k jejímu postupnému chřadnutí a odumírání.

Za vhodný parametr vyjadřující prosperitu jedle pod porostní clonou je považován poměr délky přírůstu terminálního výhonu ku přírůstu prvního bočního výhonu shora (apical dominance ratio), neboť byl zjištěn těsný vztah k dalším morfologickým i fyziologickým parametrům stromků (RIPULLONE et al. 2016). Jeho hodnoty nižší než 1 poukazují na příliš stinné podmínky omezující růst. Přestože jedle jako stín snázející dřevina je schopna vyčkávat na navýšení světelného požitku, dochází k růstovým, a tím i budoucím produkčním ztrátám, nehledě na to, že je v běžných podmínkách třeba výsadby dlouhodoběji zabezpečit vůči poškození zvěří, jejíž negativní vliv se projevil i na nemožnosti vyhodnotit část našeho pokusu. Nicméně jedle není uchráněna vlivu zvěře ani při úspěšném odrůstání.

Pro následný vývoj podsadeb bude mít zásadní význam sled výchovných zásahů do porostů přípravných dřevin. Za žádoucí se považuje obnovovat jedli podrostním způsobem postupnými málo intenzivními těžebními zásahy tak, aby nebyly jedlové podsady vystaveny prudkým změnám mikroklimatu (GRASSI, BAGNARESI 2001; KANTOR 2001; STANICIOU, O'HARA 2006; MUSCOLO et al. 2010). S ohledem na výše zmíněné nebezpečí růstových a produkčních ztrát by přes dosud příznivý vývoj jedle měly být zásahy přednostně prováděny u porostních variant s neredukovaným nebo pouze mírně redukováným zápojem, pokud bylo k podsadbám takovýchto porostů přistoupeno. Vzhledem k toleranci jedle vůči zastínění je možné její dlouhodobé pěstování pod postupně uvolňovanou porostní clonou. Např. KREJZLÍK (1957) na základě svých zkušeností uvádí, že na Křivoklátsku se nejlépe jedlí daří v „pařeníštním mikroklimatu“ tvořeném výchovou jedle až do středního věku 60 let pod vrchní clonou mateřského nebo ochranného porostu (nejlépe v přiměřeně velkém kotlíku). Konkrétně zvolený postup by měl zohlednit nejen prosperitu jedle, ale i celkový hospodářský přínos daný současným vhodným využitím produkčního potenciálu přípravného porostu.

ZÁVĚR

Zhodnocením výsledků čtyřletých podsadeb do přípravných porostů tvořených břízou, jeřábem a olší o variantním zakmenění na živných stanovištích (SLT 4B – bohatá bučina) byla potvrzena plasticita jedle bělokoré z hlediska světlostních poměrů. Přestože mortalita jedlí na holině obklopené přípravnými porosty a pod hustými mladými porosty břízy a jeřábu byla vyšší než u ostatních porovnávaných variant porostů, celkově vykazovala jedle po dobu sledování velmi nízkou mortalitu (do 6 %). Pro vývoj přežívání jedlí, zvláště na holině, však byla příznivá skutečnost, že se za dobu hodnocení na sledovaných plochách nevyskytlo poškození pozdními mrazy. Všechny testované varianty přípravných porostů se tak ukázaly jako využitelné pro úspěšné založení podsadeb jedle, avšak ve všech věkových kategoriích břízy i u jeřábu intenzita odrůstání jedle klesala s narůstajícím zakmeněním přípravného porostu. Z výsledků vyplývá, že v porostech těchto dřevin se zakmeněním vyšším než 7 je pro podporu vývoje jedle potřebný časný uvolňovací zásah, a to již v horizontu do 5 let od podsadeb.

Při vyloučení mrazových poloh se pro využití maximálního výškového přírůstu jedlí v daných podmínkách jako optimální jeví jejich výsadba na maloplošné holosečné obnovní prvky vytvořené v přípravných porostech (do 0,1 ha) nebo pod cca 15leté březové porosty s redukováním zakmeněním na 5. Na rozdíl od přípravných porostů břízy a jeřábu se vliv variantní úpravy zakmenění na růst podsadeb jedle ukázal být minimální u 15letého přípravného porostu olše. Hustota zakmenění přípravného porostu břízy, jeřábu i olše ovlivňovala také morfologii jehlic, avšak bez jednotných trendů.

Poděkování:

Příspěvek vznikl díky prostředkům Ministerstva zemědělství ČR projektu QK1910292 „Postupy pro podporu jedle bělokoré v lesním hospodářství ČR“ a institucionální podpoře MZE-RO0118.

LITERATURA

- BALÁŽ E., KOTECKÝ V., MACHALOVÁ L., POŠTULKA Z. 2008. Vliv holosečného hospodaření na půdu, vodu a biodiverzitu. Studie Hnutí DUHA. Brno, Státní fond životního prostředí ČR: 48 s.
- COOLS N., VESTERDAL L., DE VOS B., VANGUELOVA E., HANSEN K. 2014. Tree species is the major factor explaining C:N ratios in European forest soils. *Forest Ecology and Management*, 311: 3–16. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.06.047
- CRIBBIE R.A., WILCOX R.R., BEWELL C., KESELMAN H.J. 2007. Tests for treatment group equality when data are nonnormal and heteroscedastic. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 6 (1): 117–132.
- DOBROWOLSKA D., BONČINA A., KLUMPP R. 2017. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies Alba* Mill.): a review. *Journal of Forest Research*, 22 (6): 326–335. DOI: 10.1080/13416979.2017.1386021
- FOX J., WEISBERG S. 2019. *An R companion to applied regression*. Los Angeles, Sage: 577 s.
- 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: 959–967. DOI: 10.1093/treephys/21.12-13.959
- HOUSKOVÁ K., MAUER O., VANĚK P. 2016. Vliv krytí na odrůstání jedle bělokoré. In: *Jedle bělokorá páteř evropských lesů*. Sborník referátů z mezinárodní konference. Olšina u Horní Plané, 12. a 13. října 2016. Kostelec nad Černými lesy, z. s. Šumavský Králováci v nakladatelství Lesnická práce: 115–120.
- HURT V., MAUER O. 2016. *Podsady přípravných porostů břízy bělokoré, olše a jeřábu ptačího bukem lesním a jedlí bělokorou*. Certifikovaná metodika. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 38 s.
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M., HOUSKOVÁ K., ŠPULÁK O., SOUČEK J., NOVÁK J., JURÁSEK A., LEUGNER J., DUŠEK D. 2017. *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 299 s.
- KANTOR P. 2001. *Obnova jedle bělokoré*. In: Kotrla K., Kyslík P. (eds.): *Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré*. Sborník referátů z celostátního semináře. Chudobín u Litovle, 28. 8. 2001. Praha, Česká lesnická společnost: 5–13.
- KORPEL Š. 1991. *Pestovanie lesa*. Bratislava, Príroda: 465 s.
- KREČMER V. 1961. Proudění vzduchu na lesní mýtině. *Meteorologické zprávy*, 6: 144–147.
- KREJZLÍK J. 1957. Pro záchranu jedlin v oblasti středočeských chlumů na Křivoklátsku. *Lesnická práce*, 37 (3): 117–123.
- KREJZLÍK J. 1972a. K obnově jedle a její výchově na hlubokou korunu v oblasti středočeských chlumů. *Lesnická práce*, 51 (8): 356–363.
- KREJZLÍK J. 1972b. K obnově jedle a její výchově na hlubokou korunu v oblasti středočeských chlumů. *Lesnická práce*, 51 (9): 396–403.
- KRIEGEL H., BARTOŠ J. 2004. Přeměna porostů náhradních dřevin a sledování imisně ekologických podmínek na dlouhodobé výzkumné ploše Fláje v Krušných horách. In: Novák J., Slodičák M. (eds.): *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003*. Sborník z celostátní konference. Teplice 22. 4. 2004. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 158–166.
- LARSEN J. B. 1986. *Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser rätselhaften Komplexkrankheit der Weißtanne (Abies alba Mill.)*. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 105 (1): 381–396.
- LEVÝ P. 2015. *Růst a vývoj výsadeb jedle bělokoré (Abies alba Mill.) v lesních porostech na LÚ Klokočná (LZ Konopiště, LČR, s.p.)*. Diplomová práce. Praha, ČZU: 59 s.
- MAUER O., HOUSKOVÁ K. 2018. Stabilizační role jedle v lesních porostech. In: *Jedle bělokorá – její význam a potenciál v lesním hospodářství*. Sborník příspěvků. Hořovice, 28. 8. 2018. Praha, Česká technologická platforma pro zemědělství a Česká lesnická společnost: 7–15.
- MUSCOLO A., SIDARI M., BAGNATO S., MALLAMACI C., MERCURIO R. 2010. Gap size effect on above and below ground processes in a silver fir stand. *European Journal of Forest Research*, 129: 355–365. DOI: 10.1007/s10342-009-0341-z
- MZE. 2021. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020*. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 111 s.
- NOŽIČKA J. 1957. *Přehled vývoje našich lesů*. Praha, SZN: 459 s.
- POLÁCH R., ŠPULÁK O. 2021. Vliv věku a úpravy zakmenění listnatých přípravných porostů na prosperitu podsadeb buku lesního. *Zprávy lesnického výzkumu*, 66 (1): 1–10.
- R Core Team. 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné na/Available on: <https://www.R-project.org/>.
- REMEŠ J. et al. 2014. *Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích*. Redakčně upravená zpráva projektu NAZV QI102A085. Praha, ČZU: 58 s.

- RIPULLONE F., GENTILESCA F.T., LAUTERI M., RITA A., RIVELLI A.R., SCHETTINO A., BORGHETTI M. 2016. Apical dominance ratio as an indicator of the growth conditions favouring *Abies alba* natural regeneration under Mediterranean environment. *European Journal of Forest Research*, 135 (2): 377–387. DOI: 10.1007/s10342-016-0941-3
- ROBAKOWSKI P., MONTPIED P., DREYER E. 2003. Plasticity of morphological and physiological traits in response to different levels of irradiance in seedlings of silver fir (*Abies alba* Mill). *Tree – Structure and Function*, 17: 431–441. DOI: 10.1007/s00468-003-0257-z
- ŠLODIČÁK M., BALCAR V., BEDNÁŘOVÁ E., BORŮVKA L., FADRHOŇSOVÁ V., JURÁSEK A., HADAŠ P., KACÁLEK D., KANTOR P., KULASOVÁ A., KULHAVÝ J., LEUBE E., LOMSKÝ B., MATĚJKA K., MAUER O., NAVRÁTIL P., NÁROVEC V., NOVÁK J., OSTROVSKÝ J., PALÁTOVÁ E., PODRÁZSKÝ V., RYCHNOVSKÁ A., ŘIČÁŘ L., SKORUPSKI M., SMEJKAL J., SOUČEK J., STOKLASA M., ŠACH F., ŠRÁMEK V., VACEK S. 2009. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 226 s.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O. 2010. Vliv přípravného porostu břízy na průběh teploty vzduchu. In: Bříza – strom roku 2010. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010. Praha, Česká zemědělská univerzita, Katedra pěstování lesů: 93–98.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O., LEUGNER J., PULKRAB K., SLOUP R., JURÁSEK A., MARTINÍK A. 2016. Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 35 s. Lesnický průvodce 10/2016.
- SOUČEK J. 2021. Potenciál přirozené obnovy pionýrských druhů dřevin – review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 66 (3): 188–196.
- STANICIOIU P.T., O'HARA K.L. 2006. Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research*, 125: 151–162. DOI: 10.1007/s10342-005-0069-3
- SVOBODA P. 1953. Lesní dřeviny a jejich porosty. Část I. Praha, SZN: 411 s.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., KOLIBÁČOVÁ S., KOBLÍŽEK J., ŠEFL J. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.
- VANĚK P., MAUER O., HOUŠKOVÁ K. 2016. Vyhodnocení růstu podsadů buku lesního, smrku ztepilého a jedle bělokoré pod porosty jeřábu ptačího. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (1): 25–34.
- VENCURIK J., KUCBEL S., SANIGA M., JALOVIAR P., PITTNER J., VAJDULIAK T., HUNČAGA M. 2015. Vplyv svetla a kompetície na výškový rast a morfológiu korún obnovy smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) a jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v rekonštruovanom smrekovom poraste. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (4): 281–286.
- VINŠ B. 1961. Pěstování a obnova lesních dřevin. Jedle. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 184 s.
- ZEIDLER A., BORŮVKA V. 2019. Dřevo jedle a možnosti jeho využití. In: Jedle dřevina roku 2019. Sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy, 10. 9. 2019. Praha, Česká lesnická společnost: 19–22.

PROSPERITY OF SILVER FIR PLANTED UNDER PREPARATORY STANDS OF PIONEER BROADLEAVES OF DIFFERENT STOCKING AND AGE

SUMMARY

Silver fir (*Abies alba*) has made a part of mixed forests in the area of the Czech Republic representing almost 20% of the natural species composition. For historical reasons and because of its intensive dieback in 1970s and 1980s, the fir current representation stands only at 1.1%. However, the strategic objective target is the increased share of silver fir.

The massive decline of spruce stands in recent years has caused formation of a large number of calamity clearings. Their regeneration offers an opportunity to change tree species composition of our forests. However, the introduction of fir on the clear-cut areas is limited by the species characteristics. When compared with spruce, which offers similarly high production and wide-ranging wood utilisation, it has higher demands on the environment (abundance of precipitation, rich and wet soils), needs shade and suffers by late frosts at a younger age. One of the chances how to introduce this demanding species into calamity clearings is the use of preparatory stands and the technology of underplantings within the two-stage regeneration.

The objective of this study is to analyse prosperity of the underplanted silver fir under preparatory stands of birch, rowan and alder having different stocking densities and age. Based on the findings, we aim to recommend the most suitable management using the stands of preparatory tree species when introducing fir into calamity areas.

In 2013, we established 18 trial plots of birch, rowan and alder in the forests of Northern Moravia, localities formerly deforested by *Armillaria* and bark beetle calamity (PLO 28 Foothills of Hrubý Jeseník Mts.). The minimal size of the individual plots was 0.04 ha and their stocking had been adjusted to (10+), 10, 7, and 5 (Tab. 1) during establishment. The birch stands belonged to the three age categories (7, 15, 30 years),

while rowans and alder stands were about 15 years old. Small clear-cut area of 0.1 ha in size (25 m × 40 m in W to E orientation) represented a comparison. All plots were protected against game damage by 150cm high wire fencing.

At the year of establishment of the experiment, 250 firs were underplanted (planted) in each research plot (spacing 1.0 m × 1.1 m to 1.0 m × 1.0 m). Four-year-old bare-root plants having the mean root collar diameter of 5 mm and the height class of 15–25 cm were used.

We evaluated the planting mortality repeatedly in the years 2015 and 2017. In the autumn 2017, we measured 100 firs in each research plot. We measured the above ground height, the root collar diameter, the lengths of the two last terminal shoot increments, the crown width, and the length of new needles at one half of the last branch shoot at the second top verticil. Dwarfed and extremely overgrown firs were excluded.

The data were evaluated according to the stocking density of the individual preparatory tree species stands ((+10), 10, 7, 5) and, in the case of birch, also the age (7, 15, or 30 years). The firs growing in different stocking variants were compared within the species and age categories. Furthermore, fir planted in the clearing was compared with the underplanting under age varied stands of birch having the lowest stocking density (5). The analysis was carried out in the R environment for statistical computing and visualisation (R Core Team 2019).

The fir mortality was low in all analysed treatments during the monitored period (up to 6%). It was the highest in the clearing and under dense stands of 7-year-old birches and 15-year-old rowans (Tab. 2).

In the case of birch stands, the height increments, the total height, but also the root collar diameter and the crown width highly significantly decreased with the increasing stocking density of the preparatory stands of all age categories (Tab. 3).

When comparing the fir characteristics in the clearing and in the underplanting under the preparatory birch stands having different ages but the stocking density 5, the best fir height development found was both in the 15-year-old birch and in the clearing. The fir heights in these categories were identical, however, the plants in the clearing showed wider root collars. The firs under the 15-year-old stand had significantly higher crown width (Tab. 4).

In the case of underplanted rowans, the firs grew the best under the stocking density treatment 7 and the worst under the treatment of 10+. The root collar diameter correlated with the height. The widest crowns of firs occurred under the stocking density 7. In between the measurements in 2015 and 2017 the needle lengths declined in all treatments (Tab. 5).

The height development of firs underplanted below alder trees of different stocking showed minimal differences. Also the differences in fir morphological parameters were minimal, with exception of crown widths, which were smaller under the stocking 7 in both monitored years (Tab. 5).

The results confirmed the very low fir mortality in all evaluated stand treatments. The fir grew the best in the small clearing created in a preparatory stand (up to 0.1 ha) and under about 15-year-old birch stand with reduced stocking to 5. The positive fact for fir development especially in the clearing was no late frost damage occurring in the monitored area during the assessment period. Every analysed variant of the preparatory stands proved to be usable for the successful fir underplanting. However, the underplanted fir growing intensity declined in all birch and rowan age categories when their stocking density increased. The results suggest that early (usually within 5 years after the underplanting) preparatory stand density reduction is needed when its stocking is higher than 7 to support the fir development.

Excluding the frost occurring localities, maximum growth potential of fir plantings within the given conditions can be expected when planted in small area clearings created in preparatory stands (up to 0.1 ha) or underplanted below the about 15-year-old birch stands with stocking density reduced to 5. In contrast to the preparatory birch and rowan stands, it emerged that the effect of the different stocking density of the 15-year-old alder stand on the growth of underplanted firs was minimal.

Zasláno/Received: 12. 01. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 06. 04. 2022