

VLIV VĚKU A ÚPRAVY ZAKMENĚNÍ LISTNATÝCH PŘÍPRAVNÝCH POROSTŮ NA PROSPERITU PODSADEB BUKU LESNÍHO

IMPACTS OF AGE AND DIFFERENT STOCKING OF PREPARATORY DECIDUOUS STANDS ON THE PERFORMANCE OF UNDERPLANTED *FAGUS SYLVATICA*

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

Climatic extremes and following rapid die-off of forests raised an issue of two-phase regeneration introducing target species under the shelter of preparatory stands. The objective of this study was the verification of impacts of age and stocking of birch stand, and also stocking of 15-year-old rowan and alder stands on the underplanted beech performance as compared with performance of beech planted in clearings. Consequently, the recommendations related to the impacts of preparatory stands on underplanted beech were formulated. There were 17 experimental plots with preparatory tree species of the minimal plot size of 0.04 hectares, and a single small clearing of 0.1 ha used. In 2013, we established treatments with either full (10+ or 10), or reduced (7 and 5) stocking of the preparatory stands. The birch stands were assorted into the age categories of 7, 15, and 30 years of age. Beeches were planted in spring 2013. The beech mortality was assessed in 2015 and 2017. The measurement of growth and selected morphological parameters took place in autumn 2017. The beech mortality was very low in all treatments (below 7%). The best growing beeches were found in the small clearing. However, all tested preparatory stands' treatments proved to be usable for the beech stand establishment and the consequent growing. The birch and rowan stockings had a negative impact on the beech growth, whereas an opposite trend was observed in the alder. In the case of preparatory birch, the age of 15 years with the stocking reduction to at least 7 seemed to be the most suitable measure for beech underplantings establishment.

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

Klíčová slova: dvoufázová obnova; přípravný porost; bříza; olše; jeřáb; buk

Key words: two-phase forest regeneration; preparatory stand; birch; alder; rowan; beech

ÚVOD

Klimatické extrémy posledních let výrazně zhoršují zdravotní stav zejména smrkových porostů a zvyšují pravděpodobnost jejich kalamitního rozpadu nejen v České republice. Kombinace abiotických a návazných biotických činitelů v ČR vede k výraznému navyšování nahodilých těžeb. Ty např. v roce 2018 v souhrnu tvořily více než 90 % z těžeb celkových, a dosáhly tak dvojnásobku hodnoty předchozího roku (MZE 2019). Podíl těžeb jehličnatého dříví na celkových těžbách činil přibližně 94 %. Došlo ke značnému nárůstu kalamitních ploch v jehličnatých porostech, kdy celkový odhad holin k zalesnění (k září 2019) byl za celou ČR 42 000 ha (MLČOUŠEK et al. 2020). Neúměrný rozsah úkolů obnovy těchto porostů vede k širšímu uplatňování nepoznamenaných způsobů i hledání způsobů nových.

K cílovým dřevinám dobře snášejícím extremitu holé plochy patří borovice a smrk, omezeně modřín a dub. Ostatní listnáče, především buk, z jehličnanů pak jedle, jsou natolik choulostivé, že je lze použít pro přímé zalesnění velkoplošných holin jen s rizikem velkých ztrát a pěstebních obtíží (cf. ROLOFF, GRUNDMANN 2008). Mezi v nedávné minulosti málo uplatňované způsoby obnovy lesa, na které je v současnosti zaměřována stále větší pozornost, patří dvoufázová obnova s využitím porostů přípravných dřevin. Ty mají vnášení stinnějších druhů dřevin na holiny napomoci (HERING, IRRGANG 2005). Dvoufázová obnova v urychleném sledu využívá postupů sukcesního vývoje lesa (Huss 2000).

Přípravné dřeviny tvoří druhy s rychlým růstem v mládí, se sníženými nároky na stanovištní podmínky, schopné přirozeně osídlit i zhoršené

podmínky holých ploch a také v nich odrůstat (SOUČEK et al. 2016). Zahrnují dřeviny s pionýrskými vlastnostmi. K důležitým charakteristikám pionýrských dřevin využitelných pro přípravné porosty patří velká tolerance k vlastnostem stanoviště (odolnost vůči teplotním extrémům, intenzivnímu slunečnímu záření, proti stálému a silnému vanutí větrů a kolísání obsahu vody v půdě). Vyznačují se vysokou rozmnožovací schopností, rychlým vývojem spojeným často s krátkověkostí a rychlým šířením (MÍCHAL 1994; BEDBUR et al. 2010). Při správném managementu cloněním (shora i z boku) přispívají ke kvalitnímu růstu hospodářských dřevin, zejména na vodou ovlivněných stanovištích jsou v relativně krátké době schopny ustálit obsah vody v půdě. Svým opadem stimulují koloběh živin a prokypřují půdu kořenovou aktivitou (prohlubují její fyziologickou hloubku), zvyšují biodiverzitu lesa (TEUFFEL 2000).

Mezi nejčastější přípravné dřeviny patří břízy, vrby, osika, olše, borovice (Tesař in VLKOVÁ et al. 1994), lze využít i jeřáb (pro vyšší polohy), topoly a modřín (SOUČEK et al. 2016). Využití přípravných dřevin může napomoci ke vzniku druhově bohatších, a tím vůči dalším nepříznivým klimatu potenciálně stabilnějších porostů. Z jehličnatých dřevin lze využít např. i smrk, závisí to především na jeho hustotě. Jelikož smrk vytváří stinné prostředí, většina autorů u něj doporučuje výraznější snížení zakmenění až na hodnotu 3–4 (např. WEIHS, KLAENE 2000; MAGNUSKI et al. 2001).

Pro potenciál využití pionýrských dřevin na kalamitních holinách je důležité, aby se co nejrychleji, pokud se samovolně nezmladí (chybí semenné stromy), dostaly na kalamitní holiny uměle (včasný výsev nebo sadba). Rozvoj přizemní vegetace by pozdější obnovu holiny výrazně ztížil (TEUFFEL 2000; BRANG et al. 2015). Jejich výsadbu lze provádět i současně s cílovými dřevinami, ale častěji je při zakládání porostů přípravných dřevin využíván časový náskok umožňující vytvoření příznivého růstového prostředí pro vnášení cílových dřevin formou podsadeb (HURT, MAUER 2016). Od přípravného porostu se očekává rychlé vytvoření porostního zápoje, snížení extremity klimatu holých ploch, omezení konkurence buřene a udržení nebo zlepšení podmínek svrchních půdních vrstev (SOUČEK et al. 2016). Pro úspěšnou realizaci podsadeb je doporučována pěstební úprava porostů přípravných dřevin s cílem optimalizace růstového prostředí.

Cílem této práce je ověřit vliv věku a zakmenění přípravného porostu břízy na prosperitu podsadeb buku v porovnání s výsadbou na holinu, posoudit vliv zakmenění na podsady buku pod 15leté přípravné porosty jeřábu a olše a na základě výsledků doporučit postup pro využití přípravných porostů na kalamitní holině ve prospěch podsadeb cílové dřeviny buku.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumné plochy byly založeny na revírech, které jsou součástí lesního hospodářského celku Město Albrechtice. Jedná se o lokality v majetku státního podniku Lesy České republiky (LČR), LS Město Albrechtice – revíry Artmanov a Karlova hora. Na lokalitách pokalamitních ploch byly v rámci srovnatelných stanovištních podmínek vybrány části porostních skupin, ve kterých dominantní dřevinou byla bříza (BR) či jeřáb (JR) z přirozené obnovy na větších plochách, nebo olše (OL) z výsadby, u které byla holina šachovnicově rozpracovaná v pravidelné čtvercové síti (většinou 20 × 20 m). Věk vybraných porostů břízy byl v rozpětí 7–33 let a porostů jeřábu a olše okolo 15 let. Nadmořská výška porostů byla v rozmezí 460–640 m n. m. Průměrné roční teploty oblasti se pohybují od 4,0 do 7,8 °C a průměrné srážky od 630 do 1250 mm.

Ve vybraných dílčích plochách o minimální výměře 0,04 ha byly založeny výzkumné plochy. Při jejich založení v roce 2013 bylo upraveno zakmenění na varianty (10+), 10, 7 a 5 (tab. 1). Celkem tak bylo založeno 17 výzkumných ploch s výskytem přípravných dřevin a 1 vý-

zkumná plocha na holině o celkové výměře cca 0,1 ha, která vznikla vytěžením (nahodilá těžba) proschlé části 14letého porostu se zastoupením břízy (90 %) a klenu (10 %) v roce 2012. Její okolí tvořila zbývající část porostu břízy a klenu. Jednalo se o tyčkovinu až tyčovinu o průměrné výšce cca 10 metrů (2013).

Na jaře v roce 2013 byly výzkumné plochy ochráněny proti škodám zvěří oplocením (drátěná oplocenka, výška 150 cm) a podsázeny (plocha na holině zalesněna) bukem v počtu 250 ks na plochu, pokud možno byl dodržen zalesňovací spon 1,0 × 1,1 m až 1,0 × 1,0 m (tzn. cca při vyhláškových počtech 9 000 ks/ha). Prostokořený sadební materiál (1-1) měl střední tloušťku kořenového krčku 5 mm a výškovou třídu 26–35 cm.

V roce 2015 byla hodnocena mortalita výsadeb. Na podzim roku 2017 proběhlo u 100 jedinců buku na každou výzkumnou plochu, přičemž byly vynechány buky krnící a výrazně předrůstavé, měření následujících charakteristik: výška nadzemní části (svislá výška; h17), tloušťka kořenového krčku (kr17), délka posledního a předposledního přírůstu terminálu (ih16, ih17), počet bočních větví (N větví), odklon osy kmene od svislice (měřeno úhloměrem ve stupních od svislé latě; Odklon), celková výška (délka kmene měřená podél průběhu kmene; CV) a délka a šířka nového listu rostoucího v polovině délky posledního přírůstu na druhé boční větvi směrem od vrcholu dolů (D, Š). Z rozměrů listů byl vypočten poměr D/Š. Zároveň byla znovu hodnocena mortalita buku.

Pro vyhodnocení byly porosty břízy řazeny do tří kategorií podle věku: 7 let, 15 let (tzn. rozpětí 15–16) a 30 let (tzn. 24–33). Dalším vstupním parametrem pro hodnocení bylo zakmenění (10+, 10, 7, 5). Buky rostoucí ve variantách zakmenění byly porovnávány v rámci dřeviny a věkových kategorií, výsadba na holině byla porovnávána s podsadbami pod různé starými porosty břízy s nejnižším testovaným zakmeněním (5).

Statistická analýza byla provedena v prostředí R (R CORE TEAM 2018). Pokud data nesplňovala podmínku normality a/nebo homoskedasticity, byla pro účely statistického porovnání transformována Box-Coxovou transformací (FOX, WEISBERG 2011). V závislosti na charakteru úlohy byla hodnocena parametrickými testy 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. Rozdíly byly považovány za průkazné, jestliže $p < 0,05$.

VÝSLEDKY

Mortalita

Buk vykazoval po sledované období 4 let od výsadby nízkou mortalitu. Hlavní příčinou odumření bude pravděpodobně šok z přesazení, neboť nárůst mortality mezi druhým a čtvrtým rokem věku výsadby již byl minimální. Celková mortalita se ve všech variantách porostů držela pod 7 %, pod porosty, s výjimkou 30letých porostů BR a variant OL, vykazovala rostoucí trend se zvyšujícím se zakmeněním (tab. 2).

Růst a morfologické parametry

Podsady porostů břízy

Dvoufaktorová analýza variance potvrdila vysoce průkazný vliv věku i zakmenění přípravného porostu břízy na vývoj podsadeb buku. Ve všech věkových kategoriích byl pozorován pokles růstu buku s narůstajícím zakmeněním přípravného porostu, buk průkazně lépe odrůstal při nejnižším zakmenění. Rozdíly byly více patrné při porovnání výškového vývoje než tloušťky kořenového krčku (tab. 3A). Zároveň

Tab. 1.

Základní charakteristika výzkumných ploch
Basic data of the experimental plots

Varianta/ Treatment	Kategorie věku/ Age category	Věk/ Age*	Zakmenění/ Stocking	SLT/ Ecosite***	Porost/ Stand	Č. plochy/ Plot number	Střední výška/ Mean height**
Holina/Clearing				4B	725B02b	8	
BR/birch	7 let	7	5	5B	613A01a	11	3
		7	7	4B	614G01b	9	4
		7	10	4B	614G01b	10	4
	15 let	15	5	4B	607D02b	1	8
		15	7	4B	607D02b	2	8
		15	10	4B	725B02b	7	10
	30 let	33	5	4B	619A03	4	18
		33	7	4B	619A03	3	18
		30	10	4B	614C03	6	16
24		10+	4S	611A03a	5	14	
JR/rowan	15 let	15	5	4B	604B02	14	7
		16	7	4B	603B02c	13	8
		16	10	4B	603B02c	12	8
		15	10+	4B	604B02	15	7
OL/alder	15 let	15	5	4B	827D02a	16	12
		15	7	4B	827D02a	17	12
		15	10	4B	827D02a	18	12

*skutečný věk v době výsadby buku/actual age in the year of beech planting (2013); **střední výška v době výsadby buku/average height in the year of planting (2013); ***unit of forest site classification, numbers denote forest vegetation zone (4 – beech, 5 – beech with fir) and „B“ denotes nutrient-rich soils, for details see VIEWEGH et al. (2003).

Tab. 2.

Mortalita buku v jednotlivých variantách porostu
Beech mortality in individual stand treatments

Varianta/ Treatment	Kategorie věku/ Age category	Zakmenění/ Stocking	Mortalita BK/Beech mortality (%)	
			rok/year 2015	rok/year 2017
Holina/Clearing			5,2	6,4
BR/birch	7 let	5	3,6	4,8
		7	4,0	5,6
		10	5,6	6,8
	15 let	5	2,8	3,6
		7	3,2	4,0
		10	4,0	5,2
	30 let	5	3,6	4,0
		7	3,2	3,2
		10	3,2	4,0
10+		2,8	3,6	
JR/rowan	15 let	5	3,2	3,2
		7	2,8	3,6
		10	4,0	4,8
		10+	5,6	6,8
OL/alder	15 let	5	4,0	4,8
		7	3,2	3,6
		10	2,8	3,2

s poklesem zakmenění ve všech věkových kategoriích porostu narůstal úhel odklonu kmene od svislice (tab. 3B). S výjimkou kategorie 30 let, kde nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi variantami zakmenění, byla pozorována negativní korelace počtu bočních větví buku se zakmeněním porostu. Narůstající zakmenění přípravného porostu negativně ovlivňovalo také velikost listů s tím, že vliv změn rozměrů na tvar listu (poměr D/Š) byl potvrzen pouze u kategorie 15 let (tab. 3B).

Výškový vývoj a morfologické parametry buku byly průkazně příznivější na holině než pod porosty všech věkových kategorií břízy se zakmeněním 5, s výjimkou na holině vyššího počtu bočních větví. Buk z podsadeb nejlépe prospíval vysazený pod 15letý porost, přesto zde, spolu s kategorií 7 let, měly stromky větší odklon od svislice. Počet bočních větví až na výjimky koreloval s výškou (tab. 3 a 4). Zároveň byly prokázány rozdíly v tvarových charakteristikách listů buku mezi porostními částmi: zatímco délka listu byla shodná, šířka listu, a tím i poměr D/Š, vykazoval částečnou korelaci s růstem buku (tab. 4).

Podsady 15letého porostu jeřábu

Vysoké zakmenění porostu jeřábu mělo průkazný vliv na pokles přírůstu buku (tab. 5A). Z hlediska parametrů charakterizujících výškový vývoj nebyl zjištěn rozdíl mezi buky podsadeb ve variantách zakmenění 5 a 7. S narůstajícím zakmeněním však i zde průkazně klesala tloušťka kořenového krčku. S výškovým vývojem koreloval také průměrný počet větví buku, který byl v nejhustší variantě porostu 10+ nejnižší (tab. 5B).

Zvlášť u buku ve variantě 10+ byl současně pozorován zvýšený sklon k plagiotropickému růstu, průměrný úhel odklonu od svislého vzrůstu byl relativně vysoký (17°; tab. 5B). Buky ve variantách porostu jeřábu se odlišily také velikostí listů, která klesala spolu s potenciální ozářeností, poměr D/Š však zůstal nezměněn.

Podsady 15letého porostu olše

Růstový vývoj podsadeb buku pod porostem olše byl průkazně vyšší ve variantě s ponechaným plným zakmeněním. Bylo to prokázáno hodnocením jak přírůstů, tak celkové výšky a tloušťky kořenového krčku (tab. 6A). Buky pod variantami zakmenění 5 a 7 se vzrůstem nelišily.

Naproti tomu z hlediska porovnávaných morfologických parametrů byly rozdíly mezi variantami minimální. Pouze byl zjištěn průkazně nižší poměr D/Š u varianty zakmenění 5 v porovnání s variantou 7 (tab. 6B).

DISKUSE

Pro podsady jsou použitelné dřeviny stinné a stín snášející (SLODIČÁK et al. 2009; KERR, HAUFE 2016). Pokud ovšem buk, přestože je dřevinou stín snášející, v mládí roste příliš dlouho v polostínu, tak ztrácí schopnost vytvářet svislou osu stromu a má sklon k plagiotropnímu růstu (SCHUTZ 2011). S tím korespondují i naše výsledky: s narůstajícím zakmeněním přípravného porostu břízy a jeřábu narůstal úhel odklonu kmene od svislice – nejvyšších hodnot dosahoval u jeřábu pod variantou 10+. Zároveň klesala intenzita růstu buku: lépe odrůstal při nejnižším zakmenění obou těchto dřevin. VANĚK et al. (2016) uvádějí nejlepší přírůst podsadeb buku pod porostem jeřábu, jehož zakmenění v době podsady bylo sníženo jen na 5–7 a dále redukováno, nebo bylo z počátečních vysokých hodnot razantněji snižováno na hodnoty 3–5 až v průběhu prvních pěti let růstu. Při snižování zakmenění však na druhou stranu klesá i očekávaný pozitivní efekt přípravného porostu na tlumení klimatických extrémů. Kromě pozitivního vlivu na tlumení např. teplotních extrémů však přípravný porost svou intercepcí redukuje podkorunové srážky a v kombinaci s jeho evapotranspirací

klesá pod ním disponibilní půdní vlhkost (KRIEDEL, BARTOŠ 2004). Intercepcie porostů je spojená s jejich listovou plochou. Ta se v průběhu vývoje porostů nejprve navyšuje s věkem, a to až do fáze přirozeného rozvolňování zápoje (DUNCCKER et al. 2012), čímž dochází k poklesu podílu srážek pod porostem vůči srážkám volné plochy. Např. NEAL et al. (1993) uvádí u zapojené kultury buku podíl intercepcie 14–16 %, na druhou stranu však KANTOR (1995) zjistil podíl intercepcie dospělého bukového porostu již jen 7,8 %. Podíl podkorunových srážek, stejně tak jako půdní vlhkost v našem experimentu, bude v rámci věkových kategorií negativně korelovat se zakmeněním. Spolu s dostupností fotosynteticky aktivního záření to mohou být klíčové faktory ovlivňující růst buku pod krytem přípravného porostu.

Přestože předpokládané principy ovlivnění základních fyzikálních parametrů prostředí jistě platí pro porost olše obdobně jako u břízy a jeřábu, buk z podsadeb do přípravného porostu olše v našem experimentu vykazoval v porovnání s bukem pod břízou a jeřábem zcela odlišné reakce. Jako nevhodnější porostní prostředí pro rychlé odrůstání buku se ukázal plně zakmeněný porost olše, intenzita odrůstání se snižujícím se zakmeněním klesala. Významný vliv na to bude mít bezprostřední okolí výzkumných ploch s olší (čtverce 20 × 20 m), které tvořil smrk ze shodně staré výsadby. Jeho pomalejší růst a postupné prosychání vedlo k poklesu stínění a nárůstu vlivu bočního světla do porostu olše. S tím souvisel i nástup buřeně (zvýšení konkurenčního prostředí pro buk, nejen útlakem v jeho úrovni a nadúrovni, ale pravděpodobně i v oblasti kořenového systému), který však byl nejnižší pod neredukovaným zakmeněním (10).

Olše je schopna vázat atmosférický dusík v symbiotických kořenových uzlinách bakteriemi rodu *Frankia* (MARKHAM 2008), čímž dochází k vytváření nízkého poměru C/N v humusových a svrchních minerálních horizontech půd pod olší (COOLS et al. 2014). KOOCH et al. (2017) popisuje pod olší lepkavou nejen vyšší obsah celkového dusíku, ale i fosforu, vápníku a hořčíku, vyšší hustotu žíhal i mikrobiální respiraci oproti porovnávaným listnáčům (topol kaspický, jilm habrolistý, parotie perská). Pod olší je zároveň popisována velmi kvalitní provzdušňovací funkce kořenů (VÁLEK 1977; ÚRADNÍČEK et al. 2001), která dokáže přispět k obnově mechanických vlastností půd, jak bylo prokázáno u zhutněné půdy po stahování dřeva (MEYER et al. 2014). Také tyto efekty přípravného porostu olše mohou mít pozitivní vliv na vývoj podsadeb buku.

HURT, MAUER (2016) nedoporučují podsazovat přípravné porosty s výškou do 5 m. Při podsadbách v mladých hustých porostech do výšky 3–5 m hrozí nebezpečí rychlého zapojení korun podsazovaného porostu a silná konkurence v kořenovém prostoru. Naopak využití mladých porostů podporuje MARTINÍK (2012). Ten uvádí, že již za pět, ale i méně let od vzniku holiny lze s úspěchem využívat krytu přípravného porostu. Jím hodnocený přípravný porost břízy dosahoval v šesti letech výšku 6 m a již v tomto věku velmi dobře eliminoval klima holé plochy a vytvářel zástín pro kultivaci stínomilných (klimaxových) dřevin. V našem výzkumu těchto výšek dosahovala sedmiletá věková kategorie břízy, kde buk sice odrůstal podobně, jako pod 30letými porosty, ale jako optimální varianta pro podsadu buku se z hodnocených jevila věková kategorie přípravného porostu 15 let o iniciální výšce 8–10 m.

Naše výsledky jsou ovlivněny krátkým časovým úsekem po provedení podsady (respektive zalesnění). I v tomto krátkém období se však dá předpokládat, že přípravné porosty břízy a jeřábu dokázaly zejména u 7leté věkové kategorie rozvinout značnou intenzitu kořenové konkurence. Tuto skutečnost zmiňují i HURT, MAUER (2016). Pravděpodobně se jedná o souběh konkurence dřeviny i buřeně. ZAKOPAL (1958) v těchto porostech popisuje schopnost břízy eliminovat konkurenci buřeně pomístní tvorbou surového humusu, který okyseluje povrch půdy průměrně o 0,5 pH. Jde o přechodný jev, neboť přirozeným ředěním porostu břízy při jeho dalším vývoji následně dochází k dokonalé humifikaci březového opadu.

Tab. 3.

Růstové (A) a morfologické parametry (B) výsadby buku na holinu a podsadeb buku pod variantami zakmenění porostu břízy. Statistická porovnání variant zakmenění břízy v rámci parametru a věkové kategorie; ANOVA, Welch`s ANOVA; písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám

Growth (A) and morphological parameters (B) of beech 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 indicate statistically homogeneous groups

A)			ih16 (cm)		ih17 (cm)		h17 (cm)		kr17 (mm)					
Varianta/ Treatment	Kategorie věku/ Age category	Zakmenění/ Stocking	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD				
Holina/ Clearing			21,2	7,1	23,0	8,1	112,5	19,7	12,5	2,1				
		<i>p</i> =	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001					
BR/birch	7 let	5	12,9	c	5,3	17,3	c	5,0	76,4	c	13,1	8,5	b	1,3
		7	9,2	b	2,7	10,0	b	3,2	59,5	b	10,5	6,1	a	0,6
		10	6,2	a	2,0	7,8	a	2,6	48,5	a	7,2	6,3	a	0,9
		<i>p</i> =	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001					
	15 let	5	19,3	b	7,3	25,3	b	6,8	100,0	b	17,9	11,5	c	2,1
		7	19,9	b	7,2	23,3	b	8,2	102,7	b	18,0	10,7	b	1,6
		10	7,6	a	3,3	7,5	a	3,5	55,0	a	9,2	7,5	a	1,3
		<i>p</i> =	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001					
	30 let	5	14,1	c	4,3	18,0	c	6,4	86,8	c	15,9	9,6	c	1,5
		7	13,8	c	4,1	13,9	b	3,9	76,7	b	14,2	8,3	b	1,6
		10	11,1	b	3,8	13,6	b	6,1	72,7	b	15,0	7,6	a	1,2
		10+	9,7	a	3,4	7,6	a	2,7	61,4	a	9,0	8,7	b	1,0

ih16 (ih17) – výškový přírůst v roce 2016 (2017)/height increment in 2016 (2017); h17 – výška v roce 2017/height in 2017; kr17 – tloušťka kořenového krčku v roce 2017/root collar diameter in 2017; prům. – průměr/mean; SD – směrodatná odchylka/standard deviation

B)			list																	
Varianta/ Treatment	Kategorie věku/ Age category	Zakmenění/ Stocking	CV (cm)		Odklon (°)		N větví		D (mm)		Š (mm)		poměr D/Š							
			prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD						
Holina/ Clearcut			112,8	19,5	0,4	2,1	9,5	2,3	64,0	8,0	39,6	5,7	1,63	0,17						
		<i>p</i> =	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		0,63							
BR/birch	7 let	5	78,5	c	12,4	2,2	a	4,3	7,0	b	1,9	62,9	b	7,0	37,9	b	5,0	1,67	a	0,17
		7	64,4	b	9,6	5,4	b	5,3	6,3	a	1,8	59,6	a	6,6	35,9	a	4,7	1,67	a	0,15
		10	55,6	a	7,2	7,9	b	7,8	6,1	a	1,7	58,6	a	5,1	35,0	a	4,7	1,69	a	0,13
		<i>p</i> =	<0,001		0,003		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001							
	15 let	5	101,6	b	17,2	1,7	a	3,2	7,9	b	1,8	64,9	b	9,6	41,3	b	6,8	1,58	a	0,18
		7	105,3	b	16,8	3,1	ab	5,3	7,8	b	1,5	64,4	b	8,5	39,5	b	6,0	1,64	b	0,16
		10	58,7	a	9,6	4,5	b	5,8	6,8	a	1,8	58,0	a	8,2	34,5	a	5,3	1,69	b	0,16
		<i>p</i> =	<0,001		<0,001		0,25		<0,001		<0,001		0,79							
	30 let	5	87,8	d	15,1	1,1	a	2,7	7,9	a	1,5	63,1	b	5,6	38,8	b	5,2	1,64	a	0,16
		7	78,9	c	13,4	2,6	a	4,4	8,1	a	1,6	63,8	b	5,8	39,2	b	4,6	1,64	a	0,14
		10	74,3	b	14,7	1,8	a	3,4	8,1	a	2,1	56,7	a	7,2	34,7	a	5,5	1,65	a	0,14
		10+	66,6	a	8,6	6,6	b	6,2	8,4	a	1,9	56,8	a	10,2	35,2	a	6,2	1,63	a	0,19

CV – celková výška = délka kmene měřená podél průběhu kmene/Stem length; Odklon – odklon kmene od svislice/Deflection of the stem from the vertical; N větví – počet bočních větví/Number of side branches; list D – délka listu/Leaf length; list Š – šířka listu/Leaf width; poměr D/Š – poměr délky/šířky listu/Leaf length to width ratio

Tab. 4.

Statistické porovnání charakteristik výsadby buku na holině a podsadeb přípravných porostů břízy dle kategorií věku se zakmeněním 5; ANOVA; pro střední hodnoty charakteristik a vysvětlivky zkratk viz tab. 3

Statistical comparison of parameters of beech planted in the clearing treatment and under shelter of birch stands with different ages and stocking 5; for mean and standard deviation and abbreviations see Tab. 3

Varianta/ Treatment	Kateg. /Zakm./ Age category/ Stocking	list										
		ih16 (cm)	ih17 (cm)	h17 (cm)	kr17 (mm)	CV (cm)	Odklon (°)	N větví	D (mm)	Š (mm)	poměr D/Š	
	p=	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,32	<0,001	0,003
Holina		b	b	d	d	d	a	c	a	a	ab	ab
BR	7 let/5	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	b
	15 let/5	b	b	c	c	c	b	b	a	b	b	a
	30 let/5	a	a	b	b	b	ab	b	a	a	a	ab

Tab. 5.

Růstové (A) a morfologické parametry (B) podsadeb buku pod variantami zakmenění porostu jeřábu. Welch's ANOVA. Písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám; pro vysvětlivky zkratk viz tab. 3

Growth (A) and morphological parameters (B) of beech planted under shelter of rowan preparatory stands. Welch's ANOVA. Letters indicate statistically homogeneous groups; for abbreviations see Tab. 3

A)	ih16 (cm)		ih17 (cm)		h17 (cm)		kr17 (mm)					
Zakmenění/ Stocking	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD				
p=	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001					
5	17,5	c	6,2	18,8	c	6,7	91,1	c	17,1	9,1	c	1,8
7	17,5	c	5,2	18,5	c	4,4	89,1	c	12,9	9,6	d	1,2
10	14,4	b	4,0	13,4	b	4,6	76,9	b	12,3	8,2	b	1,2
10+	5,6	a	2,3	9,0	a	3,7	50,9	a	9,5	5,5	a	1,1

B)	list																	
Zakmenění/ Stocking	CV (cm)		Odklon (°)		N větví		D (mm)		Š (mm)		poměr D/Š							
	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD						
p=	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		0,01							
5	92,8	c	16,7	2,2	ab	3,4	9,1	c	2,1	70,8	c	9,1	44,7	c	6,3	1,60	a	0,17
7	90,5	c	12,0	1,6	a	3,8	9,3	c	2,1	62,8	b	5,9	39,5	b	4,0	1,59	a	0,12
10	80,3	b	12,1	3,5	b	4,8	8,3	b	1,7	62,5	b	6,1	38,5	b	5,4	1,64	a	0,13
10+	57,8	a	11,1	17,2	c	11,5	6,6	a	1,5	59,4	a	10,2	36,3	a	6,9	1,65	a	0,15

Při hodnocení morfologických znaků buku byl v našem experimentu zjištěn pokles velikosti listů buku s narůstajícím zakmeněním přípravného porostu břízy a jeřábu. Tuto skutečnost potvrzuje i VANĚK et al. (2016), který shodně s naším pozorováním zjistil největší listy buku pod jeřábovým porostem o zakmenění 5 a na holině. S nárůstem zakmenění přípravných porostů břízy a jeřábu byla v naší studii pozorována také negativní korelace počtu bočních větví buků. V tomto věku buku však vyšší počet větví nelze ještě považovat za negativní predispoziční faktor pro následné formování kvality kmene. Buk v olši se i v těchto parametrech choval odlišně: tvar listů ani počet větví nevykazoval mezi porostními částmi žádný rozdíl.

Buk v našem experimentu celkově nejlépe odrůstal na holině. Jednalo se však o holinu malou (0,1 ha), kdy se příznivě mohl projevit boční kryt okolního porostu břízy a kleny, přestože jeho výška za období sledování dosáhla pouze 14 m. Odlišný charakter vývoje porostu lze očekávat na větších, kalamitních holinách, na kterých se již nemůže významněji projevit příznivé působení okolních porostů. BALCAR et al. (2010) uvádí, že cílové dřeviny jako je buk, přímo vnášené na velké kalamitní holiny, vykazují často značnou mortalitu a pomalý růst. To potvrzuje také PODRÁZSKÝ et al. (2019), který popisuje menší mortalitu podsadeb buku pod dospělým smíšeným porostem smrku a borovice a jeho příznivější růstové parametry (přírůst i tvárnost) i nižší poškození mrazem v porovnání s bukem vysazeným na holinu. Tato zjištění jsou v kontrastu s našimi výsledky. Na druhou stranu je však zřejmé a pro vývoj buku na holině pozitivní, že v průběhu let růstu buku v našem experimentu nedošlo k výskytu epizod pozdních nebo časných mrazů, které jsou na holých a nechráněných plochách jednou z hlavních příčin omezení růstu a tvarových deformací (NINGRE, COLIN 2007). Pozdní mráz pak může být limitující i pod řídkými porosty přípravných dřevin. Např. výzkum VAŇKA et al. (2016) ukázal, že v prostředí 30letých porostů jeřábu o různém zakmenění docházelo

k nejvyšším ztrátám způsobeným mrazem u 4letých podsadeb buku při zakmenění jeřábu 4 (62 %), zatímco při vysokém zakmenění byly ztráty nízké (8 %).

Jak potvrdil vývoj mortality, buk je, pravděpodobně dočasně, schopen přežít i pod hustým zápojem. LÖF et al. (2007) např. pozoroval vysoké přežívání tříleté podsady buku (99,8 %) i pod hustým porostem smrku, pod který průměrně pronikalo pouze 5 % záření volné plochy. Minimální dosavadní ztráty ve všech variantách porostů dávají předpoklad možnosti následného pozitivního vývoje podsadeb za pomoci dalších pěstebních zásahů – snižování zakmenění porostů přípravných dřevin. Nezanedbatelným pozitivním aspektem dvoufázové obnovy lesa oproti přímé výsadbě na holinu se pak stává také potenciál přípravných porostů poskytovat využitelnou biomasu (e.g. MARTÍNEK et al. 2018a, 2018b), která s klesajícím zakmeněním klesá (cf. JOHANSSON 2007), ale může se soustředit do ekonomicky zajímavějších sortimentů.

ZÁVĚR

Z výsledků hodnocení podsadeb buku do porostů přípravných dřevin břízy, jeřábu a olše na stanovišti 4B – bohatá bučina čtyři roky po výsadbě vyplynuly následující poznatky:

- velmi nízká mortalita buku (ve všech variantách pod 7 %),
- všechny testované varianty přípravných porostů se ukázaly jako využitelné pro úspěšné založení a odrůstání podsadeb buku,
- buk nejlépe odrůstal na malé holině o výměře 0,1 ha obklopené v době zalesnění březovou a klenovou tyčkovinou o průměrné výšce 10 m. Hlavním důvodem tohoto pozitivního vývoje bude skutečnost, že se za dobu hodnocení na sledovaných plochách nevyskytlo poškození pozdními mrazy,

Tab. 6.

Růstové (A) a morfologické parametry (B) podsadeb buku pod variantami zakmenění porostu olše. ANOVA. Písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám; pro vysvětlivky zkratk viz tab. 3

Growth (A) and morphological parameters (B) of beech planted under shelter of alder preparatory stands. ANOVA. Letters indicate statistically homogeneous groups; for abbreviations see Tab. 3

A)		ih16 (cm)		ih17 (cm)		h17 (cm)		kr17 (mm)				
Zakmenění/ Stocking	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD				
	<i>p</i> =	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001				
5	16,3	a	6,4	19,1	a	8,0	90,3	a	18,7	9,5	a	1,6
7	17,9	a	5,8	21,6	a	8,1	95,9	a	19,0	9,7	a	1,7
10	21,3	b	6,1	31,6	b	9,5	106,8	b	20,0	10,5	b	1,9

B)		list																
Zakmenění/ Stocking	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD	prům.	SD				
	<i>p</i> =	<0,001		0,08		0,23		0,14		0,55		0,02						
5	93,4	a	17,1	3,2	a	5,1	8,7	a	1,8	60,7	a	5,7	37,4	a	4,2	1,64	a	0,15
7	97,9	a	17,8	2,1	a	3,9	8,6	a	2,1	62,5	a	6,1	37,4	a	4,9	1,68	b	0,17
10	107,7	b	19,9	1,9	a	3,7	9,1	a	2,1	61,6	a	6,7	38	a	4,7	1,63	ab	0,17

- ve všech hodnocených věkových kategoriích břízy a jeřábu intenzita odrůstání buku klesala s narůstajícím zakmeněním přípravného porostu. U olše byl tento trend opačný, z části pravděpodobně daný odlišným prostorovým uspořádáním jeho malých obnovních prvků – vlivem bočního podsvícení,
- z hodnocených variant přípravného porostu břízy se z hlediska růstové reakce buku pro založení podsadeb jako nejvhodnější prostředí jeví věk 15 let a snížení zakmenění minimálně na 7,
- z hlediska morfologických parametrů rostl s vyšším zakmeněním břízy a jeřábu úhel odklonu kmínku buku od svislice, pod porosty olše byl trend opačný. S narůstajícím zakmeněním břízy a jeřábu zároveň klesal počet bočních větví a velikost listů buku.

Poděkování:

Príspevek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství v rámci projektu QK1810126 „Zakládání a výchova směsí přípravných a cílových dřevin plnicích produkční a mimoprodukční funkce lesa v oblasti velkoplošně hynoucích smrkových porostů“.

LITERATURA

- BALCAR V., ŠPULÁK O., KACÁLEK D. 2010. Tvorba druhové skladby horských lešů na lokalitách extrémně zatížených klimatickými stresy. Zprávy lesnického výzkumu, 55 (4): 241–250.
- BEDBUR I., MATTHES U., KONOLD W. 2010. Pionierbaumarten – Chancen, Verbreitung und Potenziale im Klimawandel in Rheinland-Pfalz. Forst und Holz, 65 (7/8): 20–27.
- BRANG P., HILFIKER S., WASEM U., SCHWYZER A., WOHLGEMUTH T. 2015. Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 166 (3): 147–158.
- 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. DOI: 10.22237/jmasm/1177992660
- DUNCKER P.S., RAULUND-RASMUSSEN K., GUNDERSEN P., KATZENSTEINER K., DE JONG J., RAVN H.P., SMITH M., ECKMÜLLNER O., SPIECKER H. 2012. How forest management affects ecosystem services, including timber production and economic return: synergies and trade-offs. Ecology and Society, 17 (4): 1–17. DOI: 10.5751/ES-05066-170450
- FOX J., WEISBERG S. 2011. An R companion to applied regression. Los Angeles, Sage: 449 s.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. Journal of Forest Science, 51 (11): 519–525.
- HURT V., MAUER O. 2016. Podsady přípravných porostů břízy bělokore, olše a jeřábu ptačího bukem lesním a jedlí bělokorou. Certifikovaná metodika. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 38 s.
- HUSS J. 2000. Zur Wiederbewaldung auf Sturmschadensflächen. In: Huss J., Hehn M. (eds.): Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, 25: 1–23.
- JOHANSSON T. 2007. Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmland. Forestry, 80 (1): 41–52.
- KANTOR P. 1995. Vodní režim bukoveho porostu před jeho obnovou holou sečí a po ní. Lesnictví-Forestry, 41 (1): 1–10.
- KERR G., HAUFE J. 2016. Successful underplanting. Silvicultural guide. Edinburg, Forestry Comision: 42 s.
- KOOCH Y., TARIKHAD F. S., HOSSEINI S. M. 2017. Tree species effects on soil chemical, biochemical and biological features in mixed Caspian lowland forests. Tree-Structure and Function, 31 (3): 863–872.
- 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. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno: 158–166.
- LÖF M., KARLSSON M., SONESSON K., WELANDER T.N., COLLET C. 2007. Growth and mortality in underplanted tree seedlings in response to variations in canopy closure of Norway spruce stands. Forestry 80 (4): 371–384.
- MAGNUSKI K., JASZCZAK R., MAYS L. 2001. Structure of biometric traits of some tree species derived from an underplanting in a reconstructed spruce stand. Sylwan, 145 (5): 69–82.
- MARKHAM J. 2008. Variability of nitrogen-fixing *Frankia* on *Alnus* species. Botany, 86: 501–510.
- MARTINÍK A. 2012. Bříza, mocná dřevina a nemocné lesy. Lesnická práce, 91 (3): 22–24.
- MARTINÍK A., KNOTT R., KREJZA J., ČERNÝ J. 2018a. Biomass production of *Betula pendula* stands regenerated in the region of allochthonous *Picea abies* dieback. Silva Fennica, 52 (5): 1–15.
- MARTINÍK A., SENDECKÝ M., KREJZA J., ADAMEC Z. 2018b. Předpoklady hodnotové produkce břízy bělokore v sukcesních porostech na severní Moravě. Zprávy lesnického výzkumu, 63 (3): 165–172.
- MEYER C., LÜSCHER P., SCHULIN R. 2014. Recovery of forest soil from compaction in skid tracks planted with black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn). Soil & Tillage Research, 143: 7–16.
- MÍCHAL I. 1994. Ekologická stabilita. Brno, Veronica. 276 s.
- MLČOUŠEK M., KRÍSTEK Š., TUREK K., APLTAUER J., NOVÁK J., LEUGNER J., ZOUHAR V., VÁLEK M., PAŘÍZKOVÁ A., ŽÁRNÍK M., SOUŠEK Z., HÁJEK F., KANTOROVÁ M., SMEJKAL J., BARTOŇ R., TAUBR K. 2020. Generel obnovy lesních porostů po kalamitě, etapa III. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lešů; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 75 s.
- MZE 2019. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 111 s.
- NEAL C., ROBSON A.J., BHARDWAJ C.L., CONWAY T., JEFFERY H.A., NEAL M., RYLAND G.P., SMITH C.J., WALLS J. 1993. Relationships between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, Black Wood, Hampshire, southern England – findings on interception at a forest edge and the effects of storm damage. Journal of Hydrology, 146 (1–4): 221–233. DOI: 10.1016/0022-1694(93)90277-G
- NINGRE F., COLIN F. 2007. Frost damage on the terminal shoot as a risk factor of fork incidence on common beech (*Fagus sylvatica* L.). Annals of Forest Science, 64 (1): 79–86.

- PODRÁZSKÝ V., BALÁŠ M., LINDA R., KŘIVOHLAVÝ O. 2019. State of beech pole stands established at the clear-cut and in the underplanting. *Journal of Forest Science*, 65 (7): 256–262.
- R CORE TEAM. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné na/Available on: <https://www.R-project.org/>.
- ROLOFF A., GRUNDMANN B. 2008. Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. Tharandt, Stiftung Wald in Not: 46 s.
- SLODIČÁK M., BALCAR V., BEDNÁŘOVÁ E., BORŮVKA L., FADRHOŇOVÁ V., JURÁSEK A., HADAŠ P., KACÁLEK D., KANTOR P., KULASOVÁ A., KULHAVÝ J., LEUBE F., 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.
- SCHUTZ J.P. 2011. Výběrné hospodářství a jeho různé formy. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 158 s.
- 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.
- TEUFFEL K.F. 2000. Waldbauliche Erfahrungen mit der Bewältigung der Sturmschäden von 1990 in Baden-Württemberg. In: Huss J., Hehn M. (eds.) 2000: Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Berichte Freiburger Forstliche Forschung, 25: 79–87.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., KOLIBÁČOVÁ S., KOBLÍŽEK J., ŠEFL J. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.
- VÁLEK Z. 1977. Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 203 s.
- VANĚK P., MAUER O., HOUŠKOVÁ K. 2016. Vyhodnocení růstu podsadeb buku lesního, smrku ztepilého a jedle bělokoré pod porosty jeřábu ptačího. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (1): 25–34.
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. 2003. Czech forest ecosystem classification, *Journal of Forest Science*, 49: 74–82.
- VLKOVÁ V., POLENO Z., RYBNÍČEK P. 1994. Lesnický naučný slovník. Díl I: A-O. Praha, Agrospoj: 743 s.
- WEIHS U., KLAENE K. 2000. Growth dynamics and quality of an underplanting of beech under spruce shelterwood on basalt sites in the Hessian forest district of Kassel. *Forst und Holz*, 55 (6): 177–181.
- ZAKOPAL V. 1958. Vliv březových porostů na půdní stav holin v oblasti křivoklátské. *Sborník ČSAZV-Lesnictví*, 4 (31): 877–896.

IMPACTS OF AGE AND DIFFERENT STOCKING OF PREPARATORY DECIDUOUS STANDS ON THE PERFORMANCE OF UNDERPLANTED *FAGUS SYLVATICA*

SUMMARY

The climate extremes of recent years and the incidence of salvage felling have increased both the number and area of calamity clearings, which need a reforestation in the Czech Republic as well as in other parts of Europe. The target species such as beech and fir are sensitive to climate conditions and they thus can even fail after being planted on large clearings directly. In order to improve growing conditions for the introduction of such species into calamity clearings, so called preparatory stands that develop frequently on the calamity sites can be a part of solution. These stands are composed of pioneer tree species such as birch, rowan, or alder. To provide favourable growing environment for successful performance of underplanted tree species, silvicultural measures reducing competition of preparatory stands are recommended. However, there is a question related to the optimal intensity of such forest tending measures.

The objective of this study was the verification of the impacts of age and stocking of the birch (*Betula pendula*) preparatory stand on the underplanted beech performance when compared with beech plantation in clearing, and also the assessment of the impact of preparatory stand stocking on the beech underplanted below the 15-year-old rowan (*Sorbus aucuparia*) and alder (*Alnus glutinosa*). Based on the results, we tried to formulate recommendations how to utilise preparatory stands for the benefit of the underplanted beech.

In 2013, there were experimental plots established in Northern Moravia localities affected by calamity. In parts of stands with comparable site conditions where the dominant tree species were birch or rowan from a natural regeneration in large areas or alder from an artificial regeneration in a regular square network (mostly 20 m × 20 m), research plots were established. In total, there were 17 experimental plots established in preparatory stands, and one was placed within a clearing of the total area of about 0.1 ha. The age of the birch stands varied from 7 to 33 years, and rowan and alder were about 15 years old. Stocking of individual experimental plots with area of 0.04 ha was adjusted to full (10 or 10+), 7, and 5 (Tab. 1). At the same time, all plots were fenced (a wire fence 150 cm high) to protect plantations from game. In the establishment year, the preparatory stands were underplanted by beech – 250 seedlings per a plot (spacing of 1.0 m × 1.0 – 1.1 m). The beech planting stock was two years old, bare root with the medium diameter of the root collar 5 mm and 26–35 cm of height.

The mortality of the plants was assessed in 2015 and 2017. In 2017, measurements of 100 beech trees in each experimental plot were conducted (we omitted scrub beech or those showing an excessive growth). Following characteristics were measured: height of the above-ground part, diameter of the root collar, length of one-year- and two-year-old terminal shoot, number of side branches, deviation angle of the trunk axis from the vertical position, total height, and length and width of a new leaf in the middle of the last sprout of the second side branch from above.

Assessed criteria included age (the birch stands were classified into three categories of 7, 15 and 30 years of age) and the preparatory wood stands' stocking (+10, 10, 7, 5). Beeches growing in different-stocking treatments were compared within the particular preparatory species and within age categories. The beech plants in the clearing were compared with the underplanted ones below the three age categories of birch stands having the lowest tested stocking (5). The statistical analysis was done using the R environment (R Core Team 2018).

The total mortality in all treatments was below 7% (Tab. 2). The mortality increased with the increasing stands' stocking with the exception of the oldest birch stands and the alder variant.

We observed declining beech growth in underplanting below birches of all age categories as the stocking of the preparatory stands increased. Beeches developed better when the stocking was minimal and the differences became more pronounced as for the height development rather than the diameter of the root collar (Tab. 3A). The increased birch stocking in the case of all stands' age categories meant also the increased deviation angle between trunk and the vertical position, and the sizes of leaves were also negatively influenced. The leaf size changes resulted in changed shapes (the L/W ratio) in the 15-year-old category only (Tab. 3B).

When compared the beech parameters in the clearing and in the underplanting below the preparatory birch stands of different age categories with the stocking 5, we found the differences in beech leaves' shapes between the stand parts: while the leaf length remained the same, the leaf width and thus the L/W ratio showed a partial correlation with the beech growth (Tab. 4). The number of side branches basically correlated with the height (Tab. 3 and 4).

In the case of underplanting below rowan, its high stocking suppressed the beech growth. The more increased stocking, the thinner root collar (Tab. 5A). The lowest average number of beech branches occurred in the densest variant of the 10+ rowan stand stocking. At the same time, especially beech in variant 10+ showed more pronounced trend towards the plagiotropic growth (Tab. 5B). The beech leaf sizes were decreasing together with the potential amount of light penetrating the canopies of the rowan stands. However, the L/W ratio remained unchanged.

In the case of the below-alder underplanting, the height development of beeches was more intensive in the treatment with the full stocking left. This was shown in increments, but also in the total height and the diameter of the root collar (Tab. 6A). Differences in morphological parameters between the assessed variants were minimal (Tab. 6B).

The study results proved the very low beech mortality in all studied treatments. Beech grew the best in the small 0.1-ha clearing. All tested treatments of the preparatory stands presented themselves as usable for the successful establishment of the underplanted beech and its development. Increased birch and rowan stands' stocking reduced the growth of the underplanted beech, but in the case of alder we observed the opposite trend. As for the birch preparatory stand, the best environment for the establishment of the beech underplantings, when its growth reaction is considered, seems the age of 15 years and the reduction of the stocking to at least 7. From the morphological point of view, we can say that the higher birch or rowan stocking results in the increased deviation angle of the beech trunks from the vertical axis, while the trend was just the opposite one in the case of alder. The increased birch or rowan stocking reduced the number of side branches and beech leaves size.

Zasláno/Received: 25. 05. 2020

Přijato do tisku/Accepted: 03. 08. 2020