

TVORBA DRUHOVÉ SKLADBY HORSKÝCH LESŮ NA LOKALITÁCH EXTRÉMNĚ ZATÍŽENÝCH KLIMATICKÝMI STRESY

RESTORATION OF TREE SPECIES COMPOSITION ON MOUNTAIN FOREST SITES AFFECTED BY EXTREME CLIMATIC STRESS

VRATISLAV BALCAR - ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The article deals with prosperity of Norway spruce, mountain pine, silver birch, Carpathian birch and rowan which were planted into allochthonous mountain pine stand situated under climatically-extreme site conditions, Jizera valley (860 m above sea level, Northern Bohemia). The study is based on 5-year lasting investigation. The aim of the study is to test tree species which were used to substitute both mountain and bog pines dominating the stand presented on site (height of pine stand was 1.6 m – 2.0 m); the new species are expected better to provide demanded ecological and/or economical services of forest. Research includes also monitoring of growing conditions, chiefly frost-induced stress which affects juvenile-stage trees. The experiment addresses a research question: Does shelter of the older-pine stand help new plantations to cope with harsh environment? Among new species, mountain pine shows the lowest mortality rate (11%) followed by rowan and spruce (both 16%), and Carpathian birch (27%). The silver birch shows the highest mortality rate (47%) so that this species does not seem to be an appropriate species for a purpose of conversion. All tested species showed more intensive height growth of individuals planted into the canopy of shrubby pines, whereas the individuals placed in gaps showed the slowest growth.

Klíčová slova: přeměna porostů, prosadby, klimaticky extrémní polohy, škody mrazem, borovice kleč, smrk ztepilý, jeřáb ptačí, bříza bělokorá, bříza karpatská, Jizerské hory

Key words: forest stand conversion, interplantings, harsh climate, frost-induced damage, mountain pine, Norway spruce, rowan, silver birch, Carpathian birch, the Jizerské hory Mts.

ÚVOD

Od konce 70. do poloviny 90. let minulého století byly Jizerské hory postiženy rozsáhlým odumíráním lesních porostů v důsledku znečištění ovzduší a dalších doprovodných stresů abiotického i biotického původu. V oblasti došlo k odlesnění zhruba 12 000 ha, a to zejména ve vyšších polohách, kde jsou lesy vystaveny drsnějšímu klimatu (BALCAR et al. 1994). Z důvodu narušení požadovaných nejdůležitějších ekologických funkcí a nebezpečí degradace ekosystému půdní erozí byly lesní porosty díky lesnímu provozu obnoveny. Vzhledem k trvající imisní zátěži byl výběr dřevin orientován na pionýrské dřeviny, které lépe snášely aktuální zhoršení růstových podmínek. Byly zde sázeny jak dřeviny domácí, tak introdukované – neopadavé jehličnany (hlavně smrk pichlavý). Od porostů listnatých dřevin byl očekáván příznivý vliv na půdu a rychlé zalesnění volných ploch, jehličnany měly do určité míry nahradit ztráty na dřevní produkci a lépe zabezpečovat některé funkce mimoprodukční (MATERNA 1978). Příznivý vliv listnáčů na půdu a vyšší účinnost jehličnanů při zpomalení tání sněhu byly později doloženy výsledky experimentálních šetření (KANTOR, ŠACH 1988, KANTOR 1989, PODRÁZSKÝ 1995, BALCAR et al. 2008). Vzhledem k předpokládané nižší stabilitě a omezenému plnění produkčních i mimoprodukčních funkcí (v porovnání se dřevinami cílovými) byly porosty náhradních dřevin již od počátku považovány za přípravnou fázi pro založení

stabilních lesních ekosystémů, druhově odpovídajících aktuálním růstovým podmínkám při respektování původní dřevinné skladby (KUBELKA et al. 1992, MAUER, TESAŘ 2005, BALCAR et al. 2007).

Na lokalitách extrémně zatížených klimatickými stresy byla jako náhradní dřevina v době likvidace následků imisní kalamity vysazována borovice kleč s borovicí blatkou. Složitost problematiky přesného určení druhu z komplexu *Pinus mugo* je popsána v práci HAMERNÍKA a MUSILA (2007). V oblasti Jizerských hor se tyto klimaticky extrémní lokality vyskytují převážně v mělkých údolích pod horskými hřbety – například Malá a Velká Jizerská louka. V současnosti je i zde počítáno s přeměnami. Jedním z důvodů je většinou alochtonní původ těchto porostů a nebezpečí genetického ovlivnění sousedních přirozených porostů borovice kleče. Vystává proto otázka volby optimálních pěstebních opatření pro zavádění cílových dřevin na tyto klimaticky extrémní lokality.

Cílem příspěvku je vyhodnocení prosperity výzkumné výsadby vybraných cílových dřevin pro rekonstrukci alochtonních porostů kleče a blatky na klimaticky extrémní lokalitě jako podklad pro případná doporučení optimálních pěstebních postupů při jejich výsadbě. Součástí práce je i vyhodnocení mikroklimatických stresů ve vztahu k předpokládané krycí účinnosti stávajícího porostu na jejich zmírnění. Práce zahrnuje vývoj výsadeb po dobu prvních 5 let od výsadby (2005 – 2009).

METODIKA

Výzkumná plocha (dále VP) Kleč byla založena v roce 2005 v porostu 357 D3/2 na LS Frýdlant. Nachází se v údolí říčky Jizera v porostu nepůvodní kleče a blatky v blízkosti rašeliníště na Malé Jizerské louce v nadmořské výšce ca 860 m (GPS 50°49'32.612"N, 15°19'58.525"E, obr. 1 a 2). V roce založení měl porost obou borovic výšku 1,6 – 2,0 m; v současné době tento porost dosahuje výšky 2,3 – 2,8 m. Soubor lesních typů je klasifikován jako 8 S (středně bohatá svěží smrčina, přirozená druhová skladba SM 9-10, JD 0+, BK 0+, KL+1 a JŘ+1, MACKŮ 1999), je zde nicméně patrný přechod ke kategorii G (podmáčená smrčina, přirozená druhová skladba SM 9-10, BŘP+1, JŘ+, KOS 0+). Jedná se o extrémní mrazovou polohu s inverzí lesních vegetačních stupňů, ve které se přízemní mrazy vyskytují i v letních měsících, což výsledky našich měření rovněž prokazují. Kleč a blatka byly na této lokalitě vysazeny jako náhradní dřeviny po smýcení imisemi poškozené smrkové kmenoviny, protože výsadby smrku zde byly poškozovány přízemními mrazy a jejich další vývoj se jevil problematickým.

Od srpna 2004 jsou na VP Kleč v hodinových intervalech měřeny teploty vzduchu digitálním záznamníkem (Logger S0141, fa Comet). Stíněná čidla jsou umístěna na volné ploše ve výškách 200 a 30 cm nad terénem a v půdě a pod korunou stávajícího porostu kleče a blatky ve výšce 30 cm. „Volnou plochou“ zde rozumíme porostní mezeru mezi odrůstajícími skupinami borovic širší než 4 m. Čidla měřící přízemní teplotu jsou větší část mimovegetační doby (ca X – III) pod sněhovou vrstvou. Detailněji byl proto hodnocen vývoj teplot v době vegetace, kdy lze předpokládat větší význam stávajících porostů kleče a blatky na zmírnění mrazových stresů (pozdní a časně mrazy).

Na výzkumné ploše je testována prosperita 5 druhů lesních dřevin, u kterých je předpoklad uplatnění v cílové druhové skladbě na daném stanovišti (tab. 1). Dřeviny byly vysazeny v pravidelném sponu (2 x 1 m) do stávajícího porostu na jaře 2005 a v průběhu léta byla výzkumná plocha oplocena. Jednotlivé výsadby jsou očíslovány, po ukončení výškového růstu každoročně měřeny a průběžně je sledován jejich zdravotní stav. Výškový vývoj je hodnocen za základě měření výšky nejvyššího živého výhonu. Přírůst je vypočítán jako rozdíl výšky v aktuálním a předchozím roce a může v důsledku poškození nabývat i záporných hodnot.

V zájmu hodnocení předpokládaného pozitivního vlivu stávajícího porostu kleče a blatky na testované výsadby tlumením mrazových extrémů (BALCAR et al. 2009) byli jedinci hodnocených dřevin rozděleni do 3 skupin. Podle vzdálenosti od stávajícího porostu byli jedinci vysazeni do prostoru korun kleče a blatky zařazeni do skupiny „A“, jedinci vysazeni do vzdálenosti 50 cm od okraje korun do skupiny „B“ a jedinci ve větší vzdálenosti než 50 cm do skupiny „C“. Základními hodnocenými charakteristikami prosperity je procento přežívajících jedinců (počet vysazených jedinců v roce 2005 = 100 %), vývoj průměrné výšky všech živých jedinců a vývoj průměrné výšky 20 % stromků s největší relativní růstovou dynamikou z každé skupiny. Růstová dynamika byla hodnocena podle poměru výšky při výsadbě (100 %) a výšky dosažené v roce 2009, kdy proběhla poslední zahrnutá šetření zdravotního stavu a měření výšek.

K vyhodnocení rozdílů ve výškovém růstu mezi skupinami (A, B, C) byl použit software Unistat 5.06. Normalita souborů byla testována Kolmogorov-Smirnovovým, resp. Lillieforsovým testem normality. V případě potřeby vyrovnání normality byla data transformována logaritmickou nebo Box-Coxovou transformací.



Obr. 1.
Poloha výzkumné plochy Kleč - červený čtverec (zdroj: <http://mapy.idnes.cz>)
Localization of the Kleč research plot - red square

Rozptyly byly analyzovány pomocí F-testu, střední hodnoty příslušným T-testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



Obr. 2.
Výzkumná plocha Kleč (srpen 2005)
Kleč research plot (srpen 2005)

Měsíční minima teplot v době vegetační (IV. – IX.), kdy dochází k nebezpečí poškození lesních dřevin pozdními a časnými mrazy, byla na rozdíl od teplotních maxim vždy nižší na volné ploše než pod korunami borového porostu (obr. 3). V průměru byla ve vegetační době měsíční minima teplot pod korunami stávajícího porostu kleče a blatky ca o 2 °C vyšší než v porostní mezeře (průměr minim pod korunami -4,4 °C, v porostní mezeře -6,4 °C).

Trvání mrazových epizod bylo vždy delší na volné ploše než pod korunami stávajícího porostu. V průběhu sledovaného měření teplot bylo v přízemní vrstvě vzduchu na volné ploše naměřeno celkem 2 588 záznamů teplot pod bodem mrazu, pod korunami pak 2 122 záznamů, tj. o 18 % méně. Poškození výsadby pozdními mrazy se vyskytlo hlavně v důsledku mrazových stresů v průběhu června, kdy byly již výsadby vyrašené. K výrazným mrazovým stresům s následným poškozením došlo v červnu 2006 a 2009, kdy přízemní teploty v porostních mezerách klesly až pod -7 °C (trvání mrazů 10 a 11 hodin). Větší důsledky vzhledem k stupni narašení výhonů byly přitom pozorovány v roce 2009.

Kromě poškození pozdními mrazy byly výsadby (zvláště břízy bělokore) poškozeny také počátkem ledna 2009 výrazným poklesem teploty na hodnotu nižší než -34 °C, a to po dobu ca čtyř hodin.

Vývoj testovaných výsadeb

Celková mortalita břízy bělokore (*Betula pendula* ROTH.) činila 47 % (tab. 3). K jejímu výraznému nárůstu (o 25 %) došlo po epi-

Tab. 1.
Charakteristika výsadby hodnocených dřevin
Planting stock origin and type

Dřevina ¹	Původ ²	Stáří a druh sazenic ³	Vysazeno ⁴
Bříza bělokora (<i>Betula pendula</i> ROTH.)	Jizerské hory 8. LVS	1 + k3 + k2 krytokořenné	151 sazenic
Bříza karpatská (<i>Betula carpatica</i> W. et K.)	Jizerské hory 8. LVS	1 + 4 prostokořenné	124 sazenic
Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Jizerské hory 8. LVS	1 + 2 + 2 prostokořenné	152 sazenic
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) KARST.)	Krkonoše 8. LVS	f1 + 2 + k2 krytokořenné	150 sazenic
Borovice kleč (<i>Pinus mugo</i> TURRA)	Jizerské hory 8. LVS	f1 + k2 + k3 krytokořenné	150 sazenic

Captions: Tree species¹, Region of origin including Forest Vegetation Zone², 8. LVS – Norway spruce vegetation zone (climatic domain), Age and type of seedlings (krytokořenné = containerized, prostokořenné = bare-root seedlings³, Number of planted seedlings⁴

VÝSLEDKY

Vybrané výsledky klimatických měření

Průměrná roční teplota vzduchu 200 cm nad terénem ve sledovaném období (VIII. 2004 – XII. 2009, tab. 2) činila 4,6 °C a byla výrazně vyšší oproti hodnotám očekávaným na základě stanovištní klasifikace (průměrná teplota pro 8. LVS se uvádí v rozmezí 2,5 až 4,0 °C, PLIVA 1980). Ve sledovaném období byla naměřena nejnižší teplota vzduchu 200 cm nad terénem na VP Kleč - 34,9 °C (I. 2009) a nejvyšší 31,7 °C (VII. 2005).

Pokles přízemních teplot vzduchu (30 cm nad terénem) pod bod mrazu byl na lokalitě zjištěn v každém měsíci v roce minimálně jedenkrát za sledované období (tj. i v letních měsících).

zodách mrazových stresů v zimě a na jaře 2009. Jedinci vysazení do stávajícího porostu kleče a blatky vykazovali ztráty nižší (skupina A – 32 %) než jedinci mimo stávající porost (skupina B – 50 % a skupina C – 53 %). Výsadba břízy bělokore trpěla poškozením zlomy a deformacemi působenými sněhovou vrstvou (poškozeno 14 % jedinců). V důsledku mrazových stresů v zimě a koncem jara 2009 došlo k výraznému prosychání korun (podíl suchých větví z celkové koruny 50 % a více) v průměru u 84 % jedinců ze stavu v roce 2008. Ve skupině A (pod porostem kleče) to bylo výrazně méně (60 %) než ve skupinách B a C (91 % a 93 %).

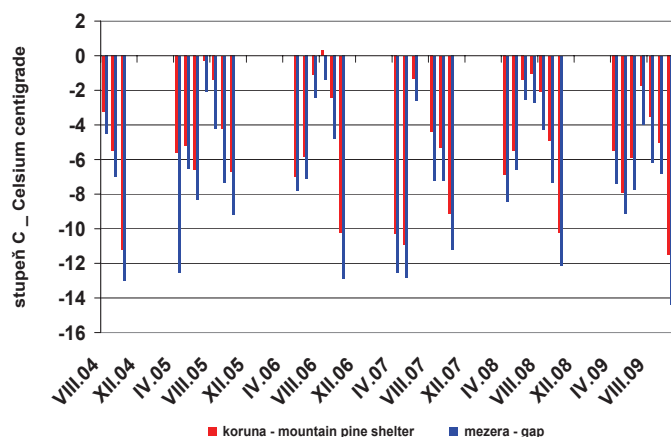
Z hlediska výškového růstu měli nejvyšší vitalitu jedinci vysazení pod koruny stávajícího klečového porostu (skupina A), dále stromky v blízkosti korun (B) a nejpomaleji přrůstaly stromky

Tab. 2.

VP Kleč - průměrné a extrémní měsíční teploty za období VIII. 2004 – XII. 2009

Kleč research plot – mean and extreme monthly temperatures in the period of August 2004 – December 2009

Měsíc/Month	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok/Year
Průměr/Mean	-4,0	-3,6	-1,3	5,1	8,8	11,9	14,3	12,5	9,2	5,1	0,7	-3,4	4,6
Minimum	-34,9	-30,6	-27,9	-12,3	-10,2	-6,6	-2,5	-5,0	-5,4	-15,1	-19,0	-23,0	-34,9
Maximum	9,9	11,3	20,0	24,5	28,0	27,5	31,7	28,7	26,6	20,5	14,8	11,6	31,7



Obr. 3.

Měsíční minima přízemních teplot vzduchu (30 cm nad terénem) na VP Kleč ve vegetačních obdobích (IV – X). Vzhledem k výpadku měření nejsou údaje pro IV-06 a VII-07 uvedeny.

Monthly minimal temperatures at height of 30 cm above ground in vegetation period (IV – X) on the Kleč research plot. Due to failure of the logger, values for IV-06 and VII-07 are missing.

v porostních mezerách, které měly v důsledku častého poškozování klimatickými stresy (sníh, prosychání korun) hodnoty průměrného přírůstu záporné (skupina C, tab. 4). Statisticky průkazně vyšší průměrnou výšku v roce 2009 vykazovaly stromky vysazené do prostoru korun kleče (skupina A), u průměru 20 % stromků s největší relativní růstovou dynamikou (vysvětlení pojmu viz kap. Metodika) se vzájemně statisticky průkazně odlišily všechny skupiny (tab. 5). Průměrný periodický přírůst vykazoval obdobný trend.

Celková mortalita břízy karpatské (*Betula carpatica* W. et K.) činila 27 %, z toho nejméně uhynuli jedinci vysazení ve stávajícím porostu kleče (skupina A – 20 %), poněkud více v porostních mezerách (C – 25 %) a nejvíce u okrajů porostu kleče (B – 33 %). Mrazové stresy v roce 2009 se na její mortalitě zřejmě neprojevily (tab. 3). I bříza karpatská však v důsledku silných mrazových stresů v zimě a koncem jara 2009 vykazovala výrazné prosychání korun (podíl suchých větví 50 % a více z celkové koruny). V průměru se jednalo o 41 % jedinců ze stavu v roce 2008 a kvantitu poškození jednoznačně ovlivnilo postavení v porostu kleče a blatky. Ve skupině A (pod porostem kleče) bylo poškozeno 18 % jedinců, ve skupině B (u okraje porostu kleče) 45 % a ve skupině C (v porostní mezeře) 63 %. Výsadba byla rovněž poškozována sněhovou vrstvou, i když poněkud méně (9 %) než bříza bělokorá.

Podle výsledků měření výškového růstu nejvyššího vzrůstu ve sledovaném období dosáhly kultury pod stávajícím porostem kleče (skupina A), nejméně přirůstaly stromky v porostních mezerách (tab. 4). V celkovém průměrném výškovém přírůstu (ih05-09) byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi skupinami A a C. Výškový přírůst u 20 % stromků s největší růstovou dynamikou byl vyšší u jedinců ve stávajícím porostu kleče (skupina A) než u ostatních dvou skupin, avšak statisticky neprůkazně (tab. 5).

Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.) byl poškozován sněhem nejvíce z testovaných dřevin. V průměru bylo ve sledovaném období (2005 – 2009) poškozeno zlomy a deformacemi kmene 40 % jedinců. K úhynu došlo celkem u 16 % jedinců, vyšší mortalitu vykazovala skupina jedinců v porostních mezerách (skupina C – 21 %) než skupiny ostatní (A – 13 %, B – 12 %, tab. 3). V roce 2009 v důsledku mrazových stresů došlo celkem u 25 % jedinců k prochnutí větví v rozsahu více než 50 % koruny. Postiženy byly hlavně stromky vysazené do porostních mezer (skupina C – 54 %), podstatně méně pak stromky u okrajů stávajícího klečového porostu (skupina B – 12 %) a pod jeho korunami (skupina A – 3 %).

Výškový růst jeřábu ptačího byl výrazně negativně ovlivněn zlomy a deformacemi působenými sněhem, a to zvláště u jedinců vysazených do porostních mezer (skupina C vykazovala v celkovém průměru negativní růstový trend, tab. 4). Stromky v blízkosti klečového porostu a pod jeho korunami byly poškozovány podstatně méně.

Již v době výsadby (červen 2005) byly naražené výhony smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) poškozeny pozdním přízemním mrazem (51 % jedinců). Nejvíce byly poškozeny stromky vysazené v mezerách (skupina C – 62 %), nejméně často v zákrytu korun (skupina A – 34 % jedinců). V následujících letech došlo k poměrně rozsáhlému poškození pozdními mrazy až v červnu 2009, kdy nekrotické symptomy poškození nových výhonů v rozsahu vyšším než 10 % postihly celkem 20 % jedinců. Nejvíce se poškození projevilo na výsadbě v porostních mezerách (skupina C – 27 %), méně při okrajích porostu kleče (skupina B – 19 %) a pod korunami (skupina A – 10 %). Stejný trend měla i kvantita poškození, která u skupiny C dosáhla průměru 38 %, u B 25 % a u skupiny A 20 % z celkové plochy nových výhonů. Deformace kmene v důsledku přímého tlaku sněhové vrstvy byly patrné u 11 % jedinců a rovněž se nejčastěji vyskytovaly na výsadbě v porostních mezerách (skupina C – 22 % jedinců), méně při okrajích klečového porostu (B – 8 %). Pod korunami stávajícího porostu docházelo v důsledku deformací klečových keřů sněhem i k deformacím terminálních výhonů smrku (obr. 4).

Za zmínku stojí i výskyt poškození extrémním zimním mrazem v lednu 2009 (pokles teplot až na -34,9 °C), kdy došlo ke zmrznutí pupenů v dormanci. Většinou se jednalo o pupeny na terminálních

Tab. 3.

Procento živých jedinců v průběhu hodnocení výsadby na výzkumné ploše Kleč v letech 2005 až 2009

Survival of trees during evaluation period (%) on the research plot Kleč from 2005 to 2009

Dřevina/Species	Skupina/Group	Výsadba/Initial percent	2005	2006	2007	2008	2009
BR	A	100	100	100	92	81	68
	B	100	100	100	96	88	50
	C	100	98	94	84	68	47
	A+B+C	100	99	97	90	78	53
BRK	A	100	100	95	90	83	80
	B	100	96	76	75	69	67
	C	100	84	81	78	78	75
	A+B+C	100	94	84	81	76	73
JR	A	100	98	91	91	87	87
	B	100	96	92	92	90	88
	C	100	88	86	86	84	79
	A+B+C	100	93	89	89	87	84
SM	A	100	89	86	86	86	83
	B	100	94	94	94	94	92
	C	100	79	79	77	77	75
	A+B+C	100	87	87	86	86	84
BOK	A	100	97	94	92	89	89
	B	100	94	94	94	94	94
	C	100	95	88	89	86	86
	A+B+C	100	95	91	91	89	89

Počty (2005 – 2009) byly zjišťovány koncem léta nebo počátkem podzimu při měření výsadby.

Zkratka dřevin: BOK = borovice kleč, BR = bříza bělokorá, BRK = bříza karpatská, JR = jeřáb ptačí, SM = smrk ztepilý

Skupiny vzdálenosti jedinců testovaných dřevin od stávajícího porostu kleče: A = v porostu kleče, B = do vzdálenosti 50 cm od okraje porostu kleče, C = 51 cm a více od okraje porostu kleče

Numbers (2005 – 2009) were determined at the end of summer or beginning of autumn during measurement of plantations.

Abbreviations: BOK – mountain pine, BR – common birch, BRK – Carpathian birch, JR – rowan, SM – Norway spruce

Groups of plantings on the basis of distance from mountain pine shrubs: A = inside shrub, B = up to 50 cm from shrubs' margins, C = 51 cm and more from shrubs' margins

výhonu a k poškození došlo celkem u 17 % jedinců, ve skupinách bylo poškozeno: A 10 %, B 4 % a C 36 % jedinců.

V souladu s častějším poškozením smrkových výsadby v porostních mezerách byla i jejich mortalita, která zde za 5 let dosáhla 25 %. Výrazně nižší byla u smrků vysazených pod korunami stávajícího klečového porostu (17 %) a při jeho okrajích (8 %, tab. 3). Největší výškové přírůsty byly zaznamenány u jedinců pod korunami klečového porostu (skupina A), nižší při jeho okrajích (B) a nejnižší v porostních mezerách (C, tab. 4). Stejný trend rozdílů byl patrný i u skupin 20 % jedinců s nejvyšší růstovou dynamikou (tab. 5). Statisticky významné rozdíly byly v obou případech zjištěny mezi skupinami A a C.

Borovice kleč (*Pinus mugo* TURRA) rostla na výzkumné ploše bez závažnějších symptomů poškození. Celková mortalita činila 11 % a vyskytla se většinou v prvním roce po výsadbě (tab. 3). Nejméně jedinců uhynulo při okrajích stávajícího porostu (skupina B 6 %), nejvíce v porostních mezerách (C 14 %). Nejvyššího průměrného přírůstu dominantního výhonu v průběhu sledovaného období dosáhli jedinci vysazení ve stávajícím klečovém porostu (skupina A – 31 cm, tab. 4), nejnižšího v porostních mezerách (C – 26 cm). Rozdíly ve výškových přírůstech všech jedinců však byly poměrně nízké a statisticky neprůkazné. Stejný trend rozdílů v periodických přírůstech dominantního výhonu (ih05-09) vykazovali i jedinci s nejrychlejší růstovou dynamikou (20 % nejvyšších), rozdíl mezi nejrychleji rostoucí skupinou A a oběma dalšími skupinami byl statisticky průkazný.

Tab. 4.

Průměrné výšky a průměrný periodický přírůst za období 2005 – 2009 u všech živých jedinců (cm)
Mean height and mean periodical height increment of all living trees (cm) in 2005 - 2009

Dřevina/Species ih05-09	Skupina/Group	2005	2006	2007	2008	2009	Přírůst/Increment
BR	A	65 a	74 a	89 a	103 a	119 a	52 a
	B	63 b	70 b	80 b	81 b	66 b	5 b
	C	64 ab	64 b	69 c	65 c	52 b	-13 b
	A+B+C	64	69	78	81	77	13
BRK	A	90 a	88 a	100 a	113 a	125 a	32 a
	B	78 b	84 b	94 ab	98 ab	104 b	25 ab
	C	80 ab	82 ab	86 b	89 b	84 b	6 b
	A+B+C	83	85	94	101	106	22
JR	A	126 a	123 a	123 a	144 a	146 a	19 a
	B	123 ab	115 a	114 a	122 b	123 a	0 b
	C	122 b	114 a	111 a	117 b	94 a	-28 b
	A+B+C	124	117	116	126	120	-4
SM	A	67 a	72 a	84 a	100 a	114 a	47 a
	B	66 a	67 b	79 a	88 b	104 b	38 ab
	C	66 a	67 b	78 a	88 b	97 b	32 b
	A+B+C	66	68	80	91	104	38
BOK	A	37 a	42 ab	48 a	58 a	69 a	31 a
	B	38 a	40 b	45 a	53 a	65 a	27 a
	C	41 b	43 a	47 a	57 a	67 a	26 a
	A+B+C	39	42	46	56	67	28

Rozdílná písmena (a, b, c) u průměrů výšek a přírůstů dané dřeviny v daném roce značí statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$).

For symbol explanation see table 3.

Different letters (a, b, c) indicate statistical significant differences ($p \leq 0.05$) among mean heights and increments of particular species and year.

DISKUSE

Extrémní klima mrazových poloh přináší nebezpečí poškození i u dřevin, které jsou řazeny mezi odolné vůči mrazu. Sukcese takovýchto stanovišť je pozvolná, nejprve jsou osidlována odolnějšími druhy pionýrského charakteru, v jejichž krytu mohou následně odrůstat dřeviny klimaxového typu.

Borovice kleč, hlavní dřevina nejvyššího lesního vegetačního stupně u nás, má výraznou schopnost překonat stresové podmínky extrémních vysokohorských stanovišť a při výsadbě postupně vytvářet zapojený porost. Proto byla (často společně s borovicí blatkou, která byla v juvenilní stadiu obtížně odlišitelná) využita pro obnovu klimaticky extrémních horských poloh, včetně sledované lokality. Takto vzniklé porosty nabízejí potenciál úpravy porostního prostředí při přeměně vnášením cílových dřevin. V naší studii bylo toto působení stávajícího porostu kleče/blatky doloženo pozitivní reakcí prakticky všech testovaných dřevin – prosadeb.

Přítomnost porostu kleče a blatky může pozitivně ovlivňovat výsadby cílových dřevin více způsoby. Dochází k redukci proudění vzduchu (KREČMER 1982), změnám v ukládání sněhu (BARTOŠ et al. 2009) a k úpravě světelného i tepelného režimu oproti holinám (BALCAR, ŠPULÁK 2006). V průběhu bezvětřných nocí, kdy tepelné vyzařování určuje průběh teplot, přítomnost koruny i jednotlivé stojícího stromu snižuje únik tepla z přízemních vrstev (GEIGER 1950, s. 20). Tepelný a světelný režim se bude odrážet i na nástupu a průběhu rašení, stejně tak jako se odráží na průběhu kvetení dřevin (SCAMONI 1938). Souběh stupně rašení a úpravy teplot lze pozorovat např. na popisovaném nárůstu rozsahu poškození nových smrkových výhonů i výhonů bríz pozdním mrazem ve směru z prostoru korun (skupina A) do mezer (C). Konkurence stávajících keřů kleče v korunovém prostoru měla pozitivní i negativní důsledek. U prosadeb vysazených do prostoru korun keřů (A), méně u jedinců z okraje (B), se u všech testovaných dřevin projevila stimulace výškového přírůstu, jak je patrné z růstu 20 % nejintenzivněji rostoucích

Tab. 5.

Průměrné výšky a průměrný periodický přírůst za období 2005 – 2009 u 20 % jedinců s největší růstovou dynamikou (cm)
 Mean height and mean periodical height increment of 20% of the most intensively growing trees (cm) in 2005 – 2009

Dřevina/Species	Skupina/Group	2005	2006	2007	2008	2009	Přírůst/Increment
ih05-09							
BR	A	65 a	84 a	116 a	128 a	169 a	104 a
	B	62 a	77 ab	94 ab	109 a	117 b	55 b
	C	61 a	67 b	78 b	74 b	81 c	20 c
	A+B+C	62	74	93	99	114	52
BRK	A	82 a	92 a	108 a	140 a	152 a	70 a
	B	65 ab	81 ab	97 a	111 ab	123 a	58 a
	C	55 b	73 b	95 a	104 b	112 a	57 a
	A+B+C	68	83	100	119	130	62
JR	A	127 a	132 a	145 ab	177 a	192 a	65 a
	B	122 a	137 a	158 b	180 a	186 a	64 a
	C	123 a	126 a	135 a	153 b	158 b	35 b
	A+B+C	124	131	145	169	177	53
SM	A	57 a	66 a	78 a	102 a	127 a	70 a
	B	60 a	66 a	88 a	104 a	127 a	67 ab
	C	66 a	69 a	83 a	102 a	123 a	57 b
	A+B+C	61	67	84	102	126	64
BOK	A	33 a	45 ab	55 a	70 a	93 a	59 a
	B	33 a	36 a	46 a	59 a	79 b	46 b
	C	39 b	42 b	50 a	64 a	84 ab	45 b
	A+B+C	36	41	50	64	84	49

Rozdílná písmena (a, b, c) u průměrů výšek a přírůstů dané dřeviny v daném roce značí statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0.05$).

For symbol explanation see table 3.

Different letters (a, b, c) indicate statistical significant differences ($p \leq 0.05$) among mean heights and increments of particular species and year.

stromků. Nicméně otázkou zůstává vliv mechanického působení větví kleče. Keř může v určitou část roku stabilizovat výhon proti deformacím působeným např. sněhem a námrazou. V zimním období ale může mít poléhavost výhonů kleče efekt opačný. Například u smrků vysazených do prostoru korun byla pozorována deformace terminálního výhonu (obr. 4).

Z výběru dřevin pro výsadbový pokus lze jako tolerantní ke klimatickým stresům dané lokality označit borovici kleč, poměrně úspěšný je i vývoj výsadby smrku ztepilého. Z listnatých dřevin v daných podmínkách vykazuje poměrně uspokojivý vývoj bříza karpatská, méně již jeřáb ptačí. Bříza bělokorá se pro svou vysokou mortalitu, častá poškození a růstovou stagnaci jeví pro dané stanoviště jako nevhodná. Rozdíly mezi oběma druhy bříz v toleranci ke klimatickým stresům jsou v souladu s dosavadními poznatky

a rozdílným uplatněním obou druhů v horských podmínkách (LOKVENC et al. 1992, MACKŮ 1999).

Při dalším odrůstání vysazených kultur, po odeznění převažujícího pozitivního působení porostu kleče a blatky, bude možné etapově přistoupit k, z hlediska ochrany přírody požadované, likvidaci těchto nepůvodních porostů za účelem omezení nebezpečí hybridizace s autochtonní klečí na blízkém chráněném území. Lze předpokládat, že pomocí mírného selektivního zásahu bude možné podpořit postupné předrůstání stromovitých druhů výsadby a následnou redukci porostů kleče a blatky v jejich zástinu. Postup těžby stávajících porostů bude mít větší prioritu v částech přeměňovaných klečí autochtonního původu, a to zejména vzhledem k riziku případné záměny jedinců z původní a následné výsadby.



Obr. 4.
Deformace terminálního výhonu smrku pod keří borovice kleče (duben 2010)
Deformed leading shoot of Norway spruce under mountain pine crown (April 2010)

ZÁVĚR

- Z mikroklimatických měření je zřejmá vysoká amplituda kolísání teplot vzduchu (rozdíl mezi maximem a minimem za sledované období dosáhl 62,3 °C). Dosavadní pětileté výsledky potvrzují extremitu stanovištních podmínek, a to i vzhledem k jiným lokalitám ve vyšších horských polohách Jizerských hor (SLODIČÁK et al. 2005, BALCAR, ŠPULÁK 2006, BALCAR et al. 2009). Rovněž zde byl potvrzen výskyt přízemních mrazů v průběhu celého roku.
- Přízemní mikroklima pod korunami stávajícího porostu kleče a blatky vykazovalo v průběhu vegetační doby vždy nižší mrazové stresy (v průměru ca o 2 °C) než mikroklima volné plochy a jejich trvání bylo v průměru o 18 % kratší.
- Mortalita výsadeb testovaných dřevin se pohybovala od 11 % (borovice kleč) do 47 % (bříza bělokorá). U všech testovaných dřevin byla mortalita v průměru nižší u jedinců vysazených do stávajícího porostu kleče a blatky nebo při okraji keřů než u jedinců v porostních mezerách. Podstatně větší rozdíl je přitom konstatován u břízy bělokoré (mortalita v porostu 32 %, v porostní mezeře 53 %). Ve výsadbách ostatních testovaných dřevin uhynulo pod porostem o 3 až 8 % jedinců méně než v porostní mezeře.

- U všech testovaných dřevin byla největší růstová dynamika hodnocená podle velikosti výškových přírůstků zjištěna u jedinců vysazených do stávajícího porostu kleče a blatky (resp. pod jeho korunami), střední růstová dynamika u jedinců v blízkosti okrajů jeho korun (vzdálenost do 50 cm) a nejmenší u jedinců v porostních mezerách. Rozdíly mezi výsadbami do porostu a do mezer byly přitom většinou statisticky průkazné.
- Výsledky hodnocení pětiletého vývoje kultur testovaných dřevin jednoznačně dokládají pozitivní vliv krytu nově vysazených kultur stávajícím porostem kleče a blatky v daných růstových podmínkách.
- Z testovaných dřevin lze jako tolerantní ke klimatickým stresům dané lokality označit borovici kleč, poměrně úspěšný je i vývoj výsadby smrku ztepilého, břízy karpatské, prozatím méně pak jeřábu ptačího. Z důvodu častého poškození klimatickými stresy a následné vysoké mortality se bříza bělokorá jeví pro dané stanoviště jako nevhodná.

Doporučení pro praxi

Z dosavadních výsledků jednoznačně vyplývá pozitivní vliv porostu kleče a blatky na nově zakládání výsadby dřevin cílové druhové skladby. Při výsadbách do uvedených klimaticky extrémních podmínek by proto mělo být krycí účinnosti dosavadního porostu využíváno v maximální možné míře a stávající porosty by neměly být připravovány holosečnými prvky. Jako vhodné se jeví mírné rozvolnění přehoustlých částí porostu kleče pro lepší orientaci při výsadbě. Vzhledem k poměrně krátkodobému šetření výsadby smrku, kleče, jeřábu a břízy do stávajícího porostu kleče a blatky (2005 – 2009) budou získané poznatky ověřeny a doplněny v následujících letech. Další poznatky o vývoji výsadby testovaných dřevin po přerůstání výšky porostu kleče a blatky budou podkladem pro doporučení časnosti a intenzity výchovných zásahů a odstraňování stávajícího porostu.

Poděkování:

Výzkumná šetření včetně vyhodnocení získaných výsledků uvedených v příspěvku byla provedena za institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a NAZV č. QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“. náš dík patří i Lesům ČR, lesní správě Frýdlant v Čechách za spolupráci při zakládání a provozu výzkumného objektu.

LITERATURA

- BALCAR V., VACEK S., HENŽLÍK V. 1994. Dynamika poškození lesních porostů v horských oblastech. In: Stav horských lesů Sudet v České republice. Opočno, VÚLHM-VS: 73-100.
- BALCAR V., ŠPULÁK O. 2006. Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. In: Jurásek A., Novák J., Slodičák M. (eds.): Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Research results presented on international scientific conference supported by research project MZe-0002070201... Opočno 5. – 6. 9. 2006. Jiloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno: 399-407.

- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Recenzované metodiky pro praxi. Lesnický průvodce č. 3: 34 s.
- BALCAR V., PĚNIČKA L., SLODIČÁK M., NAVRÁTIL P., SMEJKAL J. 2008. Zakládání porostů náhradních dřevin a jejich současný stav. In: Slodičák M. et al. (zprac.): Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 121-141.
- BALCAR V., ŠPULÁK O., KACÁLEK D. 2009. Příspěvek k problematice porostotvorné funkce jehličnatých dřevin – tlumení mrazových extrémů v horách. Zprávy lesnického výzkumu, 54/3: 157-165.
- GEIGER R. 1950. The Climate near The Ground. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press: 482 s.
- HAMERNÍK J., MUSIL I. 2007. The *Pinus mugo* complex – its structuring and general overview of the used nomenclature. Journal of Forest Science, 53/6: 253-266.
- KANTOR P., ŠACH F. 1988. Hydrická účinnost mladých náhradních porostů smrku omoriky a břízy bradavičnaté. Lesnictví, 34/11: 1017-1040.
- KANTOR P. 1989. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. Lesnictví, 35/12: 1047-1066.
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovních sečích v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ: 63-68.
- KUBELKA L., KARÁSEK A., RYBÁŘ V., BADALÍK V., SLODIČÁK M. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, MZe ČR: 133 s.
- LOKVENEC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNP, Opočno VÚLHM VS: 111 s.
- MACKŮ J. 1999. Přehled přirozené druhové skladby dřevin dle souborů lesních typů. In: Problematika lesnické typologie I. Sborník ČZU Praha: 21-43.
- MATERNÁ J. 1978. Práce a výsledky výzkumu v krušnohorské kouřové oblasti. In: Sborník z konference o zajištění úkolů státních lesů v Krušných horách. Fláje u Litvínova, MLVH: 40-54.
- MAUER O., TESAŘ V. 2005. Východiska a návrh postupů obnovy lesních porostů i imisní oblasti východního Krušnohoří. In: Obnova lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. Sborník referátů z konference 2. 6. 2005 – Hora Svatého Šebestiána. Brno, MZLU FLD – Ústav zakládání lesů: 77-90.
- PLÍVA K. 1980. Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. Praha, Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR: 216 s.
- PODRÁZSKÝ V. 1995. Effect of substitute tree species on the upper soil status. In: Tesař V. (ed.): Management of forests damaged by air pollution. Proceedings of the workshop IUFRO... Trutnov, Czech Republic, June 5 – 9, 1994. Prague, Ministry of Agriculture: 71-74.
- SCAMONI A. U. 1938. Eintritt und Verlauf der männlichen Kiefernblüte. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 70: 289-315.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s.

RESTORATION OF TREE SPECIES COMPOSITION ON CLIMATICALLY-AFFECTED MOUNTAIN FOREST SITES AFFECTED BY EXTREME CLIMATIC STRESS

SUMMARY

Large areas of forest were affected by air-pollution load during the 1970s and 1980s in the mountains of the Czech Republic. Among native tree species, Norway spruce exhibited the most serious dieback due to sulphur dioxide; consequently the stands were felled. Removing of overstorey changed rapidly climatic conditions. This thoroughly altered environment caused difficulties in process of mixed forest stands restoration using native tree species, therefore substitute tree species were used instead. Climatically exposed localities with spruce forest vegetation zone were planted with mountain pine and bog pine, both were of allochthonous origin. Because of threat of breeding with native populations which grow in protected areas, these stands have to be reduced and converted using local populations of tree species. The objective of our study is to contribute to finding an appropriate way of conversion techniques and to answer this principal question: Does sheltering pine stand help broadleaves, spruce and mountain pine to cope with conditions of late-frost-affected area?

In order to find optimal ways of conversion of substitute tree stands under ground-frost-affected conditions, a research plot (Fig. 1) was established in a stand composed of mountain and bog pines (height of stand was 1.6 – 2.0 m) in 2005 which was situated on soil influenced by high water-table level in shallow mountain valley (860 m above sea level). The experiment encompasses measurement of air temperatures and investigation of tree species (rowan, silver birch, Carpathian birch, Norway spruce, mountain pine) plantings prosperity in relation to older mountain pine spacing. The measurements were made on height of the top of the tallest alive shoot and on position of seedlings related to sheltering older pines. Based on the measurement, the individuals of planted species were divided into three groups. These groups were as follows: A – seedlings placed under pine canopy conditions (inside pine shrubs); B – seedlings placed within 50 cm from the pine's shrub margin; C – the distance of seedlings from pine's shrub margin exceeded 50 cm. Height increment was calculated as subtraction of previous-year height from following-year height and can reach negative values (due to damage). Normal distribution of data was tested using Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test, when necessary logarithmic or Box-Cox transformations were used. Variances were analyzed using F-test and means were compared using T-test at 0.05 significance level.

The shelter provided by pine seems to be necessary prerequisite to optimize tree species composition of restored forest stand because the ground-frost events occur even during summer nights in the research plot; moreover, winter temperature decreases down to 34.9 degrees centigrade (Tab. 2). Ground microclimate was found to be more favourable under conditions of pine shrub canopy: ground frosts in vegetation period were reduced in terms of both intensity (on average by 2 °C) and duration (on average by 18%) there.

The results indicate that shelter has an important effect upon planted species. Mortality rate of tested species ranged from 11% (mountain pine) to 47% (silver birch). Lower mortality rate of all tree species was found in individuals planted into the canopy of older pine shrubs (A) compared to plants placed in gaps (C) (Tab. 3). Trees planted into the shelter of mountain pine show the greatest height increment (Tab. 4 and 5), whereas the plants growing in the gaps show lower growth dynamics. Mountain pine, Norway spruce and Carpathian birch can be considered as suitable species being tolerant to climatic stresses of the research plot site; rowan is less suitable for purpose of forest restoration there. Plantation of silver birch with the highest mortality rate seems to be unsuitable for forest restoration in mentioned micro-climatic conditions.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vratislav Balcar, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: balcarv@vulhmop.cz;