

ZDRAVOTNÍ STAV SMRKOVÝCH MLAZIN V OBLASTI CHŘADNUTÍ SMRKU PO PRVNÍCH VÝCHOVNÝCH ZÁSAZÍCH

HEALTH CONDITION OF NORWAY SPRUCE THICKETS AFTER FIRST PRECOMMERCIAL THINNING IN LOCALITIES AFFECTED BY SPRUCE DECLINE

DAVID DUŠEK ✉ - JIŘÍ NOVÁK - MARIAN SLODIČÁK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: dusek@vulhmop.cz

ABSTRACT

Spruce decline is one of the most pressing tasks in some parts of northern Moravia and Silesia (Czech Republic). The main reasons are probably unsatisfactory state of forest soils due to former pollution deposition, precipitation deficiency and high temperature in vegetation seasons connected with global climate change. Honey fungus and bark beetle attacks should be considered as accompanying factors. Nowadays, thinning strategy in the affected area is questioned. Observational studies began in young spruce stands from natural regeneration in order to determine their structure and health status. Ten spruce thickets were selected in 2015. In seven stands, first precommercial thinning was already done in 2010–2013, three stands remain unthinned. Share of Norway spruce in the investigated thickets is generally high (65–98%). Although share of spruce affected by yellowing is quite high (25–64%), numbers of unaffected trees are still sufficient and the stands are capable of fulfilling all desirable forest functions. Our study brings no evidence of catastrophic disintegration of young spruce stands after thinning, and thus we consider thinning as an appropriate measure even in the areas affected by Norway spruce decline.

Klíčová slova: smrk ztepilý, chřadnutí lesa, pěstování lesa

Key words: Norway spruce, forest decline, silviculture

ÚVOD

Značná část území severní Moravy a Slezska je v současnosti postižena chronickým chřadnutím smrkových porostů všech věkových tříd bez ohledu na způsob jejich založení (tj. přirozenou, resp. umělou obnovou). Chřadnutí se zprvu projevuje žloutnutím asimilačních orgánů a defoliací, později hynutím jedinců v porostech. Příčiny nepříznivého zdravotního stavu smrkových porostů v oblasti spočívají v komplexu faktorů. Prvním z nich je kultivace smrku mimo jeho ekologické optimum (HOLUŠA 2004). Dále je to nepříznivý stav lesních půd, zvláště nenasycenost sorpčního komplexu v důsledku půdní acidifikace a nerovnováha v minerální výživě (FABIÁNEK et al. 2004; ŠRÁMEK et al. 2013; ŠRÁMEK et al. 2015). Dalším významným faktorem jsou klimatické anomálie, tj. nízké srážkové úhrny a vysoké teploty ve vegetační periodě (HENTSCHEL et al. 2014), spojené s globální klimatickou změnou (HOLUŠA, LIŠKA 2002; STANOVSKÝ 2002; MARACCHI et al. 2005; RENNENBERG et al. 2006; TATARINOV, CIENCIALA 2009; LINDNER et al. 2010; ALLEN et al. 2010; ZHAO, RUNNING 2010; HLÁSNÝ et al. 2011; MASON et al. 2012; CHOAT et al. 2012; CUNZE et al. 2013; HLÁSNÝ et al. 2014). Zdravotní stav smrkových porostů je dále zhoršován opakovanými gradacemi kambioxylofágního hmyzu („kůrovců“) a četnými

případy napadení václavkou (*Armillaria ssp.*). Fragmentované porosty jsou dále rozvráceny působením sněhových a především větrných polomů (HOLUŠA et al. 2010).

Současný nepříznivý stav smrkových porostů vede většinu lesních hospodářů a vlastníků lesa v postižených oblastech k omezování umělé obnovy smrku. Na druhou stranu se zde vyskytují téměř nesmíšené smrkové mlaziny z přirozené obnovy, často uvolněné po kalamitním rozpadu starší smrkové etáže, které vyžadují aktivní výchovná opatření. Je otázkou, nakolik jsou stávající pěstební modely vhodné pro specifické podmínky chřadnoucích smrkových mlazín. Část vlastníků lesa v postižených oblastech upouští od aktivní výchovy smrku v obavě o rychlý rozpad porostů v důsledku útoku václavky po provedených výchovných zásazích. Cílem příspěvku je vyhodnotit strukturu a zdravotní stav vybraných smrkových mlazín z přirozené obnovy krátce (1–4 roky) po provedení provozních výchovných zásahů na lesní správě Vítkov (severní Morava, Opavsko) a zjistit, zdali výchovné zásahy v chřadnoucích smrkových mlazínách skutečně vedou k jejich katastrofálnímu rozpadu, či zdali je i v těchto porostech opodstatněná aktivní výchova.

MATERIÁL A METODIKA

V březnu 2015 proběhl výběr mlaziny s převahou smrku, vzniklých z přirozené obnovy. Celkem bylo vybráno deset porostů LS Vítkov (PLO 29 – Nízký Jeseník) na revírech Jánské Koupele, Čermná, Nové Vrbno a Bílovec. Všechny mlaziny leží ve čtvrtém lesním vegetačním stupni na živných stanovištích v rozmezí nadmořské výšky 440–520 m a jsou zařazeny do cílového hospodářského souboru 45. Zatížení imisemi je zde nevýznamné – stupeň D.

Podle Atlasu podnebí Česka 1961–2000 (TOLASZ et al. 2007) se průměrná roční teplota v šetřené oblasti pohybovala v rozmezí 7–8 °C a roční průměr srážek mezi 650–800 mm, z toho ve vegetačním období (duben až září) mezi 400 až 500 mm. Dle údajů ČHMÚ z klimatické stanice Vítkov se roční srážky v období 2002–2009 pohybovaly mezi 500 mm až 688 mm a průměrná roční teplota mezi 7,7 °C až 9,3°C. Také údaje Bagára (BAGÁR 2007) potvrzují trend nárůstu teplot, za současného snížení srážek v dané oblasti.

Vybrané mlaziny vznikly odtěžením mateřského porostu smrku v důsledku převážně nahodilé těžby. V sedmi vybraných porostech již v letech 2010 až 2013 proběhl provozní výchovný zásah spočívající v negativním výběru, tři porosty nebyly doposud výchovou dotčeny. V každém porostu byl vytýčen transekt o rozměrech 10 m × 3 m až 20 m × 3 m. Transekty byly umístovány zhruba doprostřed porostů, rovnoběžně s delší stranou porostního prvku. V rámci transektů byly zaevidovány všechny stromy a zaznamenán druh dřeviny. Výčetní tloušťka byla měřena průměrkou s přesností na 1 mm na stromech přesahujících výšku 2 m, u nižších jedinců byl zaevidován pouze jejich počet. Horní porostní výška byla stanovena jako průměr měření tří až čtyř nejvyšších smrků na transektu pomocí teleskopické tyče s přesností na 10 cm (tab. 1).

U smrku byla také hodnocena intenzita barevné změny asimilačního aparátu podle čtyřmístné stupnice:

- 1 stromy bez výskytu kareňních jevů,
- 2 stromy, kde se již začíná projevovat žluté zbarvení, zejména druhého a starších ročníků jehlic,
- 3 stromy, na nichž žloutnou i jehlice nejmladšího ročníku, celý asimilační aparát stromů má výrazně žluté zbarvení, ale ještě nedochází k rezivění jehlic a jejich masivnímu opadu,

- 4 stromy, kde se již jehličí začíná zbarvovat do rezivé až rezivě hnědé barvy, počíná masivní opad jehlic, terminální vrchol je často zasychnající nebo zcela uschlý.

Předběžná průzkumová analýza dat ukázala na odlišnou průměrnou výčetní tloušťku smrků postižených žloutnutím asimilačního aparátu v porovnání se smrkem bez výskytu kareňních jevů, a proto bylo přistoupeno k formálnímu statistickému testu. Pro každou z ploch byla vypočítána samostatná lineární regresní rovnice metodou nejmenších čtverců v prostředí jazyka R ve tvaru:

$$\log(D_{1.3}) = \alpha + \text{výskyt kareňních jevů} \times \beta + \varepsilon N(0, \sigma);$$

kde α je absolutní člen a β směrnice regresní přímky a ε označuje normálně rozdělené chyby s nulovou střední hodnotou. Proměnná „výskyt kareňních jevů“ byla kódována hodnotou 0 pro jedince nevykazující příznaky žloutnutí a hodnotou 1 pro jedince žloutnoucí (stupeň 2-4). Z vypočtených individuálních koeficientů směrnice přímky a jejich směrodatných odchylek byl následně vypočítán průměrný vážený koeficient směrnice přímky podle MURTAUGH (2007) a byl proveden t-test statistické významnosti.

VÝSLEDKY

Hektarové počty jedinců ve všech deseti mlazinách lze hodnotit jako poměrně vysoké, a to i v porostech, kde proběhl provozní výchovný zásah. V porostech již vychovávaných se hektarový počet stromů vyšších než 2 m pohyboval od 5 670 do 10 500 ks, v doposud nevychovávaných mlazinách to bylo 10 000 až 26 000 ks. Vyjádřeno výčetní kruhovou základnou dominoval smrk, jehož zastoupení se v šetřených mlazinách pohybovalo od 73 % do 97 % (tab. 2). Početní zastoupení smrku se pohybovalo od 65 % do 98 %. Ve výškové kategorii pod 2 m dominoval opět smrk (77 % až 100 % z celkového počtu). Celkem bylo registrováno deset druhů dřevin (tab. 3).

Procentuální zastoupení smrků bez barevných změn asimilačního aparátu (hodnoceny stupněm 1) se pohybovalo od 36 % do 75 % (obr. 1) u stromů nad registrační hranici 2 m výšky, pod touto hranicí bylo toto zastoupení obecně vyšší – od 82 % do 100 %. Ze získaných dat nelze jednoznačně usoudit na rozdíl v zastoupení smrků s výskytem kareňních jevů v porostech po výchovných zásadách a v porostech,

Tab. 1.
Přehled a základní parametry ploch
Survey and basics parameters of plots

Číslo plochy/ Plot number	LT/ Ecosite	Věk/ Age	Horní výška/ Top height (m)	Nadmořská výška/ Elevation (m)	Expozice/ Exposure	Rok výchovného zásahu/ Year of thinning	Rozměry transektu/ Transect dimension (m)
1	4S1	9	5,0	460	rovina/plane	NE/NO	10×3
2	4S1	9	5,9	480	mírná Z/moderate W	NE/NO	10×3
3	4B5	6	4,7	470	mírná SZ/moderate NW	NE/NO	20×3
4	4S1	9	5,5	520	rovina/plane	2013	20×3
5	4S1	13	9,1	480	SZ/NW	2013	20×3
6	4S1	12	7,3	480	rovina/plane	2013	19×3
7	4S1	7	5,8	500	rovina/plane	2013	20×3
8	4D5	14	5,0	440	mírná JV/moderate SE	2013	3×(20×3)
9	4S1	9	6,1	510	mírná SV/moderate NE	2013	10×3
10	4B5	17	5,3	480	SZ/NW	2010	20×3

kde zásahy doposud nebyly provedeny, ačkoli absolutní počet jedinců bez výskytu karečních jevů je logicky výrazně vyšší v mlazinách bez zásahu. Hektarový počet smrků bez karečních jevů vyšších než 2 m se v již vychovávaných mlazinách pohyboval od 1 670 do 4 170 ks, což lze hodnotit jako naprosto dostatečný počet pro další zdárný vý-

voj porostu, a to dokonce i v případě (nežádoucí) varianty smrkové monokultury. V nevychovávaných mlazinách se hektarový počet smrků bez karečních jevů nad registrační hranici pohyboval v rozmezí 7 000 až 13 330 ks. Žádoucí početní rezervu v případě dalšího nárůstu žlutnoucích jedinců mohou představovat jedinci pod registrační

Tab. 2.
Zastoupení dřevin podle výčetní kruhové základny
The species share by basal area

Číslo plochy/ Plot number	Dřevina/Species											Celkem/ Total	Zastoupení SM/Share of NS (%)
	BK	BO	BR	DB	JD	JR	JV	LK	MD	SM	TR		
	BA (m ² .ha ⁻¹)												
1			2,54			0,31				9,88		12,73	78
2	0,63								0,29	9,93		10,84	92
3	0,06								0,26	8,67		8,99	96
4			0,43							10,44		10,87	96
5	0,21	0,11	0,77							20,44		21,53	95
6				0,12	0,25					11,26		11,63	97
7	0,09		0,25	0,43		0,27	0,06	0,01		8,03	0,30	9,52	84
8	0,24	1,16	2,60	0,05		0,17	0,06			11,47		15,75	73
9			0,34						0,08	15,42		15,84	97
10						0,28	0,20			7,11		7,59	94

BK – buk/beech; BO – borovice/pine; BR – bříza/birch; DB – dub/oak; JD – jedle/fir; JV – javor/maple; LK – líska/hazel; MD – modřín/larch; SM – smrk/spruce; TR – třešeň/cherry

Tab. 3.
Početní zastoupení dřevin podle výškové kategorie
Number of tree species by height class

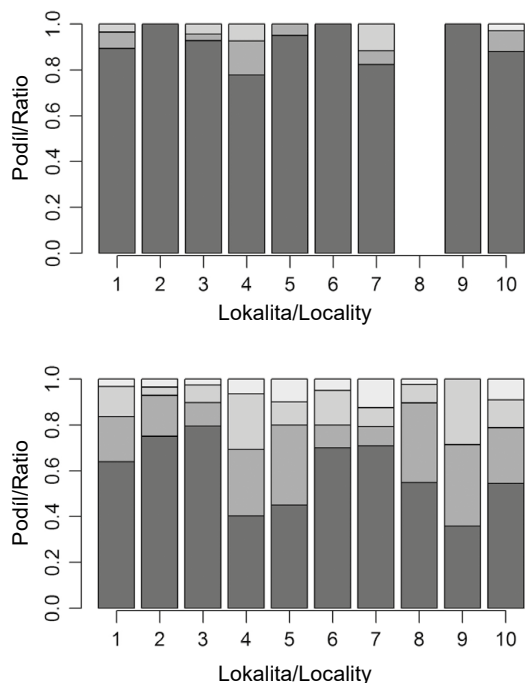
Číslo plochy/ Plot number	Výšková kategorie/ Height class	Dřevina/Species											Celkem/ Total	Zastoupení SM/Share of NS (%)
		BK	BO	BR	DB	JD	JR	JV	LK	MD	SM	TR		
		(ks.ha ⁻¹)												
1	-2m										9 333		9 333	100
	+2m			4333			1 333				20 333		26 000	78
2	-2m	667									3 000		3 667	82
	+2m	333								333	9 333		10 000	93
3	-2m		167		167	167		167			11 333		12 000	94
	+2m	167								333	13 000		13 500	96
4	-2m										4 500		4 500	100
	+2m			167							10 333		10 500	98
5	-2m										3 333		3 333	100
	+2m	167	333	500							6 667		7 667	87
6	-2m										1 053		1 053	100
	+2m				175	175					3 509		3 860	91
7	-2m						833				2 833		3 667	77
	+2m	167		333	167		833	167	333		4 000	167	6 167	65
8	-2m	222	556	389	56		278	56			6 944		8 500	82
9	+2m										1 333		1 333	100
	-2m			667						333	4 667		5 667	82
10	+2m							333			5 500		5 833	94
	-2m						1 000	667			5 500		7 167	77

BK – buk/beech; BO – borovice/pine; BR – bříza/birch; DB – dub/oak; JD – jedle/fir; JV – javor/maple; LK – líska/hazel; MD – modřín/larch; SM – smrk/spruce; TR – třešeň/cherry

hranicí (nižší než 2 m), jejichž hektarový počet se pohyboval od 1 050 do 10 500 ks (tab. 4).

Průměrná výčetní tloušťka (jako i medián, obr. 2) smrků bez kareňčích jevů byla, s výjimkou lokality č. 4, vždy nižší než průměrná vý-

četní tloušťka smrků s výskytem kareňčích jevů. Nepostížené smrky měly v průměru o ca 20% (95% interval spolehlivosti 12% až 27%; t-test = 6,53; p-hodnota < 0.001) nižší výčetní tloušťku v porovnání se žloutnoucími smrků.

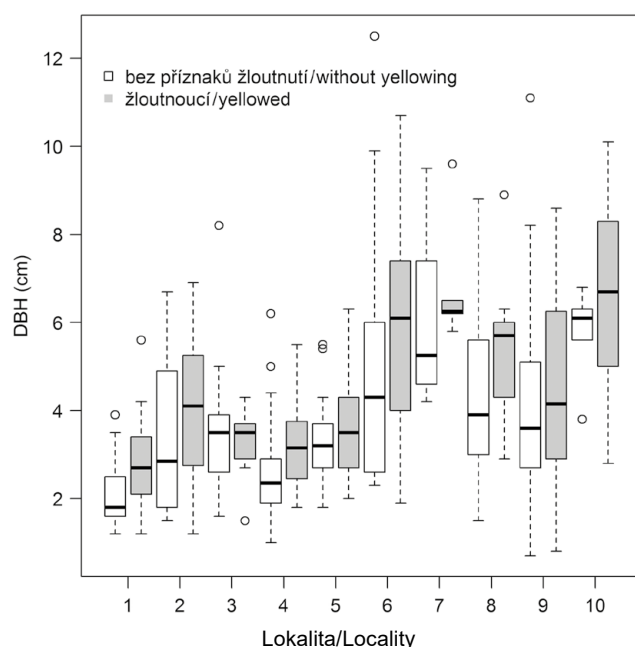


Obr. 1.

Podíl smrků podle stupně postižení asimilačního aparátu (stupeň 1 – nejtmaší odstín; stupeň 4 – nejsvětleší odstín) v deseti smrkových mlazinách z přirozené obnovy. Nahoře jedinci pod registrační hranici 2 m výšky, dole jedinci nad 2 m výšky

Fig. 1.

Share of spruces by degrees of yellowing of needles (1 – the darkest shade – without yellowing) in ten spruce thickest from natural regeneration. Trees bellow 2 m of height are in the upper figure, trees above 2 m of height are in the bottom figure



Obr. 2.

Krabicové grafy výčetní tloušťky smrků bez příznaků žloutnutí (stupeň 1) a smrků žloutnoucích (stupně 2–4) v deseti porostech původem z přirozené obnovy

Fig. 2.

Box plot of diameter of breast height of Norway spruce without yellowing (degree 1) a yellowed (degrees 2–4) in ten stands from natural regeneration

Tab. 4.

Počty smrků podle stupně žloutnutí a výškové kategorie
Spruce numbers by degree of yellowing and height class

Číslo plochy/ Plot number	Pod 2 m výšky/Bellow 2 m of height					Nad 2 m výšky/Above 2 m of height				
	Stupeň žloutnutí/Degree of yellowing					Stupeň žloutnutí/Degree of yellowing				
	1	2	3	4	Celkem/Total	1	2	3	4	Celkem/Total
	(ks.ha ⁻¹)									
1	8 333	667	333		9 333	13 000	4 000	2 667	667	20 333
2	3 000				3 000	7 000	1 667	333	333	9 333
3	10 500	333	500		11 333	10 333	1 333	1 000	333	13 000
4	3 500	667	333		4 500	4 167	3 000	2 500	667	10 333
5	3 167	167			3 333	3 000	2 333	667	667	6 667
6	1 053				1 053	2 456	351	526	175	3 509
7	2 333	167	333		2 833	2 833	333	333	500	4 000
8						3 778	2 389	556	167	6 889
9	1 333				1 333	1 667	1 667	1 333		4 667
10	4 833	500		167	5 500	3 000	1 333	667	500	5 500

DISKUSE

V porovnání se stávajícími modely výchovy smrku je hustota sledovaných smrkových mlazin i po provedených zásazích značně vysoká (3 500–10 333 ks smrku při výšce 5–9 m). SLODIČÁK a NOVÁK (2007a) doporučují zahájit výchovu ve smrkových mlazinách z přirozené obnovy již při horní porostní výšce 1–2 m tak, aby v porostu zůstalo ca 3 500 až 4 000 stromů na hektar. Na CHS 45 doporučují selektivní zásah při horní porostní výšce 5 m s redukcí počtu stromů na ca 1 600 ks na hektar. Vzhledem k faktu, že se počet „zdravých“ smrků bez výskytu karencních jevů v jednotlivých mlazinách pohyboval od 1 700 do 4 200 ks na hektar, je zde značný prostor pro další redukcii smrku. Na druhou stranu výše zmíněný model předpokládá dobře vyvinuté koruny uvolňovaných stromů. Je tedy možné, že první zásahy v doposud nevychovávaných hustých mlazinách z přirozené obnovy budou muset být méně razantní.

Při provozních zásazích ve smrkových mlazinách na LS Vítkov byly aplikovány selektivní zásahy. Také ŠTEFANČÍK (2012, 2013) doporučuje ve smrkových porostech ve fázi tyčkovin a tyčovin provádět pouze selektivní výchovné zásahy. Při aplikaci geometrických zásahů autor konstatuje produkční ztráty. Ke stejnému závěru dospěli MÄKINEN et al. (2006) na experimentálních plochách ve Finsku. MRÁČEK, PAŘEZ (1986) doporučují schematické výchovné zásahy pouze ve stadiu mlazin s vysokou počáteční hustotou. Smrkové mlaziny z přirozené obnovy tuto charakteristiku zpravidla splňují. Vyšší podíl chřadnoucích jedinců v modelovém území však uplatnění schematických zásahů problematizuje a měl by být preferován selektivní zásah, s výjimkou nejmladších a velmi hustých mlazin, kde lze také doporučit zásahy kombinované.

Ačkoli data z provozních výchovných zásahů neumožňují rigorózní vyhodnocení jejich vlivu na stabilitu (štfhlostní kvocient) stromů a porostů, lze pozitivní ovlivnění předpokládat na základě četných literárních údajů. KULIEŠIS, SALADIS (1998) vyhodnotili experiment s různé intenzivní výchovou mladých (9–11 let) smrkových porostů v Litvě. Autoři konstatují, že silné výchovné zásahy v mladém věku vedly k vyšší stabilitě porostů. Nejvyšší tloušťkový přírůst zaznamenali u variant s hektarovou hustotou 1 200 až 2 400 jedinců, rozdíl ve výškovém přírůstu mezi variantami byl zanedbatelný. ŠTEFANČÍK et al. 2012 vyhodnotili výchovné zásahy v 21leté smrčině původem z přirozené obnovy v regionu Kysuce, tedy v oblasti rovněž postižené chronickým chřadnutím smrku. Po čtyřech letech od zásahu zjistili zvýšený přírůst a zlepšení statické stability na variantách s redukcí smrku na 1 600 a 1 100 ks na hektar. Negativní korelaci mezi porostní hustotou a tloušťkovým přírůstem bez evidentního ovlivnění výškového přírůstu a pozitivní vliv výchovy na stabilitu mladých smrkových porostů dokumentuje řada dalších autorů (např. SOMERVILLE 1980; CREMER et al. 1982; BLACKBURN, PETTY 1988; ROLLINSON 1988; MACCURRACH 1991; PETTERSSON 1993; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004; SLODIČÁK, NOVÁK 2006). Odsouvání či naprosté vynechání výchovy v mladých smrkových porostech, byť motivováno pochopitelnými obavami o rozpad výchovou proředených porostů např. v důsledku aktivizace václavky v postižených lokalitách, tak problém pěstování smrku v oblasti jeho chřadnutí neřeší, ale pouze odsouvá do vyššího věku, kdy lze s vysokou pravděpodobností očekávat rozvrat přeštílených smrkových porostů v důsledku působení abiotických činitelů, především větru (ROTTMAN 1985; LOHMANDER, HELLES 1987; MILNE 1995; SLODIČÁK, NOVÁK 2006; SLODIČÁK, NOVÁK 2007a, 2007b).

LAURENT et al. (2003) na základě dendrochronologické analýzy v 22letých smrčinách v Belgii, v oblastech srážkového deficitu, konstatují, že silné výchovné zásahy vedly k větší rezistenci stromů vůči suchu minimálně šest let od experimentálních zásahů. Tento poznatek hovoří ve prospěch výchovy smrku na modelovém území LS Vítkov, kde je za jeden ze spouštěčů současného chřadnutí považován právě srážkový deficit. Také MÄKINEN, ISOMÄKI (2004) uvádějí, že vý-

chovné zásahy zpravidla vedou ke snížení přirozené mortality ve srovnání s kontrolními plochami (MÄKINEN, ISOMÄKI 2004).

Častější výskyt žloutnutí u stromů vyšších dimenzí není doposud spolehlivě objasněn. Autoři se domnívají, že může souviset se srážkovým deficitem posledních let, kdy právě větší stromy vyžadují vyšší zásobení vodou ve srovnání se stromy menších dimenzí.

ZÁVĚR

- Hektarové počty jedinců smrku v šetřených mlazinách původem z přirozené obnovy jsou poměrně vysoké (3 500–10 300 ks) i po provedených provozních výchovných zásazích.
- Přes značné procento jedinců smrků s viditelnými příznaky žloutnutí asimilačního aparátu jsou dosavadní počty smrků bez příznaků žloutnutí (1 700–4 200 ks na hektar) při dané horní porostní výšce dostatečné i pro variantu dopěstování porostů do stadia smrkové monokultury. Vzhledem k záměru pěstovat porosty s bohatší a přirozenější druhovou strukturou je zde stále značný prostor pro další redukcii smrku v těchto porostech.
- Zastoupení ostatních dřevin je ve sledovaných mlazinách poměrně nízké a pro zvýšení druhové diverzity, ekologické stability a jistoty budoucí produkce těchto porostů budou nezbytná aktivní opatření pro jejich podporu a další vnašení.
- Smrky s větší výčetní tloušťkou byly častěji postiženy žloutnutím ve srovnání se smrkami menších dimenzí. V šetřených mlazinách se vyskytoval dostatečný počet zdravých jedinců smrku s výškou do 2 m, které mohou tvořit žádoucí rezervu v případě prudkého zhoršení zdravotního stavu vyšších stromů. Ačkoli mohou tito jedinci představovat určitou překážku pro vnašení dalších dřevin nebo případnou přirozenou obnovu, lze při výchovných zásazích jednoznačně doporučit ponechávání alespoň jejich určitého podílu.

Naše studie nepotvrdila katastrofický rozpad smrkových mlazin po provedených výchovných zásazích a vzhledem k riziku ohrožení budoucí stability porostů, stejně jako potřeby zvyšování druhové diverzity, považujeme porostní výchovu ve smrkových mlazinách za odůvodněné a racionální opatření i v oblastech současného chronického chřadnutí smrku.

Poděkování:

Článek byl zpracován v rámci projektu Ministerstva zemědělství ČR KUS QJ1230330 a poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016- MZE-17011).

LITERATURA

- ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BECHELET D., McDOWELL N., VENNETIER M., KITZBERGER T., RIGLING A., BRESHEARS D.D., HOGG E.H., GONZALES, P., FENSHAM R., ZHANG Z., CASTRO J., DEMINOVA N., LIM J.H., ALLARD G., RUNING S.W., SEMERCI A., COBB N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660–684.
- BAGÁR R. 2007. Vývoj klimatických podmínek v oblasti Lesní správy Lesů České republiky Opava v letech 1961–2006. Zpráva pro Lesy České republiky. Opava: 19 s.
- BLACKBURN P., PETTY J.A. 1988. Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, 61: 235–244.
- CREMER K.W., BOROUGH C.J., MCKINNEL F.H., CARTER P.R. 1982. Effect of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12: 244–268.

- CUNZE S., HEYDEL F., TACKENBERG O. 2013. Are plant species able to keep pace with the rapidly changing climate? *Plos One*, 8 (7): 1–13.
- FABIÁNEK P., HENŽLÍK V., VANČURA K. 2004. Development of forest stands condition and its monitoring in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50 (11): 514–519.
- HENTSCHEL R., ROSNER S., KAYLER Z.E., ANDREASSEN K., BØRJA I., SOLBERG S., TVEITO O.E., PRIESACK E., GESSLER A. 2014. Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, 322: 27–36.
- HLÁSNÝ T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N. 2011. Expected impact of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 57 (10): 422–431.
- HLÁSNÝ T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MARGANOVIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONŮPKA B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnický časopis*, 60: 5–18.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. 2002. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (1): 9–15.
- HOLUŠA J. 2004. Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51: 11–15.
- HOLUŠA J., KRÍSTEK Š., TROMBIK J. 2010. Stability of spruce forests in the Beskids: an analysis of wind, snow and drought damages. *Beskydy*, 3 (1): 43–54.
- CHOAT B., JANSEN S., BRODRIBB T.J., COCHARD H., DELZON S., BHASKAR R., BUCCI S.J., FIELD T.S., GLEASON S.M., HACKE U.G., JACOBSEN A.L., LENS F., MAHERALI H., MARTINEZ-VILALTA J., MAYR S., MENCUCCINI M., MITCHELL P.J., NARDINI A., PITTERMANN J., BRANDON PRATT R., SPERRY J.S., WESTOBY M., WRIGHT I.J., ZANNE A.E. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491: 752–755.
- KULIEŠIS A., SALADIS J. 1998. The effect of early thinning on the growth of pine and spruce stands. *Baltic Forestry*, 4 (1): 8–16.
- LAURENT M., ANTOINE N., JOËL G. 2003. Effects of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 183: 47–60.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTROM M., LEXER M.J., MARCHETTI M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698–709.
- LOHMANDER P., HELLES F. 1987. Windthrow probability as function of stand characteristic and shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2: 227–238.
- MACCURRACH R.S. 1991. Spacing: an option for reducing storm damage. *Scottish Forestry*, 45: 285–297.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A. 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, 77 (4): 349–364.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A., HONGISTO T. 2006. Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79 (1): 103–120.
- MARACCHI G., SIROTENKO O., BINDI M. 2005. Impact of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climate Change*, 70: 117–135.
- MASON W.L., PETR M., BATHGATE S. 2012. Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. *Journal of Forest Science*, 58: 265–277.
- MILNE R. 1995. Modelling mechanical stresses in living Sitka spruce stems. In: Coutts M.P., Grace J. (eds.): *Wind and trees*. Cambridge, Cambridge University Press: 165–181.
- MRÁČEK Z., PAŘEZ J. 1986. Pěstování smrku. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 203 s.
- MURTAUGH P.A. 2007. Simplicity and complexity in ecological data analysis. *Ecology*, 88 (1): 56–62.
- PETTERSSON N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8: 528–539.
- RENNENBERG H., LORETO F., POLLE A., BRILLI F., FARES S., BENIWAŁ S., GESSLER A. 2006. Physiological responses of forest trees to heat and drought. *Plant Biology*, 2: 556–571.
- ROLLINSON T.J.D. 1988. Respacing Sitka spruce. *Forestry*, 61: 1–22.
- ROTTMAN N. 1985. Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 136: 167–184.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2006. Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224: 252–257.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007a. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 46 s.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007b. Růst, struktura a statická stabilita smrkových porostů s různým režimem výchovy. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 128 s. *Folia Forestalia Bohemica* 3.
- SOMERVILLE A. 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forest Science*, 10: 476–501.
- STANOVSKÝ J. 2002. The influence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. *Journal of Forest Science*, 48 (10): 451–458.
- ŠRÁMEK V., JURKOVSKÁ L., FADRHOŇSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoring lesních půd v rámci projektu EU “BIOOIL”. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (4): 314–323.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., FADRHOŇSOVÁ V. 2015. Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd v oblasti severní Moravy a Slezska (PLO 29 a 39). *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 147–153.
- ŠTEFANČÍK I. 2012. Development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) target (crop) trees in pole-stage stand with different initial spacing and tending regime. *Journal of Forest Science*, 58 (10): 456–464.
- ŠTEFANČÍK I. 2013. Vývoj kvalitatívnej produkcie smrekového porastu s rozdielnym východiskovým počtom sadenic a spôsobom výchovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (1): 37–49.
- TATARINOV F.A., CIENCIALA E. 2009. Long-term simulation of the effect of climate changes on the growth of main Central-European forest species. *Ecological Modelling*, 220: 3081–3088.
- TOLASZ R. et al. 2007. Atlas podnebí Česka. Praha, Český hydro-meteorologický ústav; Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci: 255 s.
- ZHAO M., RUNNING S. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329: 940–943.

HEALTH CONDITION OF NORWAY SPRUCE THICKETS AFTER FIRST PRECOMMERCIAL THINNING IN LOCALITIES AFFECTED BY SPRUCE DECLINE

SUMMARY

Norway spruce stands decline is one of the most persistent problems in some parts of northern Moravia and Silesia (Czech Republic). The main reason seems to be precipitation deficiency resulting from global climate change. The second reason can be unsatisfactory availability of nutrients in forest soils. Honey fungus and bark beetles occurrence is high in the affected areas, probably as a consequence of low trees resistance. Nowadays, thinning strategy of spruce stands in the affected area is questioned. Forest owners and forest managers frequently give up thinning in young spruce stands due to fear of catastrophic disintegration of stands after thinning. Although it is desirable to decrease share of spruce in affected area, significant part of thickets are consisted of high portion of spruce as result of natural regeneration.

In March 2015, ten spruce thickets in the area of interest were selected. All stands lies on rich sites in the fourth forest vegetation zone. The thickets originated from natural regeneration and were released after massive disintegration of old spruce stands. Seven thickets were thinned in 2010–2013, three thickets were left unthinned. In each stand, linear transect was founded (Tab. 1). Within the transects, all trees exceeding 2 m of height were measured by caliper. Top height was considered as average of 3–4 tallest trees per transect. Health condition of spruce was evaluated according to degree of yellowing: 1 – without yellowing, 2 – older age classes of needles are affected by yellowing, 3 – the youngest age class of needles is already affected, 4 – occurrence of needles browning and massive defoliation.

Number of spruce trees in investigated thickets was still quite high (3 500–10 300 trees per hectare) even after first pre-commercial thinning. In thickets without thinning number of trees ranged from 10 000 to 26 000 trees per hectare. Norway spruce dominated in investigated thickets with respect to basal area as well as number of trees (Tab. 2 and 3). Numbers of healthy spruces were still sufficient (1 700–4 200 trees per hectare), despite high percentage of trees affected by yellowing (25–64%, Tab. 4, Fig. 1). The risk of yellowing was positively correlated with spruce diameter. The affected trees had about 20% higher DBH compared to unaffected trees (Fig. 2). There is still a significant number of remaining small spruce trees (lower than 2 m) which makes a reserve in the case of rapid deterioration of spruce health condition. On the other hand, these trees can be a barrier for introduction of another desirable species. Introduction of another commercially and ecologically suitable tree species is desirable to achieve more natural tree species composition and ecological stability.

Our study brings no evidence that young spruce stands thinning contributes to their catastrophic disintegration, and we thus consider thinning as an appropriate measure even in areas affected by Norway spruce decline.

Zasláno/Received: 09. 12. 2015

Přijato do tisku/Accepted: 14. 11. 2016