

PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE POROSTOTVORNÉ FUNKCE JEHLIČNATÝCH DŘEVIN - TLUMENÍ MRAZOVÝCH EXTRÉMŮ V HORÁCH

CONTRIBUTION TO ROLE OF CONIFERS IN STAND-FORMING PROCESS - MODERATING OF FROST EXTREMES IN MOUNTAINS

VRATISLAV BALCAR - ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK

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

ABSTRACT

We evaluated results of air-temperature investigation (October 2004 - September 2008) in several experiments situated at altitudes of 610 – 980 m above sea level in the Jizerské hory Mts. The temperature was measured automatically every hour. Sensors were fixed on wooden posts in heights of 200 cm and 30 cm above ground in a gap and in 30 cm under conditions of canopy shelter of spruce and pine. Objective of our study was to assess climatic conditions of experiments in terms of temperature oscillation expressing severity of microclimate during vegetation period (May - September). Investigation of both incidence and duration of ground-frost events helped to assess efficiency of deciduous conifers in terms of frost-stress moderation. The best efficiency was found under conditions of microclimatically harsh locality situated in shallow mountain valley at the altitude of 860 m a. s. l. as the coniferous cover shortened frost-stress span. The ground-frost events occurrence was by 15 – 55% less frequent under conditions of coniferous crown shelter during the investigated vegetation period compared to gaps. The stress-temperature events (duration of frost at least 4 hours when minimum temperature dropped below -2 °C) were by 25 – 64% less frequent compared to gaps.

Klíčová slova: horské lesy, měření teplot vzduchu, krycí účinek jehličnanů na snížení mrazů, poškození dřevin přízemními mrazy

Key words: mountain forests, air temperature measuring, conifers shelter effect upon frost reduction, ground frost damage to tree species

ÚVOD

Drsnost klimatických podmínek v horách, ale i na mrazových lokalitách nižších poloh, je výrazným negativním faktorem ztěžujícím obnovu lesa. Na lokalitách odlesněných v důsledku poškození porostů imisemi dochází k výrazné podpoře nočního ochlazování a vzniká tak vážné ohrožení kultur nízkými teplotami (KREČMER 1982). Nejvýznamnější vliv na poškození mají především pozdní přízemní mrazy. Vlivem náhlých mrazů mimo zimní období může totiž dojít až k okamžité destrukci a odumření buněčné protoplazmy, a to v důsledku tvorby ledu v pletivech (BEADLE, SANDS 2004, REBETZ et al. 2004). Uvádí se, že mimo zimní období voda v apoplastu (tj. systému buněčných stěn a mezibuněčných prostor) začíná běžně mrznout při teplotách -1 až -3 °C, v závislosti na obsahu látek, které snižují bod tuhnutí (GLOSER 1998, REBETZ et al. 2004). OTTO (1994) rozlišuje pozdní mrazy vzniklé pohybem velkého množství podchlazeného (arktického) vzduchu a pozdní mrazy vyzařováním (tepelnými ztrátami ohřáté půdy vůči chladné obloze v průběhu noci). Při vnášení cílových dřevin do jehličnatých monokultur, například při přeměnách porostů náhradních dřevin na stanovištích vystavených klimatickým stresům, jsou proto doporučovány postupy šetřící stávající porostní prostředí, které stresy tlumí (BALCAR, KACÁLEK 2003, BALCAR et al. 2007, SLODIČÁK et al. 2008).

Teplotním specifickým oblastí Jizerských hor jsou výrazné inverze v mělkých údolích Jizery a Jizerky v nadmořských výškách zhruba 850 m s extrémně drsným mikroklimatem. Přízemní mrazy

se v údolí vyskytují v průběhu celého roku a podstatně limitují obnovu lesních porostů. Na některých lokalitách (Malá a Velká Jizerská louka) se přirozeně vyskytuje borovice kleč (BALCAR in SLODIČÁK et al. 2005).

Cílem předkládaného příspěvku je vyhodnocení výskytu mrazových stresů a posouzení krycí účinnosti stávajících mladých jehličnatých porostů na zmírňování teplotních výkyvů na výzkumných plochách v 5. až 8. lesním vegetačním stupni v oblasti Jizerských hor. Získané poznatky pak mají přispět ke stanovení pěstebních postupů při přeměnách druhových skladeb vhodných pro optimální plnění multifunkčních požadavků na lesní ekosystém.

METODIKA

Šetření dynamiky teplot vzduchu probíhala na pěti výzkumných plochách Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice Opočno založených v přírodní lesní oblasti Jizerské hory v lesních porostech státního podniku Lesů České republiky, lesní správy Frýdlant v Čechách (obr. 1). Hlavním posláním výzkumných ploch (VP) je přispět k optimalizaci pěstebních postupů při přeměnách porostů náhradních dřevin: vnášení cílových listnáčů do jehličnatých monokultur a hodnocení prosperity výsadeb lesních dřevin v poměrně nepříznivých růstových podmínkách Jizerských hor (drsné klima, imisní zátěž, nepříznivé půdní podmínky; BALCAR, KACÁLEK 2003, BALCAR, ŠPULÁK 2006).



Obr. 1.
Poloha výzkumných ploch
Localization of experimental plots

Za účelem monitoringu růstových podmínek byly na plochách umístěny automatické záznamníky teplot (Logger S0141 od firmy Comet). Na největší výzkumné ploše Jizerka o výměře ca 3 ha je průběh teplot sledován třemi záznamníky, a to v horní, střední a dolní části. Na ostatních plochách s výměrami 9 - 25 arů bylo instalováno po jednom záznamníku (tab. 1). V předkládané práci jsou hodnoceny výsledky měření záznamníků vždy třemi čidly umístěnými na volné ploše (tj. v porostní mezeře) ve výškách 200 a 30 cm nad terénem (čidlo 1 a 2, obr. 2) a pod korunou přípravných dřevin ve výšce 30 cm (čidlo 3, obr. 3). Přípravnými dřevinami jsou smrk ztepilý (VP Jizerka horní, střední a VP Lovecká), smrk pichlavý (VP Jizerka dolní, VP Plochý a VP Ořešník) a borovice kleč (VP Kleč). Hodnoceny jsou výsledky měření od října 2004 do září 2008, interval měření byl jedna hodina. Měsíční teploty charakterizující teplotní podmínky vybraných lokalit v průběhu celého roku byly vypočteny jako aritmetické průměry záznamů z teplotních čidel umístěných 200 cm nad terénem. Jako charakteristika ohrožení lesních kultur nízkými teplotami byly vypočteny měsíční průměry denních minim za období 2004 - 2008. Statisticky významné rozdíly mezi celkovými průměry teplot a průměry denních teplotních minim v období říjen 2004 – září 2008 byly zjišťovány výpočtem konfidenčních intervalů s použitím aplikace MS Excel ($\alpha = 0,05$).

Vzhledem k výrazně vyšší růstové dynamice smrku ztepilého na VP Lovecká v 5. lesním vegetačním stupni (LVS) došlo k postupnému zarůstání porostní mezery s umístěným záznamníkem. S vědomím tohoto postavení měřidla v porostu jsou zde data z této výzkumné plochy uvedena pro dokreslení průběhu teplot v nižších polohách.

Výskyt přizemních mrazů byl hodnocen porovnáváním měření čidel umístěných 30 cm nad terénem od počátku května do konce září daného období (označeno jako vegetační období). Na základě rozboru literatury, i s ohledem na vlastní pozorování nekrotických poškození asimilačních orgánů zvláště krátce po jejich vyrašení (květen, červen), byla stanovena hranice pro posuzování stresových mrazových událostí: Za stesy přizemním mrazem byly považovány nejméně čtyřhodinové časové úseky s teplotou pod bodem mrazu, kdy nejnižší teplota klesla pod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

VÝSLEDKY

Průměrné měsíční teploty vzduchu ve výšce 200 cm nad terénem rámcově vykazovaly očekávaný trend poklesu se stoupající nadmořskou výškou (tab. 2). Výjimkou z tohoto trendu byly výrazně nižší teploty v mělkém horském údolí Jizerky na VP Kleč v blízkosti rašeliniště na Malé Jizerské louce. Drsnost mikroklimatických podmínek na lokalitě VP Kleč je zvláště patrná i při porovnávání měsíčních průměrů denních minimálních teplot zaznamenaných rovněž ve výšce 200 cm (tab. 3). Rozdíly mezi hodnotami na ostatních výše položených výzkumných plochách (870 - 980 m n. m., tzn. kromě plochy Lovecká) již příliš výrazné nejsou. Můžeme pouze konstatovat poněkud nižší minimální teploty ve vegetační době na náhorní plošině (VP Plochý a Ořešník) než na horském hřebenu a svazích VP Jizerka (tab. 3). Mezi celkovými průměry teplotami vypočtenými jako denní průměry byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi VP Kleč a VP Jizerka dolní, Ořešník a Lovecká. VP Lovecká vykazovala průkazně vyšší průměrnou teplotu než všechny ostatní lokality (obr. 4). Rozdíly mezi průměry teplotních minim rozdělují sledované lokality do tří statisticky homogenních skupin – nejméně VP Kleč, nejteplejší VP Lovecká a střední skupinu tvoří všechny ostatní lokality. Výzkumné plochy Plochý a Ořešník mají 5% svah orientovaný na Z až SZ, zatímco svahy VP Jizerka se kloní 10 % na JZ (tab. 1).

Stejný trend rozdílů jako celoroční průměry vykazovaly i průměry teplot vzduchu 200 cm nad terénem ve vegetačních obdobích (květen až září, tab. 4). Nejnižší teplota byla zjištěna v mrazové poloze VP Kleč, nejvyšší na VP Lovecká na nižší svahové lokalitě v rámci 5. LVS. Průměrné přizemní teploty vzduchu měřené pod korunami stávajícího porostu (30 cm nad terénem) byly téměř vždy poněkud nižší než teploty v porostní mezeře ($+200\text{ cm}$ a $+30\text{ cm}$ nad terénem). Vzhledem k charakteru uvedených dat směrodatné odchylky vyjadřující variabilitu teplot jsou považovány za míru drsnosti mikroklimatických podmínek (PRETEL, VÁCHA 2003) – souhrnně vyjadřuje průběh teplot (tab. 4). Nejvyšší směrodatné odchylky byly zjištěny u přizemních teplot v porostní mezeře na klimaticky extrémní lokalitě VP Kleč ($8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), kde se výrazně liší od výsledků měření pod

Tab. 1.
Lokalizace výzkumných ploch a parametry porostu
Localization of experiments including basic site and stand characteristics

Experiment	Souřadnice/ WGS-84 Coordinates		Nadmořská výška/Altitude (m)	Poloha/Location	Svah/Slope	SLT/ Site	Dřevina/ Tree species	Zápoj/Canopy	Prům. výška porostu/ Mean stand height		Průměr porostní mezery/Gap diameter	
	SZŠVZD				Expozice/Aspect (%)				(m)		(m)	
Kleč	50° 49' 31"	15° 19' 39"	860	horské údolí/ mountain valley	0	8S	KOS	částečně zapojený/ canopy partly closed	1,6		5,0	
Jizerka horní	50° 49' 42"	15° 21' 19"	980	horský hřeben/ mountain ridge	2%/J	8K	SM	skupina stromů/ group of trees	5,5		8,5	
Jizerka střední	50° 49' 39"	15° 21' 20"	970	svah pod hřebenem/ ridge-adjacent slope	5%/J	8K	SM	skupina stromů/ group of trees	4,2		6,0	
Jizerka dolní	50° 49' 36"	15° 21' 14"	960	svah pod hřebenem/ ridge-adjacent slope	10%/J	8K	SMP	silně rozvolněný/ canopy broken	2,5		8,0	
Plochý	50° 51' 28"	15° 16' 32"	880	náhorní plošina/ plateau	5%/Z	8K	SMP	zapojený/canopy closed	4,8		4,0	
Ořešník	50° 51' 14"	15° 21' 06"	870	náhorní plošina/ plateau	5%/SZ	7K	SMP	částečně zapojený/ canopy partly closed	5,5		3,5	
Lovecká	50° 52' 13"	15° 03' 14"	610	nižší partie svahu/ lower-part slope	8%/SV	5K	SM	zapojený/canopy closed	7,5		3,5	

Explanation: SZŠ – north latitude; VZD – east longitude; SLT: 5 – beech with fir; 7 – spruce with beech; 8 – spruce; K – acidic soil; S – nutrient-medium soil; Tree species abbreviations: KOS – mountain pine; SM – Norway spruce; SMP – blue spruce; J – south; Z – west, SZ – northwest, SV – northeast

korunou (rozdíl mezi směrodatnými odchylkami +1,5 °C) i měření 200 cm nad terénem (+1,4 °C). Naopak na klimaticky nejmírnější lokalitě VP Lovecká je směrodatná odchylka nejnižší (4,9 °C).

Přízemní mrazy ve vegetační době (květen - září) se vyskytovaly nejčastěji na VP Kleč, a to v průměru 48krát ročně (tab. 5). Z uvedeného období byly nejčastější v měsíci květnu a začátkem června, méně pak v září. S výjimkou lokality Kleč nebyl mráz zaznamenán v červenci, výjimečně na několika lokalitách se vyskytl v srpnu. Z celkového počtu mrazových epizod na VP Kleč se výrazné mrazové stresy vyskytovaly 22krát (tab. 6). Ostatní lokality postihovaly přízemní mrazy ve vegetační době podstatně méně, z nich nejčastěji dolní a střední část VP Jizerka – 11krát a 8krát, dále lokalitu VP Plochý (6krát) a VP Ořešník (5krát). Poměrně nízký výskyt přízemních mrazů byl na vrcholu Středního Jizerského hřebene (Jizerka horní – 4krát). Na lokalitě VP Lovecká v daném období přízemní mrazy zaznamenány nebyly. Četnost výrazných přízemních mrazů poškozujících lesní dřeviny ve vegetační době měla trend rozdílů mezi jednotlivými lokalitami téměř shodný (tab. 6).

Délka trvání přízemních mrazů ve sledovaném období (květen až září) v porostní mezeře činila na VP Kleč 1 084 hod., tj. ca 7 % z celkového časového fondu v daném období (14 688 hod.), z toho doba stresových teplot pod -2 °C trvala 577 hod., tj. ca 4 % (tab. 7). Na ostatních mikroklimaticky méně stresovaných lokalitách se mrazové i stresové teploty nejčastěji vyskytovaly v dolní a střední části VP Jizerka, dále pak na VP Plochý, Ořešník a horní (hřebenové) části Jizerky.

Vzhledem k celkové délce trvání mrazů byla nejvyšší účinnost korun stávajícího porostu při tlumení mrazových situací vyjádřená celkovou dobou zkrácení mrazů na VP Kleč (zkrácení doby mrazu o 298 hod, zkrácení doby mrazových stresů o 287 hod.). Nejkratší trvání mrazů pod korunami stávajícího porostu v procentech jejich výskytu v porostní mezeře (= 100 %) bylo zjištěno v dolní části VP Jizerka, kde došlo ke zkrácení doby mrazu o 48 % a doby stresu o 64 % (tab. 7). Pozitivní vliv krytu stávajících porostů smrku pichlavého byl zřejmý i na výzkumných plochách Plochý a Ořešník lokalizovaných na náhorní plošině. Kratší doba trvání mrazových teplot v zákrytu korun stávajících porostů měla i výrazný vliv na vývoj testovaných bukových výsadeb – na jejich růst a rozsah mrazových poškození v jarních měsících (více viz kap. Diskuse).

DISKUSE

Výskyt přízemních mrazů v průběhu vegetačního období byl na uvedených lokalitách (s výjimkou VP Lovecká) patrný již v prvních letech po založení výzkumných ploch. Z výsadeb poměrně tolerantních pionýrských dřevin v klimaticky extrémní lokalitě horského údolí (VP Kleč) pozdní mráz poškozoval čerstvě vyrašené výhony smrku ztepilého (BALCAR, ŠPULÁK 2006). Na VP Jizerka s druhově širokým sortimentem testovaných dřevin docházelo k výrazném poškození přízemními mrazy buku lesního, javoru kleny, jedle bělokoré, smrku ztepilého a smrku omoriky (BALCAR, PODRÁŽSKÝ 1994, BALCAR, KACÁLEK 1999, BALCAR, ŠPU-

**Obr. 2.**

Záznamník teplot ve střední části VP Jizerka – čidla v porostní mezeře 200 a 30 cm nad terénem

Comet dataloggers measuring air temperature on the central part on the experimental plot Jizerka – measurement in stand gap, 200 and 30 cm above ground

**Obr. 3.**

Záznamník teplot ve střední části VP Jizerka – čidlo pod korunou smrku 30 cm nad terénem

Comet dataloggers measuring air temperature on the central part on the experimental plot Jizerka – measurement in Norway spruce crown 30 cm above ground

LÁK 2006). Prosadby buku lesního testované na vhodnost k přeměně mladých monokultur smrku pichlavého (VP Plochy a Ořešník) vykazovaly poškození ve víceletých intervalech v závislosti na dynamice mikroklimatických podmínek. Pozitivní účinek blízkosti korun stávajícího porostu na menší intenzitu poškození a tím i výškový růst bukové kultury zde byl patrný již v prvních letech výsadbových experimentů (BALCAR, KACÁLEK 2003, 2008). Nevýhodou při hodnocení dopadu následků přízemních mrazů bylo zpočátku nedostatečné vybavení monitorační technikou klimatických podmínek na lokalitách experimentů v horských terénech. Teprve postupná instalace automatických záznamníků kontinuálně v hodinových intervalech zapisujících teploty vzduchu na daných výzkumných plochách umožnila získání potřebných dat a exaktní vyhodnocení stresů z hlediska dynamiky mikroklimatu.

Porostní prostředí lesa se charakterem mikroklimatu odlišuje od volné plochy. Míra odlišnosti je závislá na parametrech porostu, zvláště na dřevině, charakteru větvení, porostní výšce a hustotě. Zatímco interiér zapojeného dospívajícího porostu vykazuje průměrně homogenní podmínky v jednotlivých výškových vrstvách porostu (např. CHROUST 1968), v případě mladých porostů se výrazněji projevuje vliv přímé polohy v rámci porostní mezery, či poloha vůči nejbližšímu jedinci (ŠPULÁK 2009). Mladý porost zvláště jehličnatých dřevin jako celek působí snižování rychlosti proudění vzduchu, z hlediska mrazových událostí tak tlumí pohyb arktického vzduchu, koruny jednotlivých stromů pak redukuje noční teplovlnné vyzařování (OTTO 1994, SOLANTIE 1999). Nejintenzivnější vliv na tlumení obou těchto typů chladnutí lze očekávat v přízemní vrstvě vzduchu. Teplotní čidla v naší studii byla umísťována zhruba do středu porostní mezery a pod interiér koruny vybraného stromu v porostu. Hustota koruny smrku pichlavého účinně zamezuje průniku přímého záření. Teploty vnitřní části koruny na něm budou pravděpodobně závislé minimálně, čidlo pod korunou bez ohledu na směr vůči nejbližšímu kmeni smrku tak bude reprezentovat prostor koruny velice věrně.

Charakter námi analyzovaných porostů je vzájemně odlišný: zahrnuje jak měření porovnávací účinek skupiny stromů, tak částečně i plně zapojený porost. Z hlediska vzájemného srovnávání mezi lokalitami tedy lze uvažovat převážně o přímém tlumícím účinku koruny. Ze souboru ploch se částečně vymyká VP Lovecká, na které z důvodu příznivějších klimatických podmínek došlo k postupnému zapojení porostu smrku a tím k teplotní homogenizaci porostního prostředí. Tu dokumentuje např. shodnost směrodatných odchylek průměrů teplot ve 30 cm nad zemí pod korunou a v porostní mezeře (tab. 4).

CHROUST (1997) popisuje utváření specifického termického režimu ve smrkových porostech rostoucích v podmínkách středohor (700 m n. m.) již od založení kultury či vzniku mlaziny. Přestože koruny nejsou ještě plně zapojeny a tvoří kompaktní aktivní povrch, popisuje snížení teploty přízemní vrstvy vzduchu (+10 cm) oproti travnímu porostu v průměru vegetačního období o 1,1 °C, tj. 18 %, ale uprostřed léta, kdy teploty převyšují 20 °C, byla jím naměřená průměrná měsíční teplota nižší o 2,7 °C. Mírně rozdílný průběh teplot v rámci malé porostní mezery v mladém porostu smrku pichlavého popisuje také ŠPULÁK (2009). Vyslovuje domněnku, že svůj význam pro ohřev vrstev vzduchu mají okraje korun smrků absorbující sluneční záření.

Rozdíly mezi tyčkovinou a volnou plochou v přízemní vrstvě vzduchu v průměru vegetačního období podle CHROUSTA (1997) dosahovaly 3,5 °C a zvětšily se tak z 9 % v mlazině na 18 % v tyčkovině. V tyčkovině smrku autor popisuje, že rozdíly průměrných teplot mezi lesem a bezlesem jsou největší v přízemní vrstvě a s přibývajícím výškou se zmenšují až zaniknou.

Extremita klimatu v mrazové poloze údolí Jizerky v okolí VP Kleč bude umocněna také charakterem půd. V literatuře se uvádí, že přízemní vrstvy vzduchu nad půdami humusem bohatými, zejména rašelinnými, mají sklon ke zvyšování četnosti mrazů, a to zejména pro malou tepelnou vodivost podkladu (FLEMMING, KREČMER 1986).

Tab. 2.

Průměrné měsíční teploty na výzkumných plochách ve výšce +200 cm nad terénem od října 2004 do září 2008 (°C)
 Mean monthly temperatures (°C; 200 cm above ground) according to experimental plots (October 2004 - September 2008)

Měsíc/Month	Kleč	Jizerka horní	Jizerka střední	Jizerka dolní	Plochý	Ořešník	Lovecká
leden/January	-3,1	-2,8	-3,1	-2,5	-2,5	-2,2	-1,1
únor/February	-3,4	-3,2	-3,3	-2,8	-2,8	-2,7	-1,3
březen/March	-1,3	-0,9	-1,3	-0,6	-0,5	-0,3	0,9
duben/April	4,8	5,5	5,3	5,9	5,6	6,2	7,2
květen/May	9,1	10,1	9,8	10,2	10,1	10,4	11,9
červen/June	12,5	13,4	13,2	13,6	13,6	14,0	15,2
červenec/July	14,8	15,5	15,3	15,5	15,5	15,8	17,1
srpen/August	12,2	13,0	12,4	13,1	12,8	13,3	14,5
září/September	9,5	10,4	10,9	10,5	10,4	10,7	12,0
říjen/October	5,9	6,5	7,0	6,6	6,5	6,6	8,1
listopad/November	0,3	0,2	-0,4	0,4	0,4	0,8	2,2
prosinec/December	-3,0	-2,0	-2,2	-1,8	-2,0	-1,4	-0,6

Tab. 3.

Průměry denních minim na výzkumných plochách ve výšce 200 cm nad terénem od října 2004 do září 2008 (°C)
 Mean daily minimal temperatures (°C) in 200 cm above ground (October 2004 - September 2008)

Měsíc/Month	Kleč	Jizerka horní	Jizerka střední	Jizerka dolní	Plochý	Ořešník	Lovecká
leden/January	-6,8	-5,1	-5,3	-4,8	-4,7	-4,4	-3,0
únor/February	-7,4	-5,3	-5,8	-5,2	-5,3	-5,0	-3,1
březen/March	-6,6	-3,6	-4,3	-3,8	-3,9	-3,4	-1,7
duben/April	-3,0	1,9	1,5	1,8	0,7	1,6	3,4
květen/May	0,7	6,0	5,6	5,9	5,0	5,3	7,7
červen/June	3,6	9,2	8,6	8,8	8,1	8,6	10,6
červenec/July	6,3	11,5	10,9	11,1	10,5	11,2	13,0
srpen/August	4,8	9,7	9,1	9,2	8,8	9,6	11,2
září/September	3,3	7,4	7,8	7,2	6,8	7,4	9,2
říjen/October	0,6	4,0	4,3	4,0	3,4	3,8	5,7
listopad/November	-2,8	-1,9	-2,2	-1,7	-1,5	-1,1	0,5
prosinec/December	-6,3	-4,1	-4,3	-3,9	-3,9	-3,2	-2,1

Tab. 4.

Průměry teplot vzduchu na výzkumných plochách 200 cm a 30 cm nad terénem v období květen až září v letech 2005 až 2008 (°C)
 Mean air temperatures (°C) in May - September period (2005 - 2008) 200 cm and 30 cm above ground

Poloha čidla nad povrchem/Sensor location		Jizerka horní	Jizerka střední	Jizerka dolní	Kleč	Plochý	Ořešník	Lovecká
200 cm nad terénem/above ground	X	12,5	12,5	12,6	11,5	12,5	12,8	14,1
	Sx	5,4	5,5	5,5	6,7	5,8	5,7	5,2
30 cm pod korunou/under canopy	X	12,5	12,1	12,1	10,8	12,1	12,5	13,6
	Sx	5,5	5,6	5,6	6,6	5,3	5,5	4,9
30 cm v porostní mezeře/in gap	X	13,0	12,8	11,8	11,8	12,3	12,7	13,7
	Sx	6,4	6,7	6,4	8,1	6,4	6,1	4,9

X – mean; Sx – standard deviation

Tab. 5.Četnost výskytu přízemních mrazů v porostní mezeře (30 cm nad terénem)
Frequency of ground frost incidence in gap (30 cm above ground)

Výzkumná plocha/Experiment	2005	2006	2007	2008	Průměr	Sx
Kleč	53	41	42	54	47,5	5,39
Jizerka horní	6	1	4	3	3,5	1,61
Jizerka střední	11	4	10	8	8,3	2,40
Jizerka dolní	13	8	11	10	10,5	1,61
Plochý	8	5	4	6	5,8	1,32
Ořešník	8	4	5	1	4,5	2,24
Lovecká	0	0	0	0	0,0	0,00

Průměr – mean; Sx – standard deviation

Tab. 6.Četnost výskytu přízemních mrazových stresů (pokles teplot pod -2 °C, trvání mrazu 4 a více hodin) v porostní mezeře (30 cm nad terénem)
Frequency of ground-frost stress (temperature drop below -2 °C, duration of the event exceeding 4 hours) in gap (30 cm above ground)

Výzkumná plocha/Experiment	2005	2006	2007	2008	Průměr	Sx
Kleč	18	23	22	25	22,0	2,28
Jizerka horní	0	0	2	1	0,8	0,74
Jizerka střední	2	2	3	3	2,5	0,45
Jizerka dolní	4	2	6	3	3,8	1,32
Plochý	1	0	2	1	1,0	0,63
Ořešník	0	0	2	0	0,5	0,77
Lovecká	0	0	0	0	0,0	0,00

Průměr – mean; Sx – standard deviation

Stav růstového prostředí zde více odpovídá severským podmínkám, kde např. ve Finsku SOLANTIE (1999) dokládá efekt úspěšného zalesnění na zvýšení minimální roční teploty vzduchu o 2 – 3 °C po vzniku zápoje korun.

Zahraniční práce se většinou zabývaly mikroklimatickými rozdíly v převážně dospělých porostech. Problematikou výskytu přízemních mrazů ve vegetační době na lesní holině se zabývala fyto-klimatologická stanice Kopciowa v Beskydech v Polsku (WILCZYŃSKI et al. 2005). Autoři dochází k závěru, že na sledované lokalitě v nadmořské výšce 720 m se v období 1971 - 2000 pozdní (jarní) přízemní mrazy vyskytovaly dvakrát častěji než přízemní mrazy časné (podzimní). Upozorňují rovněž na dvojnásobnou a vyšší frekvenci výskytu přízemních mrazů při porovnání s mrazy celkovými.

Z měření průběhu teplot v různě intenzivní obnovní těžbě v porostu borovice ve střední části Spojených států amerických (Arkansas) v přízemní vrstvě vzduchu 15 cm nad zemí vyplývá, že na holině je nejtepleji v průběhu ranních hodin, ve skupinov-ové seči uprostřed odpoledne a na kontrole (nejhustší varianta) pak v průběhu noci. U všech tří variant pak byla teplota vzduchu v 15 cm nad zemí vyšší než ve 2 m, s výjimkou období mezi pozdním odpolednem až časným ránem u skupinové výběrné seče (GULDIN, BARNETT 2004).

CHEN et al. (1993) při výzkumu průběhu teplot na holině, při okraji a uvnitř pralesa douglasky na severozápadě Spojených států amerických našli velice malé rozdíly mezi průměrnými denními teplotami vzduchu s prakticky vyrovnanými standardními odchylkami. Střední denní rozdíly teplot byly vyšší na holině a na okraji porostu, stejně tak jako příslušné směrodatné odchylky. V následující práci CHEN et al. (1995) popisují, že od okraje směrem do interiéru porostu klesaly denní teploty a rostly noční. Výjimku tvořilo období časného dopoledne a pozdního odpoledne, kdy teplotní gradient mizel. Odpolední pokles teplot byl rychlejší na holé ploše a při okraji než uvnitř porostu a tento trend přetrval až do ranního teplotního minima (CHEN et al. 1993).

Pozitivní vliv lesního porostu a maloplošných obnovních prvků na snižování mrazů v nočních hodinách a mrazových poškození výsadeb lesních dřevin (*Picea glauca* a *Populus tremuloides*) v porovnání s holosečí (1,5 ha) zjistili v Ontariu GROOT a CARLSON (1996). Pokles teplot v porostu byl o 1 až 9 °C nižší (v závislosti na oblačnosti) než na holoseči. Výrazné poškození mrazem na holoseči vykazovalo zhruba 75 % sazenic, zatímco pod porostem a na maloplošných obnovních prvcích pouze ca 2 %.

V severním Norsku konstatoval pozitivní vliv porostního krytu břízy pýřité na výsadbu smrku ztepilého BERGAN (1990). Vyšší růs-

Tab. 7.

Trvání přízemních mrazů, mrazových stresů a průměrné teploty přízemních mrazů (květen - září v letech 2005 - 2008)
Duration of ground-frost event, stress and mean temperatures (May - September; 2005 - 2008)

VP/ Experiment	Mrazové teploty pod 0 °C trvání (hod. celkem)/ Duration of frost event below zero			Mrazové teploty pod 0 °C (průměr stupňů)/ Mean below-zero temperatures			Stresové teploty pod -2 °C (trvání hod celkem)/ Duration of frost-induced stress event below -2 °C		
	koruna/ canopy	mezera/ gap	rozdíl %/ difference	koruna/ canopy	mezera/ gap	rozdíl %/ difference	koruna/cano- py	mezera/ gap	rozdíl %/ difference
Kleč	786	1084	28 %	-1,2	-2,5	1,3	290	577	50 %
Jiz.horní	57	78	27 %	-0,2	-0,9	0,7	4	10	60 %
Jiz.střední	128	151	15 %	-0,9	-1,5	0,6	25	44	43 %
Jiz.dolní	103	205	48 %	-0,2	-1,7	1,5	23	64	64 %
Plochý	56	102	55 %	-0,6	-1,6	0,7	12	16	25 %
Ořešník	58	74	22 %	-0,7	-1,3	0,6	11	15	27 %
Lovecká	0	0	-	-	-	-	0	0	-

Pozn.: Do výčtu mrazových teplot vstupovaly periody, kdy teplota alespoň jednoho přízemního teploměru na lokalitě poklesla pod 0 °C, do stresových teplot pod -2 °C a při trvání mrazu 4 a více hodin/Note: Frost temperatures were taken into account when at least one ground sensor recorded value below zero; frost-induced stress occurred as temperature dropped to -2 °C and lasted at least 4 hours and more.

tová vitalita smrkové výsadby pod porostem v porovnání s holinou byla, kromě menšího poškození drobnými hlodavci, přičítána i tlumení časných mrazů.

Krycí efekt lesního porostu za významný faktor pro snižování poškození a mortality výsadby *Nothofagus dombeyi* působením mrazů ve vegetační době v Chilských Andách uvádí také SOTO et al. (2009). Konstatuje, že se zvyšující vzdáleností od ca 10 m vysokého porostu se na volné ploše zvětšovala amplituda kolísání teplot včetně výskytu mrazů a s ní i poškození a mortalita mladých lesních kultur.

Z publikovaných poznatků prací zabývajících se poklesem teplot vzduchu v době vegetace a následných výskytů mrazových poškození lesních kultur je zřejmá shoda v názoru na pozitivní vliv stávajících porostů tlumením těchto stresů podobně, jako bylo zjištěno v naší studii. Vzhledem k odlišným růstovým podmínkám i metodikám výzkumných šetření však výsledky jsou porovnatelné pouze v obecných trendech.

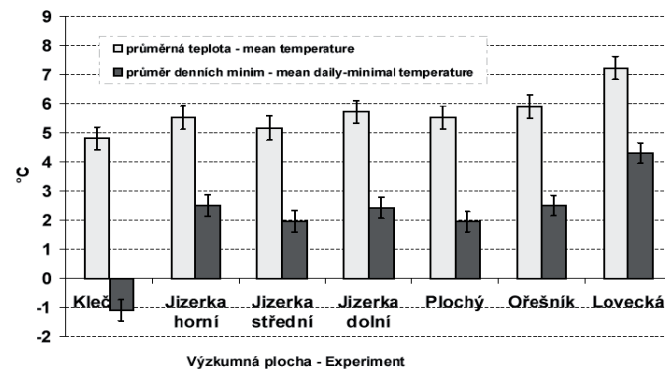
ZÁVĚR

Dosavadní výsledky víceletého kontinuálního měření teplot na vybraných lokalitách Jizerských hor potvrzují teplotní gradient v závislosti na nadmořské výšce s výjimkou specifických mrazových poloh (VP Kleč) a k nim přiléhajících svahů (VP Jizerka horní, střední, dolní). Porovnání měření přízemních teplot v porostní mezeře (na volnu) a pod korunami mladých jedinců jehličnatých náhradních dřevin poukazuje na účinnost ekologického krytu korun. Za sledované vegetační období (květen až září 2004 až 2008) snížila poloha pod korunami výskyt mrazových period o 15 až 55 %, v případě period se stresovými teplotami (nejméně čtyřhodinové časové úseky s teplotou pod bodem mrazu, kdy nejnižší teplota klesla pod -2 °C) pak o 25 až 64 % oproti polohám na volnu. Nutnost tlumení přízemních teplot je zvláště potřebná při vnášení na mrazové stresy citlivých cílových dřevin na lokalitách vyšších poloh a v mrazových kotlinách s výskytem přízemních mrazů ve vege-

tační době. Přítomnost porostu jehličnaté náhradní dřeviny a výsadba dřevin do blízkosti jedinců stávajícího porostu podle našich zjištění může výrazně přispět k redukci vlivu mrazu na výsadby.

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 všech uvedených výzkumných objektů.

**Obr. 4.**

Průměrné teploty a průměry denních teplotních minim ve výšce +200 cm nad terénem od října 2004 do září 2008
Mean temperatures and mean daily-minimal temperatures (°C; 200 cm above ground) from October 2004 to September 2008

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 1999. K použití autochtonních dřevin pro výsadbu na imisních holinách Jizerských hor. In: Slodičák, M. (ed.): Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12. - 13. 10. 1999. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 70-76.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2003. Výzkum optimálního prostorového uspořádání bukových výsadeb při přeměnách porostů náhradních dřevin v Jizerských horách. Zprávy lesnického výzkumu, 48: 53-61.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2006. K vývoji bukových výsadeb při přeměnách smrkových monokultur 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 "Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions". Opočno 5. - 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno: 125-132.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. European beech planted into spruce stands exposed to climatic stresses in mountain areas. Austrian Journal of Forest Science, 125: 27-38.
- BALCAR V., PODRÁZSKÝ V. 1994. Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39/2: 1-7.
- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Lesnický průvodce, č. 3: 34 s. ISBN 978-80-86461-87-6
- 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 "Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions". Opočno 5. - 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno: 399-407.
- BEADLE C., SANDS R. 2004. Physiology and Silviculture. In: Encyclopedia of Forest Sciences, Volume Four. Oxford, Elsevier: 2061 s.
- BERGAN J. 1990. Overlevelse, hoydeutvikling og skader hos gran (*Picea abies* (L.) KARST.) plantet i markberedningshauger og urort vegetasjon i hoyereliggende skog i indre Helgeland. Rapport - Norsk Institutt for Skogforskning, No. 6/90: 19 s.
- FLEMMING G., KREČMER V. 1986. Bioklimatologie k aktuálním problémům lesnické biotechniky v imisních oblastech. Lesnická práce: 535-540.
- GLOSER J. 1998. Fysiologie rostlin. Skripta. Brno, Masarykova univerzita: 157 s.
- GROOT A., CARLSON D. W. 1996. Influence of shelter on night temperatures, frost damage, and bud break of white spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research, 26: 1531-1538.
- GULDIN J. M., BARNETT J. P. 2004. Microclimatic conditions after reproduction cutting in shortleaf pine stands in the Ouachita Mountains. Gen. Tech. Rep. SRSÄ-71. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 92-98.
- CHEN J., FRANKIN J. F., SPIES T. A. 1993. Contrasting microclimates among clearcut, edge and interior of old-growth Douglas-fir forest. Agricultural and Forest Meteorology, 63: 219-237.
- CHEN J., FRANKLIN J. E. 1995. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth douglas-fir forests. Ecological Applications, 5: 74-86.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VÚLHM-VS Opočno: 227 s.
- CHROUST L. 1968. Das Temperaturregime in verschieden durchforsteten Eichen-Stangenhölzern. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 139: 163-173.
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovních sečích v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ: 63-68.
- OTTO H.-J. 1994. Waldökologie. Stuttgart, Ulmer: 383 s.
- PRETEL, J., VÁCHA D. 2003. Příprava internetové stránky zaměřené na vědecké poznatky o změně klimatu. Studie pro Ministerstvo životního prostředí, samostatné oddělení změny klimatu. Praha, ČHMÚ: 60 s. [30. 7. 2009] Dostupné na: <http://www.chmi.cz/cc/inf/klima.doc>
- REBETEZ M., REINHARD M., BUTTLER A. 2004. Forests, Tree Physiology and Climate. In: Encyclopedia of Forest Sciences, Volume Four. Oxford, Elsevier: 2061 s.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s.
- SLODIČÁK M. et al. 2008. Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 480 s.
- SOLANTIE, R. 1999. Charts of the climatic impact of the drainage of mires in Finland. Suo, 1999, 50: 103-117
- SOTO D. P., DONOSO P. J., UTEAU D., ZUNIGA-FEEST A. 2009. Environmental factors affect the spatial arrangement of survival and damage of outplanted *Nothofagus dombeyi* seedlings in the Chilean Andes. Interciencia, 34: 100-105.
- ŠPULÁK O. 2009. Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadeb jehličnatých porostů náhradních dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 54/Special: 59-66.
- WILCZYŃSKI S., DURLO G., FELIKSIK E. 2005. Przymrozki wczesne I późne na Kopciowej (Beskid Sadecki). Acta Agraria et Silvicultura. Series Silvestris, 43: 65-76.

CONTRIBUTION TO ROLE OF CONIFERS IN STAND-FORMING PROCESS - MODERATING OF FROST EXTREMES IN MOUNTAINS

SUMMARY

Harsh climatic conditions make regeneration of forest harder either in mountains or lower frost-affected sites. Forest plantations can be threatened by low temperatures within large clearings due to air pollution felling. Besides winter period, plant tissues can be damaged by temperatures of -1 to -3 °C. It is reported as a freezing point of cell content depending on concentration of substances dissolved in protoplast. The objective of our study is to reveal whether coniferous substitute stands can play a role as shelter against severe frost events in process of convenient species composition restoration. Investigations were conducted in five experimental plots situated in the Jizerské hory Mts., North Bohemia. The temperature was measured automatically every hour using Comet dataloggers. Sensors were fixed on wooden posts in heights of 200 cm and 30 cm above ground. The sensor in 200 cm was placed in a gap, the two sensors in 30 cm were placed either in a gap or under conditions of canopy shelter in spruce and pine crown. The results confirm urgent need of ecological cover in order to avoid negative effect of low temperatures upon plantations of frost-sensitive tree species. The threat of frost events occurring even in vegetation period is obvious especially in upper altitudes and shallow mountain basins such as experimental plot Kleč. Great standard deviations of temperatures measured 30 cm above ground in the gap (8.1 °C) compared to both 200 cm above ground (1.4 °C) and 30 cm in crown (1.5 °C) temperatures showed very harsh climatic conditions. Therefore conifers seem to eliminate frost events well in the ground air layer there.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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