

PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ TEPLOTNÍCH SOUVISLOSTÍ PROSADEB JEHLIČNATÝCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

CONTRIBUTION TO STUDY OF TEMPERATURE RELATIONSHIPS OF INTERPLANTINGS IN CONIFEROUS SUBSTITUTE TREE FOREST STANDS

ONDŘEJ ŠPULÁK

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

ABSTRACT

This article deals with local temperature course differences in the young forest stands of coniferous substitute tree species (small pole stage of *Picea pungens*, *Pinus mugo*) in mountain locations of northern Bohemian mountains. The aim of the research is to assess optimal positions for target species interplantings. Temperature microclimate was studied in different positions of small stand gap, on the blue spruce crown perimeter and in a height gradient. Positions of small stand gap (size less than one stand height) in small pole stage of blue spruce slightly differ in a temperature course, locations near crowns have little more balanced temperatures; crown side facing to south experiences highest temperature amplitude extending to minimal and maximal values; near-ground air layers are exposed to stronger temperature twists. From the temperature course point of view we can confirm methods of interplanting which are recommended in higher mountain locations by current methodologies: planting of sensitive tree species near crown perimeter of coniferous substitute tree species, preferring of northern side of crowns and stronger (higher) transplants. Preference of elevated locations for planting should be recommended as well.

Klíčová slova: prosadby, jehličnaté porosty náhradních dřevin, tlumení teplotních výkyvů

Key words: interplantings, coniferous substitute tree forest stands, moderating of temperature fluctuations

ÚVOD

Teplotní charakteristika prostředí závisí především na klimatu, na slunečním záření, nadmožské výšce, reliéfu terénu a vlastnostech (stavu) půdy (SAGHEB-TALEBI 1996). Na intenzitě a charakteru záření a délce jeho trvání jsou teplotní poměry vzduchu závislé bezprostředně (OTTO 1994). Rozdíly mezi teplotou vzduchu a povrchem rostlin jsou jen malé a jen při přímém oslunění může být teplota rostlin o 2 až 8 °C vyšší (HAMERLYNCK, KNAPP 1994).

Pozdní přizemní mrazy jsou všeobecně považovány za významný stresující faktor poškozující výsadby méně mrazuvzdorných cílových dřevin, například buku (KUBELKA et al. 1992, LOKVENC et al. 1992, UHLÍŘOVÁ, KAPITOLA et al. 2004). Mimo mrazové kotliny, kde bývají stromy poškozeny i do výše několika metrů, poškozují pozdní přizemní mrazy zpravidla jen přizemní části korun cca do 1 m (UHLÍŘOVÁ, KAPITOLA et al. 2004). Poškození rostlin mrazem je obvykle spojeno s tvorbou ledu, poškozením buněk ledovými krystalky a mrazovou dehydratací buněk. V zimních měsících běžně nejsou přítomna vhodná krystalizační jádra a voda v buňkách zůstává v tekutém podchlazeném stavu (v krajním případě až do teploty -38 °C). I druhy, které jsou v zimním období vysoce odolné (např. naše jehličnany), utrpí v letních měsících vážná poškození při náhlém poklesu teplot pod -3 až -4 °C (GLOSER 1998, LANGVALL 2000). Odolnost k mrazu je nejnižší u rašících výhonů. Např. u smrku je prokázáno, že poškození je vážnější, jestliže je výhon po noci s mrazem vystaven silnému slunečnímu záření (LANGVALL 2000).

Dostupnost slunečního záření, jako hlavního faktoru ovlivňujícího teplotu, je závislá na (porostní) situaci – poloze vůči stínícím prvům. Nejintenzivněji slunce svítí na jihozápadní až severozápadní okraj porostních mezer, kde se již od rána na nejdéle ozářených místech vyskytuje nejvyšší teplota vzduchu (KRECMER 1966 in SAGHEB-TALEBI 1996).

Současné přístrojové vybavení umožňuje měření teplot v krátkodobých intervalech a jejich zápis do paměti přístroje, výpočetní technika pak zpracování i rozsáhlých souborů dat (KNOZOVÁ, ROŽŇOVSKÝ 2005). Vhodně nastavený krok automatického záznamu měření umožňuje sledování náhlých teplotních zvratů. Z předchozích prací vyplývá, že jako optimální se jeví krok 15 minut (LITSCHMANN, BROTAŇ 1996, SOUČEK, ŠPULÁK 2005). Venkovní extrémy jsou z velké části ovlivněny slunečním svitem, změna teploty během intervalu 15 minut by však neměla být za předpokladu vhodného umístění čidel a dostatečného odclonění vlivu přímého záření na čidlo výrazná (SOUČEK, ŠPULÁK 2005).

CHROUST (1997) uvádí, že oproti travnímu porostu se ve smrkové mlazině v nadmožské výšce 700 m snižuje průměrná teplota přizemní vrstvy vzduchu za vegetační období o 9 %, v tyčkovině pak o 18 % (o 3,5 °C). Na základě pokusů s prosadkami buku lesního do porostů náhradní dřeviny smrku pichlavého bylo ve vyšších horských polohách prokázáno vyšší procento přežívání a lepší odrůstání jedinců vysazených do blízkosti korun (BALCAR, KACÁLEK 2003, BALCAR, KACÁLEK 2007, HOBZA et al. 2008). Sledování pomocí jednotlivých čidel umístěných na volnou plochu a pod korunu byl následně prokázán pozitivní krycí efekt jehličnatých porostů náhradních dře-

vin při tlumení klimatických extrémů ve vyšších horských polohách (BALCAR, ŠPULÁK 2006). Výsledky výzkumu byly ztvárněny v podobě metodických pokynů (BALCAR et al. 2007).

Cílem příspěvku je na základě podrobných měření posoudit lokální rozdíly průběhu teplot v různých polohách prosazovaného jehličnatého porostu náhradních dřevin ve vyšších horských polohách a výsledky porovnat s doporučeními pro prosadby citlivými cílovými dřevinami.

METODIKA

Práce zahrnuje tři šetření s odlišným designem pokusu, zaměřená na průběh teplot v rámci malé porostní mezery v tyčkovině SMP, na rozdíly teplot při obvodu koruny SMP podle světových stran a na průběh teplot ve výškách nad zemí. K vyhodnocení byly zvoleny rozličné přístupy jako metodický příspěvek ke zpracování teplotních měření. Statistické porovnání dat bylo provedeno s použitím testů parametrických (t-test) a neparametrických (Kruskal-Wallisova jednofaktorová ANOVA) na hladině významnosti 0,95. Určitou nejistotu do našich šetření vnáší výrobcem udávaná přesnost měření ($\pm 0,2$ °C), která se může mírně lišit i pro každé teplotní čidlo (návod k použití). Vycházíme však z technických možností zachycení teplotních diferencí.

Malá porostní mezera

Sledování teplotních diferencí v rámci malé porostní mezery (cca 260 x 420 cm), s delší osou ve směru přibližně S-J, probíhalo v období 13. 7. 2006 až 2. 11. 2006 v porostu smrku pichlavého (průměrná výška 4,2 m) na lokalitě Plochý v Jizerských horách (880 m n. m., 5% sklon Z svahu, 8K). Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 40 cm nad zemí, tři čidla zachycovala situaci pod korunou, 3 čidla okraj korun a 2 čidla střed mezery. Teploty byly zaznamenávány v hodinových intervalech.

Okraj koruny SMP

Měření teplot na lokalitě Jizerka II. (960 m, JZ sklon 3 %, 8K) probíhalo v období od 10. 5. do 13. 7. 2006. Cílem měření bylo zachytit průběh teplot podle světových stran v rámci obvodu koruny pravidelného, hluboce zavětřeného, cca 20letého smrku pichlavého (výška 3,94 m, výčetní tloušťka 8,9 cm, průměr koruny v prsní výšce 206 cm a při zemi 248 cm). Nejbližší okolní stromky obdobných dimenzí byly vzdáleny 3,5 a více metrů. Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 50 cm nad zemí po obvodu koruny ve směrech S, V, J a Z. Interval záznamu byl 1 hodina.

Výškový gradient

V létě 2007 byla na modelové lokalitě Lesní bouda v Krkonoších (1 080 m n. m., 8K, blíže viz KRIEGEL 1995), představující extrémní horské stanoviště, zahájeno měření teplotního výškového gradientu. Trojice teplotních čidel (meteorologická stanice firmy Noel) byla umístěna cca 40 cm od jižní strany „porostní stěny“ tvořené dvěma stýkajícími se keří borovice kleče (výška cca 120 cm), ve výškách 30 cm, 60 cm a 90 cm nad zemí. V období od 2. 8. 2007 do 22. 11. 2007 byly teploty měřeny v intervalu 15 min, dále v zimním období do 25. 4. 2008 v hodinovém intervalu, poté opět v intervalu 15 min. Pro účely této práce byl zpracován rok měření (od 3. 8. 2007 do 2. 8. 2008).

VÝSLEDKY A DISKUSE

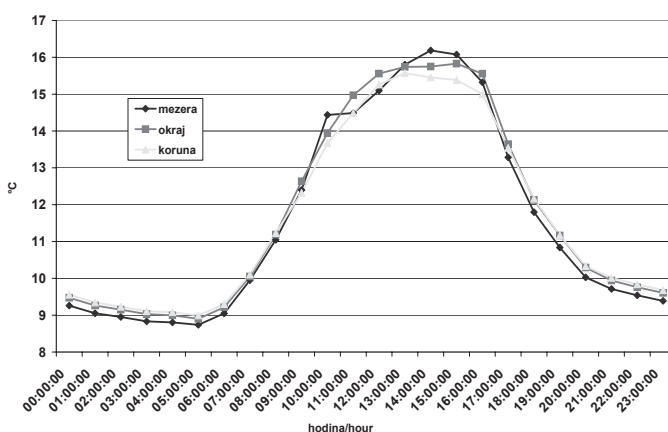
Malá porostní mezera

Mrazové teploty se ve sledované porostní mezeře za sledované období vyskytly pouze v noci z 16. na 17. 10. a v nočních hodinách od 30. 10. do 2. 11. 2006. V této práci byly hodnoceny průměry hodnot čidel umístěných v polohách mezera, okraj koruny a pod korunou.

Tab. 1.

Souhrnné charakteristiky teplot (°C) na lokalitě Plochý za sledované období (13. 7. 2006 až 2. 11. 2006) podle polohy v porostu
Characteristics of temperatures (°C) on locality Plochý for investigated period (July 13 to November 2, 2006) according to position in the stand

	Mezera/ Gap	Okraj/ Perimeter	Koruna/ Crown
Průměr/Average	11,58	11,74	11,66
Sm. odchylka/St. deviation	5,65	5,61	5,38
Suma celkem/Sum in total	31 101,4	31 515,5	31 297,5
Suma kladných/Sum of positive	31 210,3	31 620,3	31 395,6
Suma záporných/Sum of negative	-108,9	-104,8	-98,1
Počet záporných/Number of negative	44	43	40



Obr. 1.

Teploty průměrného dne v malé porostní mezeře na lokalitě Plochý podle polohy v porostu

Temperatures of average day in a small stand gap on Plochý locality according to position in the stand

Note: mezera = gap; okraj = perimeter; koruna = crown

Mezi soubory dat nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl, průměrnými teplotami za sledované období se polohy prakticky nelišily, pouze v mezeře byla teplota o 0,1 °C nižší (tab. 1). Nižší směrodatná odchylka pod korunou naznačuje větší vyrovnanost průběhu teplot v této poloze. Celková suma teplot byla nejnižší v mezeře, o 0,6 % vyšší pod korunou a o 1,1 % vyšší na okraji. Navýšení, i když minimální, sumy teplot na okraji koruny může být způsobeno ohřevem jehličí SMP v periodách přímého slunečního svitu a tím výraznějším ohřevem i okolních vrstev vzduchu. Stejný poměr sum teplot byl i v případě posuzování pouze kladných tep-

lot. Dále bylo zaznamenáno mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot směrem do krytu koruny. Vzhledem k tomu, že se jednalo o noční mrazíky, potvrzuje to předpoklad pomalejšího dlouhověkého (tepelného) vyzařování pod krytem větví. Na snižování teplot v porostní mezeře se může podílet i proudění studeného vzduchu – hustota porostu SMP na ploše však nedává předpoklad větších lokálních rozdílů.

Z hlediska průměrného dne ukazují za sledované období noční teploty v mezeře nižší hodnoty, než je tomu v ostatních polohách (o 0,2 °C oproti okraji a o téměř 0,3 °C oproti koruně) – obr. 1. Ráno nastává rychlejší navyšování teploty při okraji koruny než pod korunou. Dopoledne a také v časném odpolední byly vlivem přímého slunečního svitu nejvyšší průměrné teploty v mezeře až o 0,4 °C vyšší než na okraji a o 0,7 °C než v koruně. Celkově lze konstatovat, že interiér koruny průměrně vykazoval nejvyrovnanější průběh teplot (amplituda o 0,9 °C menší než v mezeře). Pro porovnání, výsledky šetření v dospělém porostu ukazují rozdílnost chování mikroklimatu podle velikosti porostní mezery. Např. SPITTLEHOUSE et al. (2004) z výzkumu v 22 - 27 m vysokém porostu smrku a jedle v Britské Kolumbii uvádí, že porostní mezery do velikosti výšky porostu mají světelné, větrné a tepelné poměry podobné poměrům v porostu. Naproti tomu velké seče mají teploty při zemi (0,4 m nad zemí) o 2 - 4 °C vyšší než teploty pod porostem. Odráží se to také v denním průběhu teplot povrchu půdy, noční půdní teploty jsou podobné. LANGVALL (2000) popisuje těsný vztah rostoucí teplotní amplitudy se snižující se kruhovou základnou porostu i přesto, že se průměrná denní teplota téměř nezměnila. Z výzkumu klimatických poměrů v clonné seči o různé intenzitě (výsledné hustotě porostu) ve smrku ztepilém vyplynulo, že minimální teploty byly pod nejhustší částí porostu za jasných nocí o 3,2 °C vyšší v porovnání s holinou (LANGVALL, LÖFVENIUS 2002). Výsledky v našem pokusu potvrdily odlišný, i když omezeně, charakter teplotního průběhu v porostní mezeře menší než výška porostu už ve stadiu tyčkovin.

Okraj koruny SMP

Porovnání průběhu teplot při okraji koruny smrku pichlavého za sledované období neprokázalo signifikantní rozdíly mezi polohami ($P = 0,071$). Z hlediska průměrných hodnot i sumy teplot se výrazněji vyčleňovala řada měření na jižní straně koruny (tab. 2), na jihu byl také vždy nejvyšší denní průměr (až o 1,45 °C) a suma teplot (až o 13 %). Výjimečnost na jih obrácené strany koruny lze vyčíst také z průběhu teplot průměrného dne (obr. 2), kdy se vlivem slunečního záření mezi 9. a 17. hodinou teploty na jihu vyšplhaly nad hodnoty na ostatních polohách, a to až o 2,5 °C. Přestože se jedná

o období přelomu jara a léta, kdy je význam slunečního svitu umocněn vychladlostí zemského povrchu, je tento rozdíl průměrných hodnot velice výrazný. Koresponduje to však např. se zjištěními KRECMERA (1966 in SAGHEB-TALEBI 1996), který uvádí, že v měsíci březnu až říjnu je severní strana (tzn. poloha exponovaná z jihu) nejteplejší poloha kotlíkových holých sečí.

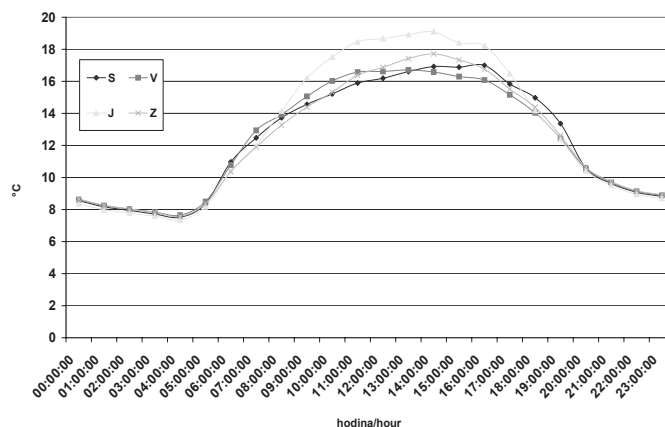
Test minimálních denních teplot nevykazoval žádný vztah k poloze vůči světovým stranám, u denních maxim byla pravděpodobnost výskytu rozdílu vyšší ($P = 0,091$) a poukazovala opět na vyšší teploty na jih obrácené strany koruny. Také v jednotlivých hodinách se teploty v různých polohách statisticky nelišily – to znamená, že ani dopolední rychlejší nárůst teplot na jižní straně při radiačních dnech nebyl natolik výrazný, aby se statisticky odlišil od okolních měření. Projevila se na tom jistě rozkolísanost teplot vzhledem k měnícímu se počasí v rámci periody.

Při posouzení sum kladných a záporných teplot vykazovala jižní pozice nejextrémnější polohu – suma kladných teplot byla nejvyšší a suma záporných nejnižší (tab. 2). Porovnání průběhu kladných teplot vykazovalo hodnotu blízkou kritické hodnotě 95% pravděpodobnosti ($P = 0,059$), v případě záporných teplot nebyl rozdíl významný. Rozdíl ve výsledku statistického zpracování záporných teplot bude dán rozdílným charakterem vychladání oproti ohřevu vzduchu, podílet se na tom může však i velmi omezený výskyt záporných teplot ve sledované periodě.

Obr. 2.

Průměrný den za období měření při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II (S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.)

Average day of measurement period at blue spruce crown perimeter on the Jizerka II locality (S – northern side, J – southern side, V – eastern side, Z – western side)



Tab. 2.

Souhrnné charakteristiky teplot (°C) při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II (S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.)
Characteristics of temperatures (°C) at blue spruce crown perimeter on the Jizerka II locality (S – northern side, J – southern side, V – eastern side, Z – western side)

	S	V	J	Z
Průměr/Average	12,37	12,34	12,90	12,38
Sm. odchylka/St. deviation	6,78	6,74	7,57	6,73
Suma celkem/Sum in total	18 944,9	18 902,7	19 763,1	18 973,3
Suma kladných/Sum of positive	18 963,3	18 918	19 785	18 987,4
Suma záporných/Sum of negative	-18,4	-15,3	-21,9	-14,1
Počet záporných/Number of negative	17	18	19	16

Výškový gradient

Z analýzy průběhu teplot ve sledovaných vrstvách vzduchu nad zemí vyplynulo, že průměrná roční teplota byla nejvyšší v přízemní vrstvě (7,53 °C) a klesala s výškou nad zemí (7,19 °C ve výš-

ce 90 cm) – tab. 3A. Z přehledu průměrných měsíčních teplot však vyplývá, že hlavní vliv na zvýšení průměru při zemi měly zimní měsíce, kdy průměrná měsíční teplota ve 30 cm byla i o více než 1 °C výše než v 60 cm nad zemí (tab. 4). To bylo způsobeno stabiliza-

Tab. 3.

Hromadné teplotní charakteristiky pro modelový rok (A) a pro období bez sněhu (od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008 – B) z měření výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda

Temperature characteristics for model year (A) and for period without snow (from August 3 to November 6, 2007 and from April 27 to August 2, 2008 - B) based on measurement of height gradient on the Lesní bouda locality

A	Výška nad zemí/Height above ground					
	90 cm		60 cm		30 cm	
	°C	%	°C	%	°C	%
Průměr/Average	7,19	100	7,3	101,3	7,5	104,7
Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
Minimum	-13,9	100	-7,0	50,4	-6,9	49,6
Suma celkem/Sum in total	172 502,7	100	174 664,5	101,3	180 578,2	104,7
Suma kladných/Sum of positive	185 925,1	100	183 856,8	98,9	184 252,3	99,1
Suma záporných/Sum of negative	-13 422,3	100	-9 192,2	68,5	-3 674,1	27,4
Počet záporných/Number of negative	4 471	100	4 399	98,4	3 516	78,6

B	Výška nad zemí/ Height above ground					
	90 cm		60 cm		30 cm	
	°C	%	°C	%	°C	%
Průměr/Average	9,8	100	9,7	99,1	9,7	99,4
Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
Minimum	-6,6	100	-7,0	106,1	-6,9	104,5
Suma celkem/Sum in total	182 401,8	100	180 812,6	99,1	181 384,5	99,4
Suma kladných/Sum of positive	184 093,9	100	182 712,1	99,2	183 293,2	99,6
Suma záporných/Sum of negative	-1 692,1	100	-1 899,5	112,3	-1 908,6	112,8
Počet záporných/Number of negative	929	100	1 030	110,9	1 041	112,1

Tab. 4.

Průměrné, maximální a minimální měsíční teploty výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda (90, 60 a 30 cm nad zemí)

Average, maximal and minimal month temperatures of height gradient on the Lesní bouda locality (90, 60 and 30 cm above ground)

Měsíc/Month	Průměr/Average			Maximum			Minimum		
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
1	-2,57	-1,41	-0,35	0,9	0,1	0,3	-8,1	-3,8	-1,4
2	-1,54	-0,68	-0,02	3,2	0,2	0,3	-6,3	-2,6	-0,9
3	-0,02	0,16	0,30	1,1	0,2	0,3	-1,3	0,1	0,3
4	3,87	3,42	2,66	16,0	15,8	14,9	-7,1	-4,9	-2,4
5	9,46	9,39	9,44	28,5	29,0	30,3	-2,1	-2,5	-2,7
6	12,69	12,60	12,66	27,6	27,9	29,3	-0,6	-0,5	-0,8
7	13,29	13,26	13,35	31,4	32,2	33,6	1,8	1,7	1,7
8	13,60	13,47	13,38	29,2	30	30,8	-1,3	-1,6	-1,7
9	7,54	7,47	7,58	21,3	21,9	23,0	-1,1	-1,5	-1,3
10	3,90	3,80	3,90	18,8	19,9	20,9	-6,6	-7,0	-6,9
11	-1,75	-1,13	0,29	10,4	11,0	11,7	-13,9	-5,1	-3,8
12	-3,87	-2,39	-0,68	5,8	0,1	0,4	-12,7	-5,8	-2,1
Rok/Year	7,19	7,28	7,53	31,4	32,2	33,6	-13,9	-7,0	-6,9

Tab. 5.

Četnost rozdílů teplot mezi měřeními v 15minutových intervalech za období bez sněhu (od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008) výškového gradientu na lokalitě Lesní bouda.

Frequency of temperature differences among measurements in 15min interval of height gradient on the Lesní bouda locality for period without snow (from August 3 to November 6, 2007 and from April 27 to August 2, 2008).

Poznámka: Z hodnocení byly vypuštěny záznamy beze změn (0 °C). Záporné hodnoty značí pokles teplot mezi termíny měření, kladné nárůst

Note: The evaluation does not involve records without temperature change (0 °C). Negative values represent temperature drop within measuring terms, positive ones increase

Rozdíl teplot/ Differences in temperatures °C	Výška nad zemí/Height above ground		
	90 cm	60 cm	30 cm
-6 - -5	1	4	5
-5 - -4	8	9	15
-4 - -3	42	42	47
-3 - -2	141	158	163
-2 - -1	773	775	829
-1 - 0	7 243	7 322	7 253
0 - 1	6 454	6 340	6 313
1 - 2	959	1 041	1 056
2 - 3	158	164	181
3 - 4	57	67	59
4 - 5	11	12	26
5 - 6	1	3	5
6 - 7	1	2	3
7 - 8			1
Celkový součet/Total	15 956	15 939	15 849

ci výkyvů teplot vyšší sněhovou pokrývkou a blízkostí zemského povrchu s teplotní setrvačností, která se projevila o to výrazněji díky sněhově celkem slabému roku (BARTOŠ, ČERNOHOUS 2008). Opačný trend nastal v dubnu, kdy postupné odtávání umožnilo ohřev horních čidel, a v srpnu (v 32. až 34. týdnu). Z toho, že i denní průměry v srpnu, bez ohledu na to, že to byl hraniční měsíc našeho měření, mají z 90 % nejnižší teploty při zemi, usuzujeme, že se může jednat o specifické opakující se proudění teplého vzduchu, který přízemní vrstvu ovlivňuje pouze nepatrně.

Také maximální a minimální teploty v zimě byly ovlivněny vrstvou sněhu (tab. 4). Porovnáním denních minim a maxim byla, kromě období se sněhem, zjištěna vyšší teplotní amplituda v přízemní vrstvě vzduchu. Oproti 60 cm nad zemí to bylo až o 3,1 °C, průměrně o 0,7 °C, oproti 90 cm nad zemí pak až o 5,6 °C, průměrně o 1,5 °C. Rozšíření amplitudy bylo oboustranné, výraznější byla jak denní maxima, tak minima. Pro porovnání, výsledky výzkumu gradientu teplot v dospělém porostu smrku ztepilého ukazují na téměř nulový rozdíl teplot ve výškách 0,4 a 1,7 m nad zemí (LANGVALL, LÖFVENIUS 2002). Výrazný gradient na holině se v této studii projevil hlavně za suchého počasí. Klečová stěna v našem pokusu představuje pouze velmi omezený kryt.

Průměrná teplota období bez sněhu (od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008) se mezi čidly lišila nepatrně, také celková suma teplot se prakticky nelišila (do 1 %) – tab. 3B. Zajímavý je rozdíl v součtu i počtu záporných teplot: nejmenší suma byla podle očekávání zaznamenána ve výšce 90 cm, nižší polohy měly sumu shodně o 12 % nižší.

V průběhu měření v období bez sněhu byl zaznamenán významný rozdíl mezi změnami teplot v 15min intervalu v různých výškách nad povrchem země. S klesající výškou mírně klesal podíl dvou po sobě následujících měření beze změny teploty a narůstal podíl výraznějších teplotních zvrátů, a to jak směrem ke kladným, tak i záporným teplotám (tab. 5). Byly vybrány periody s teplotami pod bodem mrazu a vyhodnocena četnost teplot pod nulou a nižších než -1 °C. Z hodnocení vyplývá nižší počet záporných měření ve výšce 90 cm oproti nižším vrstvám vzduchu (o 10 % ve výšce 60 cm a 12 % ve výšce 30 cm). V případě teplot nižších než -1 °C byl počet záporných hodnot v 90 cm téměř shodně menší o 12 % od obou níže postavených teplotních čidel (tab. 5, 6). Znamená to, že se na lokalitě vyskytovaly mimozimní mrazové epizody o síle vyšší než -1 °C téměř bez výjimky shodně až do výšky 60 cm, snížení výskytu přízemních mrazů nastává až ve výšce nad 60 cm. Ojedinelá vyšší četnost mrazů pod -1 °C v 90 cm se vyskytovala převážně jen na konci října.

Tab. 6.

Počet mrazových teplot a počet mrazových teplot s teplotou nižší než $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (za období od 3. 8. do 6. 11. 2007 a od 27. 4. do 2. 8. 2008) v jednotlivé dny na lokalitě Lesní bouda

Number of frost temperatures and number of frost temperatures lower than $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (for period from August 3 to November 6, 2007, and from April 27 to August 2, 2008) in individual days on the Lesní bouda locality

Datum/Date	Mrazové teploty celkem/Frost temperatures totally			Mrazové teploty $< -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ /Frost temperatures $< -1\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	Výška nad zemí/Height above ground					
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
28. 8. 2007		1	1			
29. 8. 2007	24	25	25	10	15	18
30. 8. 2007	9	12	15	4	4	6
16. 9. 2007		2	1			
19. 9. 2007	17	19	18		3	1
20. 9. 2007	11	13	12	2	6	4
6. 10. 2007	18	22	22	2	7	15
7. 10. 2007	5	8	9	3	5	5
8. 10. 2007	11	15	16	4	8	8
9. 10. 2007	26	26	27	19	25	24
10. 10. 2007	25	29	29	11	13	13
11. 10. 2007	28	30	30	27	28	29
13. 10. 2007	27	28	27	27	27	27
14. 10. 2007	61	61	62	57	59	60
15. 10. 2007	29	29	29	20	28	28
18. 10. 2007	23	24	22	6	7	6
19. 10. 2007	78	78	76	60	67	55
20. 10. 2007	67	66	61	45	45	34
21. 10. 2007	76	76	74	69	69	68
22. 10. 2007	81	81	81	77	75	73
23. 10. 2007	50	51	49			
24. 10. 2007	3	7	3			
31. 10. 2007	32	33	33	19	22	22
1. 11. 2007		3	5			
2. 11. 2007		1	2			
4. 11. 2007	6	6	4			
5. 11. 2007	70	72	73	51	53	51
6. 11. 2007	85	85	84	74	75	73
27. 4. 2008	14	24	27		10	25
3. 5. 2008	3	3	3			
4. 5. 2008	11	12	12	1	6	6
7. 5. 2008	13	24	28	12	13	13
8. 5. 2008			3			
9. 5. 2008		2	5			
10. 5. 2008	4	15	20			3
11. 5. 2008	10	21	22			7
19. 5. 2008	5	7	7			
20. 5. 2008		1	1			
24. 5. 2008		5	6			
14. 6. 2008	3	4	6			
15. 6. 2008			1			
17. 6. 2008	4	9	10			
Celkový součet/Total	931	1 032	1 043	602	672	676

ZÁVĚR

Na základě výsledků šetření teplotních poměrů v malé porostní mezeře, při obvodu jedince smrku pichlavého a ve výškovém gradientu přizemních teplot v přeměňovaných porostech jehličnatých náhradních dřevin vyšších poloh lze konstatovat následující shrnutí:

- poloha v porostní mezeře ve stadiu tyčkovin o velikosti půl krát jedna porostní výška vykazuje nepatrně rozdílný průběh teplot daný omezeností dopadu přímého slunečního záření a pravděpodobně i jeho vyšší absorptivitou jehličí v případě polohy při okraji koruny,
- na jih obrácená strana koruny zažívá nejextrémnější průběh teplot projevující se zvýšením teplotní amplitudy jak směrem ke kladným, tak záporným teplotám,
- kromě sněhového období jsou přizemní vrstvy vzduchu vystaveny silnějším teplotním zvrátům, stejně jako silnějšímu působení pozdních mrazů. V případě sledované lokality nastalo snížení výskytu přizemních mrazíků až ve výšce nad 60 cm nad zemí.

Z hlediska teplotního průběhu lze tedy potvrdit postupy doporučené současnými metodikami, jako je výsadba citlivějších dřevin (buk) do blízkosti korun jehličnatých náhradních dřevin, upřednostnění severní strany koruny a volba silnějšího (vyššího) sadebního materiálu. Tato doporučení bychom navrhovali doplnit o upřednostňování výsadeb na vyvýšená místa.

Výskyt teplotně-stresových faktorů v přírodních podmínkách je záležitost nahodilá, uvedená pěstební opatření jsou tedy opatřeními preventivními. Následná pěstební péče by měla hledat kompromis mezi ochranným působením náhradních dřevin a světelnými nároky dřevin cílových, které se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšují (COLLET et al. 2001, HERING, IRRGANG 2005).

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a NAZV QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“.

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 2003. Výzkum optimálního prostorového uspořádání bukových výsadeb při přeměnách porostů náhradních dřevin v Jizerských horách. [Investigation of European beech plantation optimal spacing for substitute tree species stand conversions in the Jizerské hory Mts.] Zprávy lesnického výzkumu, 48: 53-61.
- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. [Conversion methods of the substitute tree species stands in air polluted areas.] Lesnický průvodce, č. 3:34 s.
- BALCAR V., ŠPULÁK O. 2006. Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. [Late-spring frost damage to trees and forest stand shelter effect upon new plantations in the Jizerské Hory Mts.] 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. Jiloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti - VS Opočno: 399-407.
- BARTOŠ J., ČERNOHOUS V. 2008. Vliv různých druhů dřevin na ukládání sněhu v hřebenových partiích horských poloh. [Impact of selected tree species on deposition of snow in the mountain ridge locations.] In: Prknová, H. (ed.): Pěstování lesů na počátku 21. století. Sborník recenzovaných příspěvků z konference. Praha, Česká zemědělská univerzita, nestr.
- COLLET C., LANTER O. - PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. Ann. For. Sci., 58: 127-134.
- GLOSER J. 1998. Fyziologie rostlin. Skripta. [Plant Physiology.] Brno, Masarykova univerzita: 157 s.
- HAMERLYNCK E., P., KNAPP A. K. 1994. Leaf-level responses to light and temperature in two co-occurring *Quercus* (Fagaceae) species: implications for tree distribution patterns. Forest Ecology and Management, 68: 149-159.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. Journal of Forest Science, 51: 519-525.
- HOBZA P., MAUER O., POP M. 2008. Current use of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of forests in the air-polluted areas. Journal of Forest Science, 54: 139-149, 22 ref.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Smrk obecný - borovice lesní - dub letní - porostní prostředí - růst stromů - produkce porostu. [The ecology of forest tending. *Picea excelsa* - *Pinus sylvestris* - *Quercus robur* - environmental factors - tree growth - stand production.] Opočno, VÚLHM - VS: 277 s.
- KNOZOVÁ G., ROŽŇOVSKÝ J. 2005. Srovnání způsobů výpočtu průměrných denních teplot a vlhkosti vzduchu. [Comparison of the methods of mean daily temperatures and air humidity computing.] Meteorologické zprávy, 58: 19-23.
- KRIEGL H. 1995. Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. [Growth of cultures on plots limited by piles of logging residues.] Práce VÚLHM, 80: 53-63.
- KUBELKA L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. [Forest regeneration in the NE Krušnohoří region damaged by air pollution.] Praha, MZe ČR: 133 s.
- LANGVALL O., LÖFVENIUS M. O. 2002. Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. Forest Ecology and Management, 168: 149-161.
- LANGVALL O. 2000. Interactions between Near-Ground Temperature and Radiation, Silvicultural Treatments and Frost Damage to Norway Spruce Seedlings. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp: 35 s.
- LITSCHMANN T., BROTON J. Vliv různých způsobů stanovení denní průměrné teploty vzduchu na hodnotu teplotní sumy. [Impact of different ways of the daily average air temperature on the temperature sum.] In: Vývoj životního prostředí pod tlakem civilizačních procesů z hlediska bioklimatologie. XII. československá bioklimatická konference, V. Bilovice 11. - 12. 9. 1996, 7 s.
- LOKVENEC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. [Reforestation of the Krkonoše Mts.] Vrchlabí, Správa KRNAP, Opočno, VÚLHM - VS: 111 s.
- OTTO H.-J. 1994. Waldökologie. Stuttgart, Ulmer: 383 s.
- SAGHEB-TALEBI, K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Zürich, Schweizerischer Forstverein: 219 s.

- SOUČEK J., ŠPULÁK O. 2005. Srovnání výpočtu denních teplot různými postupy. [Comparison of daily temperatures calculated by various methods.] In: Saniga, M. Jaloviár, P. (eds.): Súčasnú otázku pestovania lesa. Zborník zo VII. česko-slovenského vedeckého sympózia vedeckopedagogických a vedeckovýskumných pracovísk v odbore pestovanie lesa. Zvolen 6. - 7. 9. 2005. Zvolen, Technická univerzita: 86-90.
- SPITTLEHOUSE D. L., ADAMS R. S., WINKLER R. D. 2004. Forest, edge, and opening microclimate at Sicamous Creek. Research Report - Ministry of Forests, British Columbia, č. 24: 43 s.
- UHLÍŘOVÁ H., KAPITOLA P. et al. 2004. Poškození lesních dřevin. [Damage to forest trees.] Praha, Lesnická práce: 288 s.

CONTRIBUTION TO STUDY OF TEMPERATURE RELATIONSHIPS OF INTERPLANTINGS IN CONIFEROUS SUBSTITUTE TREE FOREST STANDS

SUMMARY

Temperature is one of the crucial factors of a tree development. It is strongly connected to sunlight and spatial relations of a locality to shadowing objects. Especially at young age of trees, late frosts are highly stressing events, affecting the tree lives and growth. Under harsh conditions of the Czech border mountains, positive effect of young coniferous substitute forest stands on climatic extremes softening was confirmed. The purpose of this study is to evaluate local differences of the course of temperature under various conditions of young coniferous substitute forest stands in higher mountain locations and to compare outcomes with the recommendations of interplanting of these forest stands.

The study combines three local investigations with different design of the research conducted in the Jizerské hory Mts. (880 and 960 m a. s. l.) and Krkonoše/Giant Mts. (1,080 m a. s. l.): temperature differences of a small gap (2.6 m to 4.2 m in diameter) in young blue spruce (BS) forest stand (mean height of 4.2 m), course of temperatures around crown perimeter of relatively free young BS (height of 4 m) and a gradient of three heights under the ground near the mountain pine tree wall.

The study shows, that temperature course in gap locations (diameter ca half to one tree height in size) differs minimally within a young BS forest stand. Side of tree crown facing the south experience the most extreme course of temperatures, with the highest temperature amplitude expanded to minimal as well as to maximal values. Excepting snowy season, ground layers of air are subjected to stronger temperature switches together with higher frequency and intensity of late frosts. Results of the study confirmed contemporary silvicultural recommendations for the coniferous substitute tree interplantings, such as planting of more sensitive tree species (e. g. beech) next to the substitute tree crown perimeter, preferring planting to the northern side of the tree crown and using stronger (higher) seedlings. These recommendations should be supplemented by preference of planting to the elevated locations (not to the depressions).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: spulak@vulhmop.cz