

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 54

ČÍSLO 3/2009

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: M. Čížková DiS. Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc. Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Grafická úprava obálky a zlom: Tereza Janečková

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, <http://www.vulhm.cz>

Redakční rada Zpráv lesnického výzkumu

doc. Ing. Petr Zahradník, CSc. - předseda; doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - místopředseda; Ing. Jana Danysová (zástupce M. Čížková DiS.); RNDr. Jana Malá, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, DSc.; doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; doc. Ing. Pavel Klč, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; prof. RNDr. Michal Marek, DrSc.; prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; doc. Ing. Marek Turčáni, CSc.

Od roku 2009 je časopis zpracováván v Elsevier Bibliographic Databases

VRATISLAV BALCAR - ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK

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

157

JAN BARTOŠ - ONDŘEJ ŠPULÁK - VLADIMÍR ČERNOHOUS

Ukládání sněhu ve vztahu k dřevinám vysazeným na kalamitní holině v hřebenové partii horských poloh
Distribution of snow cover in relation to tree species planted in clearing due to salvage cutting in summit mountain location

166

VÁCLAV BURIÁNEK - PETR NOVOTNÝ - MARIE BENEDÍKOVÁ

Výsledky fenotypového šetření v porostech domácích druhů dubu (*Quercus* spp.)
The results of phenotypic examination in autochthonous oak species (*Quercus* spp.) stands

174

JAN KAŇÁK - JAROSLAV KLÁPŠTĚ - MILAN LSTIBŮREK

Úvodní genetické hodnocení semenných sadů borovice lesní v západních Čechách
Initial evaluation of seed orchards of Scots pine in the Western Czech Republic

189

ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

Kvalita a zdravotní stav bukovic sbíraných ze země a ze sítí
Quality, and fungus contamination, of European beech (*Fagus sylvatica*) beechnuts collected from the forest floor and from nets spread on the floor

205

HELENA CVRČKOVÁ - JANA MALÁ - PAVLÍNA MÁCHOVÁ - MILENA CVIKROVÁ

Vývoj somatických embryí chlumního ekotypu smrku ztepilého v souvislosti se změnami endogenního obsahu spermidinu, putrescinu a sperminu
Development of somatic embryos of Norway spruce hurs ecotype in connection with content changes of spermidine, putrescine and spermine

213

PAVLÍNA MÁCHOVÁ - JANA MALÁ - HELENA CVRČKOVÁ - JAROSLAV DOSTÁL

Optimalizace mikropropagace jeřábu břeku
Optimalization of wild service tree micropropagation

218

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - FRANTIŠEK SOUKUP

Srovnání rozvoje mykorhiz na krytých a exponovaných stanovištích horských smrčín
Comparison of root mycorrhizae from exposed and sheltered mountain spruce stands

223

ZDENĚK VÍCHA - MILAN JAŘABÁČ - ZUZANA OCEÁNSKÁ - MILAN BÍBA

Vliv lesních cest na odtoky z horských lesnatých povodí
The impact of forest roads on the water run-off within the small forested watersheds

231

LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS

- Růst a formování ořešáku královského pod ochranou stromů a keřů v jižní Anglii
Early growth and form of common walnut (*Juglans regia* L.) in mixture with tree and shrub nurse species in southern England 238
- Vliv struktury zápoje na příjem živin v porostní směsi buku lesního a smrku ztepilého ve střední Evropě
Canopy composition as a measure to identify patterns of nutrient input in a mixed European beech and Norway spruce forest in central Europe 238
- Výskyt a patogenita hub v nekrotických a nesymptomatických výhoncích chřadnoucího jasanu ztepilého ve Švédsku
Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash in Sweden 238
- Dostupnost světla a jeho vliv na růst, morfologii listů a stavbu odrostků buku lesního, javoru klenu a jasanu ztepilého
Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech, maple and ash saplings 239
- Růst a ochrana smrku ztepilého a buku lesního v čistých a smíšených porostech
Growth and defence of Norway spruce and European beech in pure and mixed stands 239

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, REBETEZ 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, REBETEZ 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 Orešník) 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 Orešník) 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, Orešník 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 Orešník 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 cm a +30 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 Expozice/Aspect (%)		SLT/ Site	Dřevina/ Tree species	Zápoj/Canopy	Prům. výška porostu/ Mean stand height (m)		Průměr porostní mezery/Gap diameter (m)	
	SZ	VZD											
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 Orešník) 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 přizemních 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 teplotní vyzařování (OTTO 1994, SOLANTIE 1999). Nejintenzivnější vliv na tlumení obou těchto typů chladnutí lze očekávat v přizemní vrstvě vzduchu. Teplotní čidla v naší studii byla umístována 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 přizemní 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 naměřena 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 přizemní 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 přizemní 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 přizemní 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 přetrvával 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 výsadby 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.

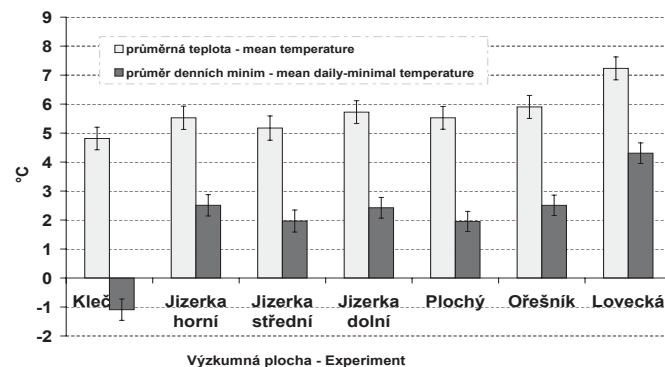
ZÁVĚR

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. Fyziologie 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. SRS-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

UKLÁDÁNÍ SNĚHU VE VZTAHU K DŘEVINÁM VYSAZENÝM NA KALAMITNÍ HOLINĚ V HŘEBENOVÉ PARTII HORSKÝCH POLOH

DISTRIBUTION OF SNOW COVER IN RELATION TO TREE SPECIES PLANTED IN CLEARING DUE TO SALVAGE CUTTING IN SUMMIT MOUNTAIN LOCATION

JAN BARTOŠ - ONDŘEJ ŠPULÁK - VLADIMÍR ČERNOHOUS

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

ABSTRACT

Formation of the large clear-cut areas in a period of increased air pollution had significant impact on the micro- and mesoclimatic changes of the site. Hydrological function of stands is being renewed together with the growth of young plantations. Impact of each tree species on the accumulation and melting of snow can be different. Paper compares influence of five tree species at the age of 20 years (rowan, mountain pine, European larch, Norway spruce, and birch) on the snow accumulation on the former large clear-cut area at altitude of 1,080 m in the Krkonoše Mts. Dwarf pine has showed the largest snow accumulation, when the snow cover does not exceed 1 m height. Generally the largest snow accumulation was found in Norway spruce thicket. At the time of spring snowmelting Norway spruce thicket can keep nearly by 400 mm more water compared to dwarf pine or birch stands. The amount of snow water delayed in the stands was generally greater compared with clear-cut area.

Klíčová slova: sněhová pokrývka, vodní hodnota sněhu, odtávání sněhu, lesní dřeviny

Key words: snow cover, water equivalent, snow melting, tree species

ÚVOD

Plnění hydrických funkcí lesa má v horských ekosystémech nesmírný význam. Konkrétně zachycení co největšího množství srážek a jejich následné pozvolné uvolňování je jedním s významných faktorů pro tlumení povodňových situací. Sněhová pokrývka v horských polohách představuje v průměru 25 - 30 % ročního úhrnu srážek a ovlivňuje po dlouhou dobu vodní režim v jarních měsících (KANTOR 1979). V minulosti došlo vlivem rozvoje lidské společnosti k velkým škodám na přirozených ekosystémech, které se tvořily dlouhá tisíciletí. Tomuto poškození neunikly ani hřebenové partie Krkonoš. I zde musely být uměle obnovovány rozsáhlé imisní holiny (LOKVENC et al. 1992). Vznik rozsáhlých holin s sebou přinesl významné bioklimatické změny, mj. změnu režimu akumulace a tání sněhu oproti porostnímu i mýtinovému podnebí normálních obnovních sečí (KREČMER 1982) a celkovou změnu hydrologických poměrů (např. WOZNIAK 1988). Už v době začátku likvidace imisní kalamity se předpokládalo, že odlišný režim tání bude charakterizován jeho dřívějším nástupem a jeho větší intenzitou při kratším trvání na pasekách, zvláště do doby zapojení následných porostů (KREČMER in PEŘINA et al. 1984). V současné době se velká část mladých porostů následné generace zapojuje.

Tento příspěvek uvádí nové dílčí poznatky k problematice, jak lze ovlivnit ukládání sněhové pokrývky, respektive akumulaci zimní srážkové vody v ekosystému využitím různých dřevin na kalamitních holinách v hřebenových partiích.

METODIKA

Sledování ukládání sněhové pokrývky v závislosti na růstu různých dřevin probíhalo v hřebenové partii Krkonoš. Oplocená trvalá výzkumná plocha (TVP) Lesní bouda se nachází ve vrcholové části Liščího hřebenu, jihovýchodně od Liščí hory, v nadmořské výšce 1 080 m. TVP byla založena v roce 1986 na rozsáhlé imisní holině vzniklé po vytěžení smrkového porostu (KRIEDEL 1995). Velikost výzkumné plochy je necelé 2 ha. Typologicky je lokalita zařazena do lesního typu 8K2. Svažité terén jihozápadní expozice má průměrný sklon 2 %. Půda je tvořena převážně humuso-železitým podzolem.

V letech 1986 a 1987 byly na výzkumnou plochu vysázeny ve třech různých sponech následující dřeviny: kleč horská, směs břízy bělokoré a karpatské, smrk ztepilý, modřín opadavý a jeřáb ptačí. Dřeviny byly vysázeny v 10 m širokých pruzích kolmo k valům těžebních zbytků, vzdálených od sebe 50 m. Pruhy dřevin jsou orientovány na severozápad (obr. 1).

Od založení TVP byla měřena výška sněhové pokrývky v závislosti na vzdálenosti od ručně vytvořených valů těžebních zbytků o výšce 185 - 250 cm. Po slehnutí valů na nevýznamnou výšku (20 až 40 cm) vůči odrůstajícím dřevinám byly v roce 2004 sněhoměrné latě přemístěny tak, aby bylo možné sledovat vliv vysazených dřevin na ukládání sněhové pokrývky. Transekt deseti sněhoměrných latí o výšce 2,7 m přibližně v 10metrovém rozestupu je umístěn uprostřed pruhu každé dřeviny. Jako kontrola byla vzata plocha s 10 sněhoměrnými latěmi umístěná ve vzdálenosti asi 30 m od TVP

**Obr. 1.**

Letecký pohled na trvalou výzkumnou plochu Lesní bouda v hřebenové partii Krkonoše v nadmořské výšce 1 080 m

Research plot Lesní bouda in the Krkonoše Mts at the altitude of 1,080 m

směrem na severovýchod mimo oplocení. Zde v důsledku vysokých ztrát po zalesnění roste pouze několik jedinců smrku z přirozeného zmlazení s maximální výškou do 1 m. Tuto variantu experimentu, v příspěvku dále označovanou jako „volná plocha“, lze přirovnat k sukcesnímu vývoji kalamitní holiny. Včetně kontroly je na ploše umístěno celkem 60 latí.

Četnost zimního ambulantního měření byla řádově ve čtrnáctidenních intervalech. Rychlost odtávání sněhové pokrývky byla hodnocena jako úbytek absolutní výšky sněhové pokrývky. Při každém ambulantním měření byl odebrán jeden vzorek sněhu pro zjištění aktuální vodní hodnoty a hustoty sněhu na TVP. Dne 19. 1. 2006 bylo provedeno vyhodnocení závislosti hmotnosti sněhového profilu ku jeho výšce průřezově po ploše. Maximální denní teploty byly pro daný den měření získávány z kontinuálně sledované teploty automatickou meteorostanicí umístěnou na TVP. Pro potřeby tohoto příspěvku jsou použita měření růstových charakteristik dřevin z jara 2008 (průměrná výška, výčetní kruhová základna, šířka korun). V každé dřevině byla dendrometrická data zjišťována na čtyřech zkusných ploškách o velikosti 5 x 5 m rozmístěných tak, aby v každé plošce byla alespoň jedna sněhoměrná lat'.

Pro statistické vyhodnocení získaných veličin byla použita metoda ANOVA a následný Shefeho test v programovém vybavení MS Excel a NCSS.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Po celou dobu sledování vysazených dřevin vykazoval nejlepší růstovou dynamiku modřín. Na jaře 2008 měl největší střední tloušťku a i při nízkém počtu stromů nejvyšší výčetní kruhovou základnu (tab. 1). Plocha korun přesáhla výměru plochy (108 %), u části korun tak dochází k vzájemnému překryvu. Porosty břízy a smrku mají srovnatelnou kruhovou základnu, tloušťku i sumu plochy korun. Počty smrků na ploše jsou mírně vyšší než u břízy, část smrků je však silně poškozena sněhovými zlomy obzvláště ze zimy 2004/2005. Porost jeřábu má ze všech sledovaných dřevin nejnižší tloušťku i pokryvnost korun, přes vyšší počet jedinců je kruhová základna nízká a i zde se vyskytuje přibližně u 25 % jedinců poškození sněhem, zlomení kmínku a odnožení od pařezu. Klečový porost vykazuje velmi dobrý zdravotní stav a je zapojen. Zde byla měřena pouze střední výška hlavních větví na transektu vymezeném sněhoměrnými latěmi. Její průměrná hodnota činila 227 cm. Příznivé stanovištní podmínky a vysoká hustota porostu kleče podmiňují vystoupavý růst větví, přesto je pokryvnost korun velmi vysoká a vegetace pod keři kleče se vyskytuje pouze sporadicky.

Ukládání sněhu v zimním období ovlivňuje kromě charakteru dřeviny i její dimenze a plošné uspořádání. Hustší koruny jehličnanů s vysokou intercepcí ovlivňují ukládání sněhu i další vývoj jeho vlastností. Jednoznačně odlišný způsob ukládání sněhu s tvorbou mohutných sněhových návějí byl pozorován v okolí jedinců smrku. Následně kolísání výšky a změny charakteru sněhu ovlivňují přístup slunečního záření, sekundární transport sněhu i proces zhutňování sněhové pokrývky. Vystoupavé větve kleče způsobují v prvním období zachytávání sněhu a jeho nakypření. Tento efekt byl u kleče zjištěn na počátcích sledovaných období do výšky sněhu ca 1 m. S dalším nárůstem výšky a hlavně hmotnosti sněhu jsou větve přitlačovány k zemi. Obdobně fungují i spodní větve u smrku a modřínu.

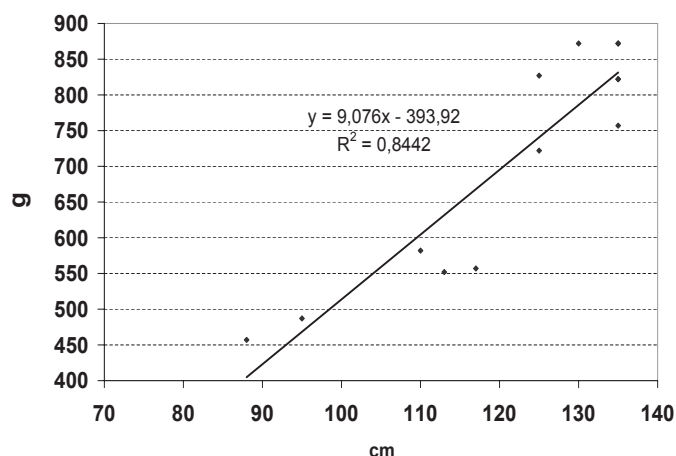
Výsledky ambulantního měření závislosti hmotnosti odebraného válce sněhu na jeho výšce (hustota sněhu) ze dne 19. 1. 2006 potvrdily úzkou závislost (obr. 2). Hustota sněhu v uvedeném termínu takřka lineárně stoupá s výškou sněhové pokrývky. Proto předpokládáme, vzhledem k dimenzím porovnávaných mlazín, stejnou hustotu sněhové pokrývky na celé ploše. V dospělém porostu buku udává např. BRECHTEL (1970) zásobu vody ve sněhu o 20 - 25 % větší oproti porostu smrku. V budoucnu proto chceme rozšířit měření o pravidelnější hodnocení hustoty sněhu pod jednotlivými dřevinami.

Tab. 1.

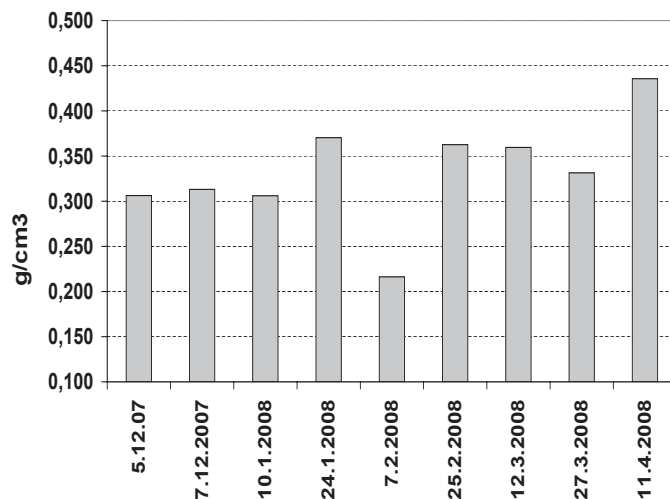
Základní charakteristiky dvacetiletého porostu dřevin na TVP Lesní bouda na jaře 2008 (hodnoty v závorce udávají směrodatnou odchylku)
Basic stand characteristics of tree species on the research plot Lesní bouda in 2008 at the age of 20 years (standard errors in brackets)

Dřevina ¹	Počet ² /ks.ha ⁻¹	Výčetní průměr ³ /mm	Kruhová ⁴ zákl. /m ²	Pokryvnost korun ⁵ /%	Výška ⁶ /cm
Bříza ⁷	2 800 (282)	47,4 (4,8)	5,91 (1,5)	82 (31)	390 (118)
Jeřáb ⁸	4 100 (332)	25,7 (3,1)	2,80 (0,3)	41 (9)	287 (125)
Modřín ⁹	1 900 (173)	101,4 (16,5)	17,79 (5,1)	109 (28)	591 (176)
Smrk ¹⁰	3 200 (489)	44,0 (6,0)	5,90 (1,9)	80 (29)	295 (116)
Kleč ¹¹	x	x	x	x	227 (20)

Note: ¹tree species, ²plantation density, ³diameter at breast height, ⁴basal area, ⁵crown cover (canopy), ⁶height, ⁷birch, ⁸rowan, ⁹larch, ¹⁰spruce, ¹¹mountain pine

**Obr. 2.**

Výsledky ambulantního měření závislosti hmotnosti sněhové pokrývky na její výšce ze dne 19. 1. 2006 na TVP Lesní bouda
Relation of snow height to its weight measured on January 19, 2006 on the Lesní bouda research plot

**Obr. 3.**

Průměrné hodnoty hustoty sněhu v zimní sezoně 2007/2008 na TVP Lesní bouda
Mean snow densities in the winter period 2007/2008 (Lesní bouda research plot)

Tab. 2.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2004/2005 (TVP Lesní bouda)
Snow characteristics in winter period 2004/2005 (Lesní bouda research plot)

Datum ¹		1.12.2004		16.12.2004		13.1.2005		1.2.2005		15.2.2005		28.2.2005		29.3.2005		11.4.2005	
Variant ²																	
Bříza ³	cm	41	a	38	a	83	ab	151	a	173	ab	162	a	140	a	92	a
	Sx	7,3		5,1		7,5		6,6		14,7		27,3		7,1		6,8	
Jeřáb ⁴	cm	45	ab	46	ab	94	b	168	ab	199	bc	216	b	174	b	131	b
	Sx	5,5		4,9		5,8		12,1		9,7		19,8		10,2		12,8	
Kleč ⁵	cm	69	c	62	bc	105	bc	156	a	170	a	187	ab	133	a	89	a
	Sx	6,6		5,1		8,4		3,7		8,4		10,8		2,4		3,7	
Modřín ⁶	cm	48	ab	44	ab	91	b	204	b	207	c	264	c	229	c	180	c
	Sx	7,5		5,8		10,7		22,9		3,5		18,5		22,4		29,8	
Smrk ⁷	cm	58	b	55	b	99	b	227	bc	235	d	286	c	242	d	192	cd
	Sx	2,4		4,5		6,6		6,8		4,5		8,6		14,7		11,2	
Volná plocha ⁸	cm	51	ab	44	a	71	a	147	a	176	b	184	ab	125	a	85	a
	Sx	5,4		4,2		8,4		13,4		13,0		14,2		7,5		9,4	
MDT	°C	3,2		4,7		x		x		-3,7		-7,5		11,7		11,1	
Hustota ⁹	g.cm ⁻³	x		0,29		0,19		0,16		0,28		x		x		0,44	
Max VHS	mm	x		178 kleč		203 kleč		371 smrk		666 smrk		x		x		843 smrk	
MinVHS	mm	x		109 bříza		160 bříza		247 bříza		482 kleč		x		x		391 kleč	

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx - směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

Charakteristika průběhu sněhové pokrývky v jednotlivých letech:

• zimní období 2004/2005

Rok 2005 lze popsat jako rok s vysokou sněhovou pokrývkou. Sněžit začalo relativně brzo v listopadu a díky absenci vyšších teplot, při kterých by docházelo k intenzivnějšímu tání sněhové pokrývky, se výška sněhu během celé zimy postupně zvyšovala. Při kulminaci

koncem února průměrná výška na ploše přesáhla 200 cm. Maximální výška sněhové pokrývky byla naměřena dne 28. 2. 2005 v porostu smrku, kde dosáhla 300 cm.

Do průměrné výšky sněhové pokrývky řádově 100 cm byly zaznamenány nejvyšší hodnoty v porostu kleče, nejnižší v porostu břízy (tab. 2). Se zvětšující se výškou sněhu byla největší vrstva

sněhu naměřena ve smrku, kde dosáhla při kulminaci průměrné hodnoty 286 cm. Naopak ze sledovaných dřevin nejnížší maximální průměrná výška sněhové pokrývky byla změřena v porostu břízy – 173 cm.

Zajímavé výsledky ukazuje porovnání modelové vodní hodnoty sněhu v jednotlivých dřevinách. Maximální hodnota 843 mm byla změřena v porostu smrku, v době jarního tání dne 11. 4. 2005, při průměrné hustotě sněhu 0,439 g.cm⁻³. Ve stejném termínu byla vodní hodnota v kleči pouze 391 mm a na volné ploše 374 mm. Dvacetiletý porost smrku tak zachytil o 452 mm srážek více oproti porostu kleče a o 469 mm více oproti volné ploše. Schopnost mladého smrkového porostu akumulovat v zimním období velké množství srážek uvádí také KANTOR a ŠACH (2002) a KANTOR et al. (2007). Odtávání nejvíce záviselo na maximální akumulované sněhové pokrývce a jejím zastínění před slunečním zářením. V první fázi odtával sníh nejrychleji na volné ploše (59 cm) a v kleči (54 cm), v další fázi odtávání nebyly mezi absolutními úbytky sněhové pokrývky mezi jednotlivými variantami významné rozdíly. Díky vyšší vrstvě naakumulovaného sněhu ve smrku a modřínu však sníh pod těmito dřevinami odtával o něco déle. Z výsledků je tedy zřejmé, že využitím různých dřevin při umělé obnově kalamitních holin lze tak relativně významně v horizontu 20 let ovlivnit vodní bilanci při jarním tání.

- zimní období 2005/2006

Ke konci roku 2005 napadla vysoká vrstva sněhu, absence sněhových srážek v následném období způsobila postupný pokles výšky sněhu. Teprve v únoru 2006 se sněhová pokrývka začala postupně zvyšovat a po kulminaci v polovině února odtávala pouze pomalu až do poloviny dubna.

V této sezoně se opět nejrychleji začala vrstvit sněhová pokrývka do výšky řádově jednoho metru v porostu kleče (tab. 3). Od této doby (konec první dekády prosince 2005) dosahovala nejvyšší hodnoty sněhová pokrývka v porostu smrku. Nejvyšší hodnoty výšky sněhové pokrývky v jeřábu zaznamenané po 31. 1. 2006 byly podle našeho názoru ovlivněny převládajícím vzdušným prouděním s převládáním sněhu. Proudění bylo zpomalováno relativně vysokým sousedícím porostem modřínu a tak vznikaly sněhové návěje dosahující až k sněhoměrným latím v jeřábu. Nejvyšší výška sněhové pokrývky byla změřena v porostu smrku dne 15. 2. 2006, a to 220 cm. Nejnížší akumulace sněhové pokrývky byla zaznamenána na volné ploše a z dřevin v porostu břízy.

Proces ukládání sněhu na rozsáhlých kalamitních holinách je na rozdíl od lesních porostů výrazně ovlivňován prouděním vzduchu (KREČMER in PEŘINA et al. 1984). Dochází zde ke značné nehomogenitě sněhové pokrývky způsobené návětrnými a závětrnými polohami, terénními zlomy, valy z těžebních zbytků či pruhy starších kultur (KANTOR 1988). Kantor dále uvádí, že v důsledku odlišného intercepčního procesu sněhových srážek v dospělých smrkových a bukových porostech je výška i vodní hodnota sněhu v celém období ukládání sněhu vždy vyšší v bezlistých listnatých porostech. Tyto od našich zjištění odlišné výsledky vysvětlujeme tím, že mladé porosty ve stadiu tyčkovin nezachytí na slabých větvích srovnatelné množství sněhu s dospělými jedinci a fungují pouze jako překážka vzdušného proudění, u které se ukládá sníh.

Největší rozdíl modelových vodních hodnot sněhu byl změřen 13. dubna mezi smrskem a břízou (252 mm). Odtávání sněhové pokrývky bylo nejrychlejší v porostu kleče a břízy. Nejpomaleji odtával sníh v modřínu, kde se za stejný časový úsek snížila sněhová

Tab. 3.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2005/2006 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2005/2006 (Lesní bouda research plot)

Varianta ¹		1.12.2005		15.12.2005		4.1.2006		19.1.2006		31.1.2006		15.2.2006		13.4.2006	
Bříza ²	cm	57	a	118	a	116	b	104	a	114	ab	152	a	79	a
	Sx	2,1		2,2		9,7		4,9		3,7		6,8		7,3	
Jeřáb ³	cm	51	a	110	a	122	bc	111	a	132	b	182	b	117	b
	Sx	3,4		12,6		8,1		9,2		12,9		18,1		7,5	
Kleč ⁴	cm	78	b	130	ab	120	bc	111	a	122	ab	157	ab	84	a
	Sx	10,3		5,3		7,1		5,8		6,8		5,1		3,7	
Modřín ⁵	cm	50	a	127	ab	123	bc	115	ab	120	ab	158	ab	113	b
	Sx	2,6		3,8		14,0		11,8		11,8		10,3		16,6	
Smrk ⁶	cm	55	a	170	c	152	c	139	b	149	c	201	c	135	b
	Sx	3,7		5,5		17,2		8,0		13,2		12,4		12,6	
Volná plocha ⁷	cm	54	a	110	a	95	a	121	a	103	a	139	a	84	a
	Sx	6,8		8,3		8,3		14,8		8,3		6,6		4,9	
MDT	°C	-1,6		-1,5		-4,4				7,6		-4,3		4,3	
Hustota ⁸	g.cm ⁻³					0,275				0,457		0,268		0,450	
Max VHS	mm					418				682		539		607	
						smrk				smrk		smrk		smrk	
MinVHS	mm					319				521		408		355	
						bříza				bříza		bříza		bříza	

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

pokrývka o třetinu. Zajímavým zjištěním je to, že na volné ploše odtával sníh pomaleji než v porostu břízy a kleče. U kleče to může být způsobeno vyšší absorpcí slunečního záření tmavými výhony a jehlicemi a jejich ohříváním způsobujícím zrychlené tání sněhu, který má sám vysoké albedo v okolí jedinců kleče.

- zimní období 2006/2007

Rok 2007 lze charakterizovat jako rok s nejnižší sněhovou pokrývkou za sledované čtyřleté období. V roce 2007 napadl sníh až v lednu a při kulminaci v polovině února dosáhl pouze ca 80 cm.

I v tomto období se potvrdila nejvyšší akumulace sněhové pokrývky do hodnot kolem 1 m v porostu kleče (tab. 4). Ve výrazně na sněhové srážky chudé zimě byla zaznamenána i maximální průměrná hodnota akumulace sněhu v porostu kleče (102 cm). Maximální absolutní naměřená hodnota byla zjištěna dne 22. 2. 2007 v porostu kleče (130 cm). Největší rozdíl ve vodní hodnotě sněhu byl změřen mezi porosty smrku a břízy 28. 3. (112 mm). Odtávání sněhové pokrývky, které bylo pozorováno od měření ze dne 22. 2., bylo ovlivněno nízkou výškou nahromaděného sněhu. Nejrychleji odtával sníh v porostu kleče a v jeřábu. Nejpomaleji odtával sníh v modřinu a ve smrku.

- zimní období 2007/2008

První sněhové srážky nastaly v listopadu 2007 a přes mírné kolísání se výška sněhu udržovala stejná až do počátku dubna, kdy během krátkého období sněhových srážek nastala poměrně značná kulminace sněhu a následně rychlé odtávání.

Do konce kalendářního roku 2007, kdy se výška sněhové pokrývky pohybovala okolo 1 m, byly opět nejvyšší průměrné hodnoty měřeny v porostu kleče (tab. 5). Maximální průměrná výška sněhové pokrývky (161 cm) byla změřena v jeřábu dne 27. 3. Tomuto maximu odpovídá i maximální modelová vodní hodnota sněhu (534 mm). Největší rozdíl v akumulovaných srážkách mezi hodnocenými dřevinami byl zaznamenán 11. 4. a činil 120 mm.

Z výsledků hodnocení rychlosti odtávání je zřejmé, že v dubnu nejrychleji odtával sníh v jeřábu, kde ubylo 49 a 64 cm sněhové pokrývky. Naopak nejpomaleji se snižovala zásoba sněhu v porostu modřinu (40 cm za dva týdny) a k datu 25. 4. v bříze (48 cm). V případě modřinu se tak projevil efekt hustoty porostu s vysokou pokrývností korun, který zabraňuje pronikání slunečních paprsků. Ke srovnatelným výsledkům dospěl i FIŠERA (1991), který uvádí, že v celistvějších porostních žebrech dochází k výraznější akumulaci sněhu a zpomalení jeho odtávání, přičemž rozdíl v množství výsledné sněhové pokrývky není tak výrazný jako zpomalení odtávání, jež je zapříčiněno vyšším podílem stínu daného porostu.

Hustota sněhu závisí na poměru nově napadlého sněhu v celém profilu, na jeho slehávání a na teplotě vzduchu v periodě před provedením ambulantního měření. Ze získaných výsledků je zřejmé, že průměrná hustota sněhu se zvyšuje ke konci zimy s nárůstem teplot vzduchu, v období jarního tání a se změnou struktury sněhové pokrývky (obr. 3). Obdobné výsledky uvádí již například KANTOR (1979) z měření v dospělém smrkovém a bukovém porostu. V roce 2008 byla změřena nejnižší hodnota 8. února - 0,216 g.cm⁻³,

Tab. 4.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2006/2007 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2006/2007 (Lesní bouda research plot)

Variant ¹		26.1.2007		7.2.2007		22.2.2007		13.3.2007		28.3.2007		11.4.2007	
Bříza ²	cm	60	ab	63	ab	79	ab	70	ab	50	ab	25	b
	Sx	7,1		8,7		9,5		7,1		7,1		7,2	
Jeřáb ³	cm	57	ab	70	bc	92	ab	79	bc	69	b	22	b
	Sx	9,3		7,7		11,7		10,2		11,0		6,3	
Kleč ⁴	cm	83	b	89	c	102	bc	88	bc	67	b	37	bc
	Sx	13,1		15,1		15,5		10,0		8,1		10,0	
Modřín ⁵	cm	53	ab	65	b	81	ab	74	b	58	ab	25	b
	Sx	6,8		7,9		8,5		5,4		6,4		8,1	
Smrk ⁶	cm	62	ab	83	bc	97	b	90	c	78	bc	46	c
	Sx	7,4		19,4		16,8		13,7		23,0		22,0	
Volná plocha ⁷	cm	43	a	49	a	73	a	61	a	45	a	11	a
	Sx	8,4		9,5		9,8		7,2		8,5		8,3	
MDT	°C	-13,1		-5,1		-0,2		9,3		4,6		6,8	
Hustota ⁸	g.cm ⁻³	0,542		0,274		0,300		0,362		0,409			
MaxVHS	mm	449		244		307		324		317			
				kleč		kleč		smrk		smrk			
MinVHS	mm	287		173		236		253		205			
				modřín		bříza		bříza		bříza			

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávající statistické odlišnosti/letters show significant differences

Tab. 5.
Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2007/2008 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2007/2008 (Lesní bouda research plot)

Variant ¹	22.11. 2007	5.12. 2007	17.12. 2007	10.1. 2008	24.1. 2008	7.2. 2008	25.2. 2008	13.3. 2008	27.3. 2008	11.4. 2008	25.4. 2008
Břiza ²	61 4,9	ab 7,1	ab 6,9	90 8,9	a 7,6	ab 5,4	ab 7,3	82 8,0	a 10,0	84 6,7	37 6,7
Jeřáb ³	64 9,0	ab 9,5	b 14,3	107 12,5	b 12,6	cd 14,1	bc 15,9	cd 13,8	bc 17,7	c 13,2	48 10,0
Kleč ⁴	86 14,2	bc 112	c 98	112 17,5	b 13,3	cd 11,4	bc 11,9	c 12,0	b 147	102 11,3	45 4,5
Modřín ⁵	52 3,9	a 5,6	ab 5,2	88 8,1	ab 5,7	ab 6,1	ab 6,1	b 8,5	ab 12,9	88 7,5	35 8,1
Smrk ⁶	69 14,3	b 14,6	b 19,2	120 13,0	b 16,6	ab 5,4	b 21,0	bc 22,0	b 22,3	104 21,8	52 12,3
Volná plocha ⁷	51 8,8	a 11,4	a 10,1	78 7,8	a 8,7	a 8,9	a 9,6	a 7,8	a 9,9	a 7,6	19 8,1
MDT	1,8	-0,5	-5,9	0,3	1	-0,2					
Hustota ⁸	0,306	0,313	0,306	0,216	0,363	0,360	0,331	0,436			
Max VHS	342	kleč	305	kleč	367	kleč	320	402	534	486	
Min VHS	224	modřín	200	modřín	269	břiza	216	295	426	366	

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

kdy byl zaznamenán výrazný nárůst výšky sněhové pokrývky (velká část profilu čerstvý sníh) a maximální denní teplota v den odběru činila pouze $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zajímavé je i to, že v tomto období v důsledku charakteru počasí byla významná část sněhových srážek zachycena v korunách smrků, průměrná výška sněhové pokrývky tak odpovídala hodnotě březového porostu. Projevil se tak efekt intercepce srážek, o kterém hovoří například KREČMER (1971). Ten uvádí, že dospělý smrkový porost zadrží v korunách zhruba 40 % množství nového sněhu. Naopak nejvyšší hustota sněhu byla změřena v době jarního tání 11. dubna - $0,436\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Před tímto termínem se již vyskytovaly relativně vysoké denní teploty vzduchu.

ZÁVĚRY

Z porovnání ukládání sněhové pokrývky v hřebenové partii modelové horské oblasti Krkonoš (1 080 m n. m.) v dvacetiletých porostech smrku ztepilého, břízy, modřinu opadavého a borovice kleče vyplývá, že:

- se začátkem ukládání sněhové pokrývky (řádově do výšky sněhu ca 1 m) byly za celé sledované období zaznamenány nejvyšší průměrné výšky sněhu v porostu kleče. Vystoupavé husté větve kleče v prvních fázích zimy zachycují sníh a zvyšují tak jeho zásobu na dané ploše. Nárůst výšky a hmotnosti sněhu v dalším období větve stlačuje a porost kleče z hlediska ukládání sněhu vykazuje spíše charakter porostu břízy či „volné plochy“, kde se akumuluje nejmenší zásoba sněhu.
- absolutně největší množství sněhové pokrývky zachycuje tyčkovina smrku ztepilého. Je to dáno výškou porostu, pokrývností v zimě olistěných korun a tvorbou návějí kolem jedinců smrku. Rozdíly ve výšce sněhové pokrývky vznikají klimatickými situacemi a zejména prouděním vzduchu v porostu.
- v tyčkovině smrku ztepilého se ukládá prokazatelně větší množství sněhové pokrývky oproti porostu břízy.

Při sledování rychlosti tání sněhové pokrývky v různých dřevinách a na holině bylo pozorováno, že:

- tání výrazně ovlivňuje absolutní množství akumulované sněhové pokrývky, její kvalita a struktura a průběh počasí (přístup tepla, slunečního záření a výskyt kapalných srážek). Přímá závislost na druhu dřeviny nebyla nalezena.

Z výsledků porovnání vodní hodnoty sněhu v závislosti na vysazené dřevině po 20 letech růstu na horské kalamitní holině vyplývá, že:

- dvacetiletá tyčkovina smrku ztepilého dokáže v období jarního tání v hřebenové partii Krkonoš dočasně zadržet až o 400 mm srážek více oproti stejné starému porostu kleče, břízy a holině se sukcesí.

Z porovnání hustoty sněhu v daných podmínkách se potvrdily výsledky mnohých autorů, že:

- hustota sněhu kolísá v závislosti na vývoji meteorologických podmínek a maximálních hodnot dosahuje v období tání.

Každá zima má jiný charakter, proto se v porostech různých dřevin projevuje rozdílným způsobem. V horském prostředí modelové oblasti Krkonoš v nadmořské výšce nad 1 000 m hraje zpočátku roli zejména mikrorelief terénu a proudění vzduchu – vítr. Teprve v průběhu odrůstání dřevin a jejich porostů dochází na rozsáhlé imisní holině k odstupňované diferenciaci v ukládání a tání sněhu podle charakteru dřevin, včetně srážek usazených. S ohledem na vrůst, hustotu a poškození mladých porostů se mění ukládání, přemísťování (odvívání) a tání sněhu během zimy a odráží se ve výšce sně-

hové pokrývky, její struktuře, souhrnně vyjádřené hustotou sněhu, a ve vodní hodnotě (water equivalent) sněhové vrstvy. Tato diferenciacie pak umožňuje zploštění a prodloužení hydrogramu jarního tání z kalamitních ploch, ať se jedná o tání radiční, advektivní či smíšené. Druhovú diverzitu lesních porostů na imisní holoseči i při věkové stejnorodosti tak může lépe kontrolovat ochranu níže položené krajiny před povodňovými epizodami i erozí půdy a zároveň poskytuje i lepší ochranu kvantity (i kvality) vodních zdrojů pro epizody sucha v pozdním jarním a začínajícím letním období.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci poskytnuté institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků jako výsledek řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BRECHTEL H. M. 1970. Die Wasserwirtschaftliche Bedeutung des Waldes. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 15: 78-80.
- FIŠERA J. 1991. Vliv ekologických žeber na ukládání sněhu a snížení vlivu mrazu na lesní kultury. *Lesnická práce*, 70: 274-277.
- JOST G., WEILER M., GLUNS D. R., ALILA Y. 2007. The influence of forest and topography on snow accumulation and melt at the watershed-scale. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, 347: 101-115.
- KANTOR P. 1979. Vliv druhové skladby lesních porostů na ukládání a tání sněhu v horských podmínkách. *Lesnictví*, 25: 233-252.
- KANTOR P. 1988. Vliv sněhové pokrývky na hydrickou účinnost horských imisních oblastí. *Práce VÚLHM*, 72: 9-36.
- KANTOR P., KARL Z., ŠACH F. 2007. Water regime of a zouny mountain spruce and beech stand in extreme winter 2005/2006. In: *Obhospodarovanie lasa v meniacich sa podmienkach prostredia*. Zvolen, s. 17-24.
- KANTOR P., ŠACH F. 2002. Snow accumulation and melt in a spruce stand and on a clearcut in the Orlické hory Mts (Czech Republic). *Ekológia (Bratislava)*, 21, Supplement 1: 122-135.
- KREČMER V. 1971. Mikroklimatický a vodní režim obnovných sečí ve smrkových porostech středohorské oblasti Orlických hor. *Dílčí závěrečná zpráva. Jiloviště-Strnady, VÚLHM*.
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovných sečích v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ: 63-68.
- KRIEGL H. 1995. Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. *Práce VÚLHM*, 80: 53-63.
- LOKVENC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNP; Opočno, VÚLHM-VS: 111 s.
- PEŘINA V. et al. 1984. Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi. Praha, Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství: 173 s.
- WODZNAK Z. 1988. Vliv odlesnění na změny hydrologického režimu v Krkonoších a Jizerských horách. In: *Kolektiv: Vodohospodářské důsledky imisní kalamity v Jizerských horách. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS*: 117-121.

DISTRIBUTION OF SNOW COVER IN RELATION TO TREE SPECIES PLANTED IN CLEARING DUE TO SALVAGE CUTTING IN SUMMIT MOUNTAIN LOCATION

SUMMARY

Climatic conditions on the large clear-cut areas which originated in the air pollution – ecological catastrophe during 1980s - 1990s in the mountain areas of the Czech Republic - were completely changed compared to forest stands. Changes occurred in the accumulation and melting regime of snow as well. The question is how can young forest stands composed of different species influence snow deposition and melting under conditions of large clearings. The study was conducted on the research plot of Lesní bouda situated in the summit part of the Krkonoše Mts. (1,080 m a. s. l., acidic spruce forest site type). The plot was established in 1986 within the extensive clear-cut area after the spruce forest was logged over. Strips 10 m wide and ca 150 m long oriented to NW planted with mountain pine, birches, Norway spruce, European larch and rowan were established in 1986 to 1987. In 2004, 10 snow stakes to measure snow height were placed in transects of each tree species. Series of 10 stakes was placed to the nearby open area with rare succession of spruce (control). Snow heights were measured for four years in 14-day intervals; in every term one sample of snow horizon was taken to define actual snow density and snow water equivalent. In January 2006, a transect investigation of snow density across tree species was done.

According to the results of the four-year observation can be stated, that in the first phase of snow accumulation (to the height of ca 1 m), the highest snow layer was accumulated in the mountain pine forest stand. Branches of the pine are catching snow and help to increase the snow reserve. Higher height and weight of snow in the next time press the branches and thereafter snow regime in mountain pine forest stand has character of birch stand or free area with minimal height of snow. The absolutely highest layer of snow was found in the spruce stand, which was the consequence of the height of the stand, character of the evergreen crowns and formation of the snow drifts behind them. There was significantly more snow in spruce forest stand compared to birch stand. Snow melting is connected with absolute height of the snow cover, its quality, structure and run of the weather; linear dependence on the tree species was not found. In a period of spring melting twenty-year-old Norway spruce forest stand can temporarily retain up to 400 mm more water compared to equally old stand of mountain pine, birch and free area with succession vegetation. Species diversity of the young forest stands on the former large clear-cut areas can, despite age homogeneity, help to control protection against flood and erosion and spring outflow quality and quantity.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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

VÝSLEDKY FENOTYPOVÉHO ŠETŘENÍ V POROSTECH DOMÁCÍCH DRUHŮ DUBU (*QUERCUS* SPP.)THE RESULTS OF PHENOTYPIC EXAMINATION IN AUTOCHTHONOUS OAK SPECIES (*QUERCUS* SPP.) STANDSVÁCLAV BURIÁNEK¹⁾ – PETR NOVOTNÝ¹⁾ – MARIE BENEDÍKOVÁ²⁾¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady²⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice

ABSTRACT

There are presented results of realized phenotypic evaluation in the forest stands with autochthonous oak species in this paper. Tree height, stem height without crown, breast height diameter, stem and crown health status, stem form, stem transection and sinuosity, type of branching, ability to sprouting capacity, and thickness of main crown branches were measured and assessed. For observed data, the basic statistic characteristics were accounted and obtained results were synthetically compared.

Klíčová slova: dub letní, zimní, pýřitý, cer, mnohoplodý, žlutavý, jadranský, fenotypové šetření, hodnocení, proměnlivost

Key words: pedunculate, sessile, pubescent, Turkey, polycarp, dalechamp, virgilian oaks, phenotypic examination, evaluation, variability

ÚVOD

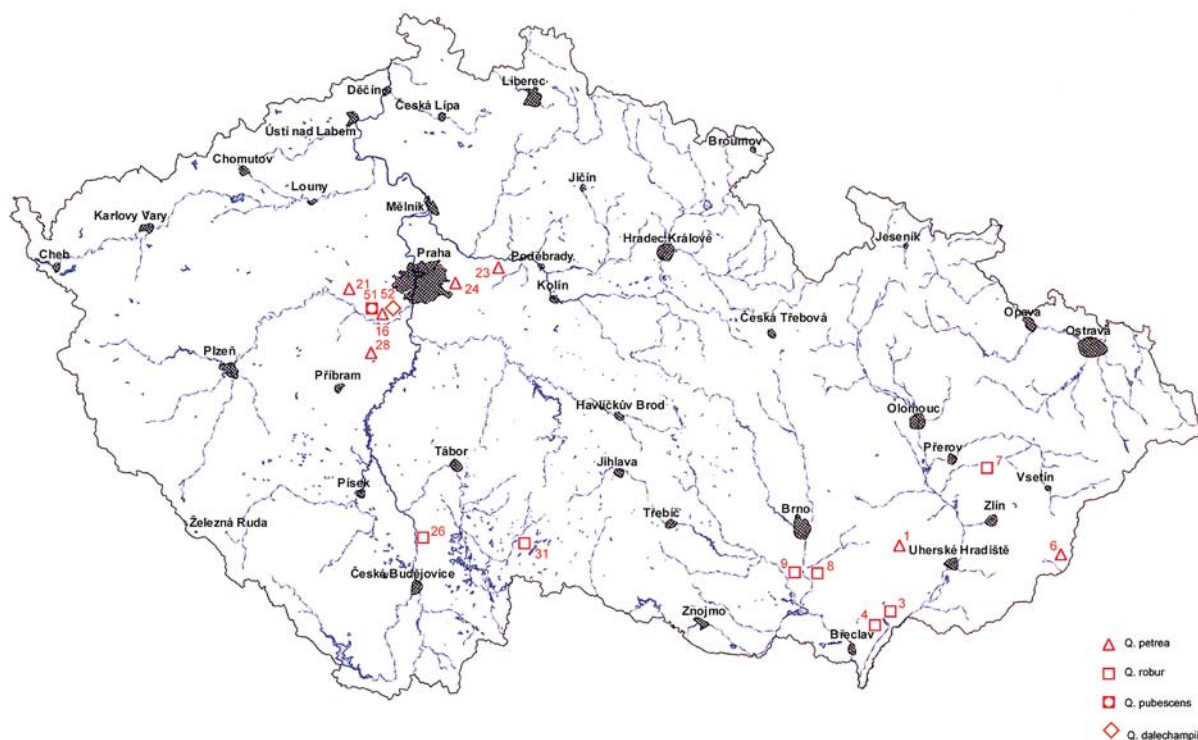
Duby dnes zaujímají v ČR 6,7 % porostní plochy, avšak jejich rekonstruované přirozené zastoupení je odhadováno na 19,4 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2007). Jde o vůdčí dřeviny prvních dvou lesních vegetačních stupňů (LVS), avšak na příhodných stanovištích vystupují i výše. Celkem bylo na našem území zjištěno osm původních druhů. Některé tzv. drobné a vzácněji se vyskytující druhy jsou však obtížně určitelné, a proto bývají většinou přehlíženy. V přírodě se navíc mezi sebou někdy spontánně kříží, zejména v rámci jednotlivých sekcí, a řada jedinců pak vykazuje intermediární znaky, což ještě více komplikuje jejich přesné určení (KOBLIŽEK 1990). V lesnické praxi nebyly donedávna důsledně rozlišovány ani dub letní a dub zimní.

Dub letní (*Quercus robur* L.) má rozsáhlý areál zaujímající téměř celou Evropu s výjimkou chladného severovýchodu, jižní poloviny Pyrenejského poloostrova a téměř celého Řecka. Těžiště rozšíření leží v nižších polohách, především v LVS 1. Souvislejší a téměř čisté porosty se u nás tvoří hlavně v lužních lesích (Polabí, Moravské úvaly) a také v jihočeských pánvích. V lužních oblastech je někdy pěstován kvalitní ekotyp či poddruh s mohutným vzrůstem, rovným hladkým kmenem a jemnými větvemi vyrůstajícími pod ostrým úhlem, známý jako dub slavonský (*Q. robur* ssp. *slavonica*), pocházející z povodí řeky Sávy v Chorvatsku. Výškové maximum výskytu v ČR je 950 m n. m. (pohoří na Šumavě v Novohradských horách). Dub letní je světlomilná a teplomilná dřevina s velkou ekologickou amplitudou přizpůsobená oceánickému i kontinentálnímu klimatu, avšak poněkud citlivá k pozdním mrazům. Slabší zastínění snese jen v mládí. Optimum výskytu má na půdách minerálně bohatých, těžších, hlinitých až jílovitých, humózních, čerstvě vlhkých až mokřích. Dobře snáší i občasné zaplavování. Na minerální živiny je sice náročnější než dub zimní, ale i on dokáže růst na chudších, kyselých a sušších půdách na svazích v pahorkatinách, společně

s dubem zimním. Není však vhodný na příliš vysychavá stanoviště, kam bývá někdy nesprávně vysazován a kde v suchých letech ztrácí vitalitu, chřadne a prosychá. Lužní ekotyp pak nesnáší sušší stanoviště a trvale sníženou hladinu podzemní vody vůbec. Vzhledem k pozdějšímu rašení je i méně citlivý k pozdním mrazům.

Dub zimní (*Q. petraea* /MATTUSCHKA/ LIEBL.) má obdobný areál jako dub letní, avšak nezasahuje tak daleko na východ. V ČR je nejvíce rozšířen na sušších svažitých terénech a plošinách v pahorkatinách s těžištěm zhruba v LVS 2, tedy výše než dub letní. V lužních oblastech prakticky chybí. Výškové maximum v ČR je 850 m n. m. (Blanský les, Ptačí stěna na Bulovém). Dub zimní roste na kyselých i bazických horninách na propustných, čerstvě vlhkých až suchých půdách, často i na velmi chudých substrátech. Má menší nároky na minerální bohatost a hloubku půdy než dub letní. Dokáže se přizpůsobit i mělkým kamenitým půdám, kde dosahuje jen zakrslého vzrůstu. Je to typická světlomilná a teplomilná dřevina, přizpůsobená nižším letním srážkám. Roste ještě i v oblastech, kde roční srážkový úhrn nepřesahuje 300 mm. Nesnáší mokré a oglejené půdy.

Dub pýřitý (šipák) (*Q. pubescens* WILLD.) je představitelem teplomilného druhu s hlavním areálem ve vyšších polohách jižní Evropy a Malé Asie. Na našem území se vyskytuje pouze ostrůvkovitě v nejteplejších oblastech (hlavně jižní Morava, Český kras, České středohoří), kde je složkou teplomilných doubrav. Vyskytuje se zde převážně v hospodářsky málo významných ochranných lesích lesostepního charakteru, často jednotlivě nebo v malých porostech zakrslého vzrůstu s nízkým zakmeněním. Výškové maximum v ČR je 470 m n. m. (České středohoří, Lovoš). Je u nás rozšířen na výslunných svazích nebo na extrémních mikrolokalitách na hranách kopců, nejčastěji na mělkých, kamenitých a vysychavých půdách. Na jižní Moravě roste i na hlubších půdách, např. na spraších. Je dřevinou bazických geologických podkladů, na rozdíl od dubu zimního neroste na extrémně kyselých půdách se surovým humusem. Vyznačuje se značnou odolností vůči suchu (BURIÁNEK 2004).



Obr. 1.

Lokalizace porostů dubu, ve kterých bylo uskutečněno fenotypové šetření
Oak stands localities, where the phenotypic examination was realized

Z dalších druhů dubů se na našem území vyskytují dub žlutavý (*Q. dalechampii* TEN.), dub mnohoplodý (*Q. polycarpa* SCHUR), dub cer (*Q. cerris* L.), dub jadranský *Q. virgiliana* (TEN.) TEN. (foto 1 až 4) a velmi vzácně též dub uherský *Q. frainetto* TEN.

CÍL PRÁCE

U domácích druhů dubu se obecně předpokládala genetická diverzita dílčích populací, která by se spolu s faktory prostředí měla teoreticky odrážet v jejich fenotypu. Uvažovala se i případná existence cenných dílčích populací dubů, jejichž reprodukce by mohla být ohrožena. Cílem bylo získat prvotní údaje o variabilitě dubů na našem území na základě fenotypových šetření a biometrických měření ve vybraných porostech a v bioskupinách, doplnit je taxačními a stanovištními údaji a vyhodnotit proměnlivost vybraných populací pomocí statistického zpracování kvalitativních a kvantitativních charakteristik. Získané výsledky jsou podkladem pro další fáze výzkumu (založení a hodnocení výzkumných provenienčních ploch) i pro praktická opatření na záchranu a reprodukci genetických zdrojů dubu.

MATERIÁL A METODIKA

Na základě osobních zkušeností autorů, databáze zdrojů reprodukčního materiálu, databáze genových základů, informací z pracovišť lesnického provozu, resp. ÚHÚL, ochrany přírody a krajiny, literárních podkladů aj. byl proveden výběr lokalit se soustředěným

výskytem dubu zimního, letního, šipáku a dalších méně běžných druhů, vhodných k provedení biometrických měření, fenotypového hodnocení, případně ke sběru osiva. Taxonomická determinace byla prováděna podle Květeny ČR (KOBÍLÍŽEK 1990), u obtížnějších druhů dubů byly použity i další publikace a příručky (MAGIC 1975, POŽGAJ 1985, 2004).

U našich hlavních druhů *Q. petraea* a *Q. robur* bylo hodnoceno více jedinců (tab. 2) (reprezentativní vzorek porostu). Lokalizace porostů je zachycena na mapě (obr. 1). Jejich taxační charakteristika je uvedena v tabulce 1. Nadmořská výška se pohybuje od 155 do 510 m n. m. Jsou zastoupeny nejrozličnější typy stanovišť, celkem 11 trofických řad s různým vláhovým režimem. Ve dvou případech se jedná o lužní stanoviště, jedno stanoviště je naopak xerothermní. V případech vzácnějších druhů se jednalo spíše o „bioskupiny“ menšího počtu jedinců (tab. 2). Fenotypové šetření bylo provedeno většinou v porostech, ze kterých bylo sbíráno osivo na založení provenienčních ploch. Řada lokalit s autochtonním výskytem sledovaných dřevin je významná i z hlediska zachování genetických zdrojů cenných lokálních populací. V některých případech byl v rámci programu záchranu genetických zdrojů proveden sběr reprodukčního materiálu do archivu explantátů ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Straněch.

U vybraných populací, resp. bioskupin bylo provedeno měření celkových výšek, výšek kmene (tj. od paty stromu po bázi koruny), výčetních tloušťek a hodnocení tvárnosti kmene, tvaru a velikosti koruny, typu větvení, síly hlavních větví, zdravotního stavu a dalších parametrů. Současně byly zjištěny základní taxační a stanovištní charakteristiky zkoumaných porostů.

Hodnocení kvalitativních znaků se provádělo podle následujících stupnic:

Tvárnost kmene:	1 – zcela rovný
	2 – mírně zakřivený (prohnutý)
	3 – zakřivený
	4 – křivolaký
Průřez kmene:	1 – kruhový
	2 – elipsoidní
	3 – nepravidelný
Točitost kmene:	1 – netočitý
	2 – točitý
Způsob větvení:	1 – průběžný kmen
	2 – větvení v koruně
	3 – vidličnaté
Síla hlavních větví:	1 – větve jemné (do 10 % $d_{1,3}$)
	2 – větve střední (10 - 25 %)
	3 – větve silné (nad 25 % $d_{1,3}$)
Pravidelnost koruny:	1 – koruna pravidelná
	2 – koruna jednostranná
	3 – koruna nepravidelná
Tvar koruny:	1 – kulovitá
	2 – vejčitá
	3 – válcovitá
Velikost koruny:	1 – koruna velká
	2 – koruna střední
	3 – koruna malá
Výmladnost kmene:	1 – bez výmladků
	2 – ojedinělé výmladky
	3 – hojně výmladky
Zdravotní stav kmene:	1 – zdravý
	2 – boulovitost, hniloba
	2 – mechanické vady
Zdravotní stav koruny:	1 – zdravá
	2 – slabě prosychající
	3 – silně prosychající
Stromová třída:	1 – strom předrůstavý
	2 – úrovňový
	3 – podúrovňový
	4 – potlačený
Zápoj:	1 – korunový dotyk z jedné strany
	2 – ze dvou
	3 – ze tří
	4 – ze čtyř stran

**Foto 1.**

Quercus dalechampii. Újezdsko, původně LS Buchlovice, porost 724 D13, výčetní průměr 33 cm, výška stromu 16 m

Quercus dalechampii. Újezdsko, formerly forest district Buchlovice, stand no. 724 D13, D.B.H. 33 cm, tree height 16 m

**Foto 2.**

Quercus cerris. LZ Židlochovice, polesí Valtice

Quercus cerris. Forest enterprise Židlochovice, forest district Valtice

Vzájemné kvalitativní srovnání lesních porostů a bioskupin dubů na základě realizovaných fenotypových šetření bylo provedeno posouzením těch znaků, které přes rozdílný věk jednotlivých porostů toto srovnání alespoň částečně umožňují (tab. 4). Pro komparaci byly využity vybrané kvalitativní znaky. Míra přítomnosti určité sledované vlastnosti je vyjádřena číslem třídy od 1 až do 4, přičemž z lesnického hlediska nejpříznivější je vždy fenotypová třída 1. Ve třídě 1, tj. u lesnické nejpříznivější klasifikace, je procentický podíl násoben koeficientem „0“, v každé další vyšší třídě pak koeficienty „1“ až „3“. Rozdílný počet stromů hodnocených v jednotlivých porostech je eliminován postupem klasifikace procentických podílů jednotlivých tříd daných znaků. Výsledkem hodnocení je sumární součet procentických podílů všech tříd daného znaku po vynásobení příslušnými koeficienty, ve druhé fázi

pak i suma těchto součtů pro všechny použité fenotypové znaky. Lze tedy porosty vzájemně porovnávat jak na úrovni jednotlivých znaků, tak i celkově jako samostatné jednotky, přičemž čím nižší je hodnota každého součtu, tím je porost z hospodářského hlediska díky svému fenotypovému projevu hodnotnější, viz též BURIÁNEK et al. (2004).

VÝSLEDKY

Výsledky fenotypového šetření dubu v bioskupinách jsou uvedeny v tabulce 2, v porostech v tabulkách 3 a 4, ve kterých je zachyceno komparativní porovnání jednotlivých porostů.



Foto 3.

Quercus polycarpa. Újezdsko 3, původně LS Buchlovice, porost 724 D13, výčetní průměr 43 cm, výška stromu 16 m

Quercus polycarpa. Újezdsko 3, formerly forest district Buchlovice, stand no. 724 D13, D.B.H. 43 cm, tree height 16 m



Foto 4.

Quercus virgiliana. LZ Židlochovice, polesí Valtice, porost 706 E11, výčetní průměr 50 cm, výška stromu 20 m

Quercus virgiliana. Forest enterprise Židlochovice, forest district Valtice, stand no. 706 E11. D.B.H. 50 cm, tree height 20 m

A. Bioskupiny

Dub pýřitý (*Quercus pubescens*)

Byly studovány populace dubu pýřitého na LZ Židlochovice a LS Bučovice, kde se uvedený druh nachází ve větších skupinách (tab. 2). Při výběru bioskupiny bylo podle možností přihlédnuto ke struktuře porostu, aby byly zachyceny i přechody do lesostepi.

V oboře Bulhary bylo proměřeno 5 bioskupin na mírném západním a jihozápadním svahu. Duby dosáhly v průměru výčetní tloušťky 17,7 cm (min. 13, max. 25 cm), výšky 11,0 m (5 až 13 m) a délky kmene 6,7 m (2 až 9 m). Při posuzování způsobu větve-

ní převládalo hodnocení větvení v koruně (72 %), vidličnatost byla pozorována u 24 %, u dvou stromů byl kmen průběžný. U parametru tvárnost kmene převládá ze 48 % kmen prohnutý (mírně zakřivený), 28 % kmenů je rovných a 24 % křivých. Po zdravotní stránce byly kmeny většinou hodnoceny jako zcela zdravé, jen u dvou jedinců jako slabě poškozené.

Na lokalitě Němčičky roste dub pýřitý skupinovitě na hraně kopce a na jižních prudkých svazích, kde přechází zhruba v 280 m n. m. do lesostepi. Rozvolněný porost je původem pařezina s podrostem keřů až 5 m vysokých se zmlazením jasanu a javoru babyky. Proměřeno a zhodnoceno zde bylo 5 bioskupin 10 stromů (tab. 2). Duby zde dorůstaly do průměrné výšky 11,1 m (od 6 do 16 m) s délkou kmene 6,7 m (3 až 10 m) a výčetní tloušťkou 19,3 cm (12 až 29 cm). V hodnocení způsobu větvení opět převládalo větvení v koruně (74 %), vidličnaté větvení bylo zjištěno u 20 %. Kmen byl převážně křivý (44 %), ze 30 % prohnutý (mírně zakřivený) a z 26 % rovný, zdravý. Koruna byla klasifikována jako středně velká, slabě prosychající.

V NPR Pouzdřany-Kolby roste na horní části svahu v 300 m n. m. dub šipák spolu s dubem zimním, stromy na okraji lesa a solitéry ve svahu Pouzdřanské stepi byly určeny jako dub jadranský. Také zde se jedná o bývalou pařezinu s hojně vyvinutým keřovým patrem se segmenty společenstev dubo-habrového lesa a na stinném svahu s přechody do LVS 2. Proměřeny zde byly tři bioskupiny dubu pýřitého (tab. 2). Průměrná výčetní tloušťka byla 19,6 m, celková výška 9,2 m, výška kmene 4,2 m.

Převládajícím společenstvem na lokalitě Dražůvky je buková doubrava (SLT 2H), s převahou strdivky jednokvěté (*M. uniflora*), západní část je tvořena dřínovou doubravou s dominantní třemdavou bílou (*D. albus*). Pozornost byla zaměřena na porost pařezinového původu na prudkém jižním svahu v 270 až 310 m n. m. Dub šipák se zde vyskytuje společně s dubem zimním (v horní části) a dubem letním. Zastoupeny jsou zde také jeřáb břek, jeřáb oskeruše, trnovník akát, javor babyka a borovice černá. Změřeno a zhodnoceno zde bylo 21 stromů dubu pýřitého o průměrné výšce 11,2 m (min. 5, max. 14 m), délce kmene 6,1 m (4 až 9 m) a výčetní tloušťce 24,2 cm (6 až 37 cm). Převládalo větvení v koruně, kmen byl převážně prohnutý (mírně zakřivený), u 7 jedinců rovný. Stromy byly zdravé s větším množstvím kmenových výstřelků.

Žerotín je dosud jediná nalezená lokalita v Bílých Karpatech, kde se dub pýřitý uchoval do dnešní doby. Jedná se o plochý vrcholek výběžku tohoto pohoří, kde šipák tvoří uvolněné skupiny připomínající lesostep. Zbytky řídkého porostu, kde většina stromů roste jako solitéry, patří městu Strážnice. Na lokalitě roste dub pýřitý jednotlivě roztroušeně spolu s dubem letním. Byl určen také jeden exemplář dubu jadranského, znaky dalších dvou stromů ukazují na křížence těchto druhů. Bylo změřeno a zhodnoceno celkem 16 stromů o průměrné výšce 9,3 m (od 5 do 12 m), délce kmene 3,8 m (2 až 5 m) a výčetním průměru 33,6 cm (16 až 60 cm).

V CHKO Pálava byly jednotlivé stromy dubu pýřitého sledovány pod vrchem Děvín v 450 až 500 m n. m. Na jižně orientovaném svahu v extrémně vysychavých polohách s velmi mělkými rendzínami roste jednotlivě dub pýřitý spolu s dubem jadranským. Velmi dobře se zde zmlazují jasan a javor babyka. Porostním útvarům jsou pravidelně bývalé pařeziny a výstavky, které jsou obnovovány většinou holosečně. Převládající keřovitý růst obou těchto druhů neumožňuje běžně používané hodnocení podle uvedené metodiky, proto byly u jednotlivých stromů měřeny pouze výčetní tloušťka a výška, z fenotypových znaků se hodnotil pouze zdravotní stav kmene a koruny. Sledováno bylo 22 jedinců dubu pýřitého, kdy prů-



Foto 5.

Quercus dalechampii × *polycarpa*. Újezdsko, původně LS Buchlovice, porost 724 D13, výčetní průměr 24 cm, výška stromu 14 m
Quercus dalechampii × *polycarpa*. Újezdsko, formerly forest district Buchlovice, stand no. 724 D13, D.B.H. 24 cm, tree height 14 m

měrná výčetní tloušťka byla 17,5 cm (7 až 34 cm), průměrná výška 5,7 m (4 až 9 m). Kmen byl u všech sledovaných stromů zdravý, koruna slabě prosychala jen u dvou jedinců.

Populace dubu pýřitého byla studována ještě na lokalitě Boubová v Českém krasu (viz část B).

Dub cer (*Quercus cerris*)

Bioskupiny na polesí Valtice se nacházejí v 82letém porostu (původní pařezina, lesní typ 1S1) o výměře 0,72 ha, kde je cer zastoupen 98 % a borovice lesní 2 %. Dub cer se zde hojně zmlazuje. Duby dosahují průměrné výčetní tloušťky 29,2 cm (min. 18, max. 68 cm), výšky 17,2 m (11 až 21 m) a délky kmene 9,96 m (3 až 13 m). Průměrné hodnoty podle jednotlivých bioskupin udává tabulka 2. Převládalo větvení v koruně (84 %), vidličnatých bylo 14 % stromů, pouze jeden strom měl průběžný kmen. U 44 % stromů byl kmen zcela rovný, u 36 % prohnutý a u 20 % křivý. Kmeny byly v 64 % zcela zdravé, ve 30 % slabě a v 6 % silně poškozené, přitom poškození mrazovou kýlou se zde projevilo u 12 % stromů. Hojně se vyskytovaly výstřelky na kmeni u 22 %, ojedinelé u 66 % a zcela bez výstřelků bylo 12 % stromů. Převládala koruna střední velikosti (58 %), pravidelná (44 %), slabě prosychající (62 %).

Na LS Choceň bylo v sousedních porostech (lesní typ 2O₃, 250 m n. m.) měřeno a hodnoceno 30 stromů dubu ceru, který zde roste společně s dubem letním i zimním, habrem obecným, smrkem ztepilým a dubem červeným. Kromě dubu ceru se zde zmlazuje lípa, dub zimní, dub červený a habr obecný. Byla zjištěna průměrná hodnota výčetní tloušťky 41,7 cm (26 až 53 cm), výšky 28,9 m (24 až 31 m) a délky kmene 17,6 m (14 až 22 m). U 80 % stromů se vyskytovalo větvení v koruně, u 17 % vidličnatost. Při hodnocení tvárnosti byl zjištěn rovný kmen u 27 %, prohnutý u 23 % a u 50 % křivý. Výstřelky na kmeni většinou nebyly (60 %), zdravotní stav kmene byl ovlivněn vysokým i opakovaným poškozením mrazovou kýlou u 60 % stromů. Koruna byla většinou střední (57 %), pravidelná (40 %), zdravá (63 %).

V lesním celku Dolní Kapansko, revír Hodonín rostou mohutnécery v okraji porostu (SLT 2H, 2B) v 270 m n. m. Duby zde dosahovaly v průměru výčetní tloušťky 56,1 cm (min. 39, max. 76 cm), výšky stromu 24,8 m (21 až 27 m), délky kmene 13,3 m (7 až 17 m). Při posouzení způsobu větvení bylo zjištěno, že převládá větvení v koruně (91 %), vidličnatost byla zaznamenána jen u tří stromů. Kmen byl převážně rovný (57 %), z 29 % prohnutý a ze 14 % křivý. U více než poloviny stromů bylo zaznamenáno poškození kmene mrazovou kýlou.

Dub mnohoplodý (*Quercus polycarpa*)

V porostech NP Podyjí byly podchyceny jednotlivé stromy jak na slunných horních partiích kaňonovitého údolí Dyje s častými přechody do skalních lesostepí (extrémní řada 1X, 1Z), tak i v lesích, které patří k doubravám a habrovým doubravám. Dub mnohoplodý zde dosahoval průměrné výčetní tloušťky 31,2 cm (24 – 51 cm), výšky 9,7 m (od 7 do 22 m) a délky kmene 5,2 m (3 až 14 m).

Na LZ Židlochovice, polesí Valtice (lesní typ 1S1) bylo hodnoceno 7 stromů dubu mnohoplodého a 5 stromů dubu jadranského. Z hlediska stanoviště se jedná o písčité půdy Valticka (lesní typ 1S1), kde je mimo uvedené druhy značně zastoupen a také se hojně zmlazuje dub cer. Z keřů jsou hojné druhy *Ligustrum vulgare*, *Rosa canina*, *Crataegus laevigata*, v bylinném patře převládá *Melica uniflora*. Dub mnohoplodý zde dosahoval v průměru výčetní tloušťky 36,4 cm (5 až 63 cm), výšky 16,7 m (4 až 26 m) a délky kmene 9,7 m (3 až 17 m), viz tabulku 2.

Dub žlutavý (*Quercus dalechampii*)

Zajímavou lokalitou s výskytem sledovaných druhů dubů je porost 135 C8, tzv. Popický hájek v oblasti LZ Židlochovice. Jedná se o menší les zachovaný na nejjižnějších výběžcích Jihomoravské pahorkatiny. Podobně jako v prostoru nedaleké Pouzdřanské stepi se také zde vyskytují teplomilné druhy dřevin. Při jižním okraji porostu byla změřena a zhodnocena bioskupina 15 stromů dubu jadranského a jeden dub žlutavý (tab. 2).

Q. polycarpa, *Q. dalechampii* a jejich kříženci se sledovali na lokalitě Újezdsko v jižním porostním okraji drobného lesíku v převažující zemědělské krajině, kde se na překryvech sprašových hlín výrazně uplatňuje xerotermní charakter vegetace se společenstvy teplomilných dubů. Podle dosavadních poznatků patří tato lokalita na přechodu Hornomoravského úvalu a předhoří Chřibů se zaznamenaným výskytem dubu mnohoplodého, žlutavého a jejich kříženců k nejsevernějším výskytům těchto dřevin na Moravě. Porost 724 D13 je dnes v soukromém vlastnictví. Z původně vytypovaných 8 stromů byla polovina vytěžena. Proto je zde uvedeno hodnocení jen 4 stromů. Dva exempláře dubu žlutavého měly výčetní tloušťky 33 a 46 cm, výšky 14 a 16 m a délky kmene 8 a 6 m. Dub o výčetní tloušťce 24 cm, výšce 14 m a délce kmene 9 m byl určen jako kříženec dubu žlutavého a mnohoplodého (foto 5).

Populace dubu žlutavého byla studována ještě na lokalitě Boubová v Českém krasu - viz část B.

Dub jadranský (*Quercus virgiliana*)

Charakteristika lokalit na LZ Židlochovice, polesí Valtice, kde bylo hodnoceno 5 stromů dubu jadranského, je uvedena u druhu *Q. polycarpa* (lokality jsou shodné). Dub jadranský zde měl průměrnou výčetní tloušťku 37,8 cm (27 až 47 cm) a průměrnou výšku 10,4 m (7 až 16 m).

Další lokalita s 15 sledovanými stromy *Q. virgiliana* na LZ Židlochovice, polesí Židlochovice, porost 135 C8 (Popický hájek) je popsána u druhu *Q. dalechampii* (opět shodná lokalita). Duby jadranské zde dosahovaly v průměru výčetní tloušťky 22,6 cm (min. 17, max. 37 cm), výšky stromu 11,7 m (8 až 13 m) a délky kmene 6,1 m (3 až 10 m). Při posouzení způsobu větvení bylo zjištěno převládající větvení v koruně (60 %), vidličnatost byla zaznamenána jen u 2 stromů. Kmen byl převážně mírně prohnutý (47 %), ve 40 % zakřivený a 13 % jedinců mělo kmen zcela rovný. Kmeny sledovaných stromů byly až na jednu výjimku zdravé, koruny pak zdravé až slabě prosychající.

Jak již bylo řečeno u dubu pýřitého, byli v roce 2003 sledováni v CHKO Pálava pod vrchem Děvín od 450 do 500 m n. m. na jižně orientovaném svahu v extrémně vysychavých polohách s velmi mělkými rendzinami rovněž jedinci dubu jadranského. Vzhledem ke keřovitému růstu nemohla být použita shodná metodika s ostatními bioskupinami. Měřeny byly pouze výčetní tloušťka a výška, z fenotypových znaků byl hodnocen zdravotní stav kmene a koruny. Sledováno bylo 6 stromů dubu jadranského. Průměrná výčetní tloušťka byla 26,7 cm (11 až 43 cm) a průměrná výška 11,2 m.

B. Porosty

Dub zimní (*Quercus petraea*)

Měření a fenotypové hodnocení u dubu zimního bylo provedeno v sedmi vybraných porostech na lokalitách ve středních Čechách v PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras, 10 – Středočeská pahorkatina a 17 – Polabí a na jižní Moravě v PLO 38 – Bílé Karpaty a Vizovické vrchy a 36 – Středomoravské Karpaty. Jedná se o porosty se zastoupením dubu od 50 do 97 % v rámci celého porostu. Na moravských lokalitách je vysoká příměs buku. Na xerothermní lokalitě Boubová je vedle dubu zimního významné zastoupení dubu pýřitého a také dubu žlutavého. Z dalších dřevin jsou nejvíce zastoupeny habr, borovice a lípa.

Zakmenění se pohybovalo od 8 do 10, pouze porost lesostepního charakteru na lokalitě Boubová je rozvolněn se zakmeněním 4. Výrazně převažovala stromová třída 2, relativně vyšší procento podúrovňových stromů bylo na lokalitě Boubová. V kvantitativních znacích byly velké rozdíly mezi porosty v Čechách a na Moravě. Průměrné výšky se pohybovaly v Čechách od 9,0 m (Boubová) do 23,2 m (Újezd nad Lesy), průměrné výčetní tloušťky od 20,3 m (Boubová) do 35,3 m (Dřevíč). Výšky kmene byly na českých lokalitách nejvyšší na plochách Dřevíč a Mělník, zatímco na lokalitě Boubová činil průměr pouhých 4,6 m. V obou moravských porostech byly naměřené hodnoty daleko vyšší (průměrné výšky kolem 29 m, výčetní tloušťky mezi 41,3 až 44,4 cm). Také výška kmene zde byla daleko vyšší (kolem 18 až 19 m).

Pokud jde o kvalitativní znaky, nejlepší tvárnost kmene vykazovala lokalita Brumov, kde činil podíl zcela rovných kmenů přes 55 %. Naproti tomu nejhorší tvárnost byla na lokalitě Boubová, kde byl podíl zcela rovných kmenů jen 1,9 %. Nejvyšší podíl průběžných kmenů byl zaznamenán na lokalitě Karlštejn, všude však převažovalo větvení v koruně. Relativně vyšší podíl nežádoucích točitých kmenů byl zjištěn na lokalitě Újezd nad Lesy, kde byla zaznamenána také nejsilnější výmladnost kmene, která byla na většině lokalit častá. Pouze na lokalitě Brumov a Dřevíč převažovali jedinci bez výmladků. Nejčastější byly středně velké až velké vejčité a pravidelné koruny, na lokalitě Brumov a Boubová převládaly koruny jednostranné. Na lokalitě Buchlov měla polovina stromů

korunu nepravidelnou. Pokud jde o sílu hlavních větví, zcela převažovaly větve středně silné a silné, nejvyšší podíl větví silných byl zaznamenán na lokalitě Dřevíč. Největší podíl jemných větví byl na lokalitě Obora. Kromě lokality Obora byl na všech lokalitách zjištěn u vysokého procenta jedinců zhoršený zdravotní stav koruny (prosychání, defoliace). Zvláště malé procento zdravých jedinců se vyskytovalo na lokalitách Dřevíč a Boubová, na které byl i nejvyšší podíl jedinců s vadou kmene.

Dub letní (*Quercus robur*)

Fenotypové hodnocení bylo provedeno rovněž v osmi vybraných porostech dubu letního, a to na lokalitách v PLO 10 – Středočeská pahorkatina, 16 – Českomoravská vrchovina a 17 – Polabí, na Moravě pak nejvíce v PLO 35 – Jihomoravské úvaly a dále v PLO 37 – Kelečská pahorkatina. Jedná se o porosty se zastoupením dubu od 80 do 100 % v rámci celého porostu, pouze na lokalitě Hroznějovice byl dub jen skupinovitě vtroušen a převládající dřevinu představoval smrk. Příměs dalších dřevin tvořily nejvíce jasan, habr, klen, borovice, modřín, na jedné ploše i jedle.

Zakmenění se pohybovalo od 9 do 10, pouze na lokalitě Dubňany 8. Výrazně převažovala stromová třída 2, relativně vyšší procento podúrovňových stromů bylo na lokalitě Hroznějovice. Relativně vysoké procento předrůstavých stromů (18,3) bylo na lokalitě Kersko. Průměrné výšky se pohybovaly od 25,1 m (Moravský Krumlov) do 37,8 m (Kolence), průměrné výčetní tloušťky od 39,2 cm (Hroznějovice) do 72,1 cm (Kolence). Výšky kmene se pohybovaly od 13,6 m (Hroznějovice) do 20,3 m (Kolence).

Tvárnost kmene byla kromě lokality Moravský Krumlov výrazně lepší na všech moravských lokalitách. Nejlepší tvárnost vykazovala lokalita Dubňany, kde činil podíl zcela rovných kmenů 60 %. Naproti tomu nejhorší tvárnost byla na lokalitě Kersko, kde dosáhl podíl zcela rovných kmenů 20 %. Nejvyšší podíl průběžných kmenů byl zaznamenán na lokalitě Hroznějovice, zatímco na lokalitách Kersko a Kolence převažovalo nežádoucí vidličnaté větvení, kde byl zaznamenán i relativně vyšší podíl točitých kmenů. Ve výmladnosti kmene byly zjištěny značné rozdíly, nejsilnější byla zaznamenána na lokalitě Hroznějovice, zatímco v nejstarším porostu na lokalitě Kolence byla minimální. Nejčastější byly středně velké vejčité koruny. Na lokalitě Červené domky převládaly koruny malé. Pokud jde o sílu hlavních větví, zcela převažovaly větve středně silné a silné, nejvyšší podíl větví silných byl zaznamenán na lokalitě Kersko. Největší podíl jemných větví byl na lokalitě Dubňany. Na značném procentu lokalit byl u mnoha jedinců zaznamenán zhoršený zdravotní stav koruny (prosychání, defoliace). Zvláště špatný zdravotní stav vykazovaly lokality Červené domky a Horní Les, kde byl minimální podíl zdravých jedinců.

DISKUSE

V ČR byla v minulosti lesnickému výzkumu dubu věnována jen minimální pozornost, protože v rámci bývalého Československa byla tato problematika řešena především na Slovensku. Až v roce 1986 byl zahájen provenienční výzkum dubu založením pěti provenienčních ploch s dubem letním a zimním, které byly již několikrát změřeny a vyhodnoceny (BENEDÍKOVÁ 2000, 2003). Tato série byla v letech 2006/7 doplněna o další čtyři plochy, na nichž byly kromě dvou hlavních druhů vysazeny také další tzv. drobné vzácnější domácí druhy, které byly do té doby zcela opomíjeny a o jejichž

rozšíření, variabilitě a šlechtitelských a genetických aspektech jsou proto dosud jen zcela nedostatečné informace. K výraznému posunu dochází až od konce 90. let minulého století. V posledních letech byly získány a publikovány některé poznatky týkající se problematiky určování druhů a nutnosti jejich diferenciaci při obnově lesních porostů (ŠINDELÁŘ, HYNEK 2000, BENEDÍKOVÁ, BERANOVÁ 2003). Před několika lety bylo též provedeno přezkoušení druhové čistoty uznaných porostů dubu fenotypové třídy A (BENEDÍKOVÁ, BURIÁNEK, KYSELÁKOVÁ 2006).

V minulosti nebyly v ČR provedeny žádné studie týkající se fenotypové proměnlivosti dubu. Až v posledních letech se touto problematikou včetně dosud málo známých drobných druhů v rámci agregátu dubu zimního začal zabývat Matula, který publikoval porovnání charakteristik kmene dubu žlutavého a mnohoplodého (MATULA 2004). Později podrobně zhodnotil populace taxonů rodu *Quercus* v přírodních rezervacích Školního lesního podniku Křtiny a zpracoval i novou metodiku na rozlišování dubů *Q. dalechampii* a *Q. polycarpa* na základě znaků na listech (MATULA 2007).

Daleko větší pozornost je výzkumu dubů včetně taxonomie věnována na Slovensku, kde se problematice dubů dlouhodobě věnuje zejména POŽGAJ (1985, 2004), který se rovněž zabýval jejich proměnlivostí a ekologií (POŽGAJ, HORVÁTOVÁ 1986). Významné, zejména z hlediska taxonomie a determinace drobných druhů jsou také práce Magice (MAGIC 1974, 1975), který vytvořil praktickou názornou příručku k určování druhů Slovenska (MAGIC 2002).

V evropském měřítku je problematika genetických zdrojů dubu, jejich ochrany a reprodukce náplní pracovní skupiny „Standforming Broadleaves“ (Porostotvorné listnáče) v rámci mezinárodního programu na ochranu genových zdrojů lesních dřevin EUFORGEN, který je koordinován organizací Biodiversity International v Římě.

V roce 2001 byly zpracovány evropské strategie ochrany genových zdrojů dubu in situ (BONFILS, ALEXANDROV, GRAČAN 2001) a ex situ (BORDACS, SKRØPPA 2001), kde byl zhodnocen současný stav genetických znalostí a cíle a možnosti ochrany genetických zdrojů dubu. Rovněž byly publikovány technické směrnice pro ochranu a využívání genových zdrojů dubu letního a zimního (DUCOUSSO, BORDACS 2004), které jsou určeny především praktickým lesním hospodářům. Morfologickému rozlišování dubů se věnovali zejména v Německu (AAS, FRIEDRICH 1991). Genetická inventarizace populací dubu v evropském měřítku byla publikována ve Francii (HERZOG, DREYER, AUSSENAC 1996), diferenciací populací dubu letního v Chorvatsku se zabývali KRSTINIC et al. (1996).

Dosažené výsledky lze do určité míry porovnat jen s prací Matuly (MATULA 2007), který při fenotypovém šetření použil obdobnou metodiku. Jeho velmi podrobný výzkum je však regionálně omezen na Školní lesní podnik Křtiny. Porovnatelné jsou ovšem pouze kvalitativní znaky, u kvantitativních znaků záleží na věku stromů. Vzhledem ke zcela odlišným přírodním podmínkám a k odlišné metodice je problematické srovnání s obdobnými zahraničními studiemi.

ZÁVĚR

Příspěvek přináší informace o fenotypové proměnlivosti domácích druhů dubu na různých lokalitách v ČR na základě šetření v 15 vybraných porostech a ve 40 bioskupinách. Významné jsou údaje o populacích dosud přehlížených a v lesnické praxi málo známých tzv. drobných a vzácněji se vyskytujících teplomilných druhů, jejichž význam v blízké budoucnosti pravděpodobně poroste v souvislosti s klimatickými změnami a globálním oteplováním. Z některých populací byl proveden sběr žaludů k vypěstování sadebního materiálu na založení nových provenienčních ploch. Rovněž byl sebrán reprodukční materiál vybraných klonů, který byl uložen do archivu explantátů a je k dispozici pro využití v lesnické praxi.

Celkově lze konstatovat, že rozdíly mezi jednotlivými porosty jsou v závislosti na charakteru stanoviště značné, možné jsou i genetické příčiny. Velký význam má zejména hloubka půdního profilu, která rozhodujícím způsobem ovlivňuje růstový potenciál porostů. U kvantitativních ukazatelů pochopitelně záleží i na věku porostů, takže výsledky nelze porovnávat. Ukazuje se však, že růstové podmínky jsou na obou moravských plochách s dubem zimním, ležících v Karpatské oblasti příznivější než na českých plochách. Při porovnání kvalitativních znaků (tab. 4) se jako nejlepší ukazuje porost dubu zimního na lokalitě Brumov v Bílých Karpatech (č. 6). U dubu letního vykazují nejlepší kvalitu porosty č. 7 – Trávník a č. 8 – Židlochovice. Jako jednoznačně nejméně kvalitní a nejpomaleji rostoucí vychází porost lesostepního charakteru na extrémním stanovišti na lokalitě Boubová v Českém krasu.

Poznámka:

Příspěvek vznikl jako součást řešení výzkumných projektů NAZV č. QC 1420, QH 82305 a výzkumného záměru č. MZE 0002070203.

LITERATURA

- AAS G., FRIEDRICH K. 1991. Untersuchungen zur morphologischen Unterscheidung von Stiel- und Traubeneichen. Forstw. Cbl., 110: 349-357.
- BENEDÍKOVÁ M. 2000. První výsledky hodnocení ověřovacích ploch uznaných jednotek dubu. Commun. Inst. For. Boh./Práce VÚLHM, 82: 143-157.
- BENEDÍKOVÁ M. 2003. Výsledky hodnocení 15letých provenienčních ploch dubu. Zprávy lesnického výzkumu, 48: 182-195.
- BENEDÍKOVÁ M., BERANOVÁ L. 2003. Sběr osiva a problematika určování druhů dubu. Lesnická práce, 82: 16-17.
- BENEDÍKOVÁ M., BURIÁNEK V., KYSELÁKOVÁ J. 2006. Výsledky druhové čistoty uznaných porostů dubu fenotypové třídy A. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 20-25.
- BONFILS P., ALEXANDROV A., GRACAN J. 2001. In situ conservation. Technical presentations on gene conservation and management of European white oaks. In: Borelli, S. et al. (eds.): Third EUFORGEN Meeting on Social Broadleaves, 22-24 June 2000, Borovets, Bulgaria. Rome, Italy, IPGRI: 43-47.
- BORDACS S., SKRØPPA T. 2001. Ex situ conservation. Technical presentations on gene conservation and management of European white oaks. In: Borelli, S. et al. (eds.): Third EUFORGEN Meeting on Social Broadleaves, 22-24 June 2000, Borovets, Bulgaria. Rome, Italy, IPGRI: 48-59.
- BURIÁNEK V. 2004. Dub – *Quercus* L. In: Uhlířová, J., Kapitola, P. (eds.): Poškození lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 137-138.
- BURIÁNEK V., BENEDÍKOVÁ M., BERANOVÁ L., MALÁ J. 2004. Výzkum proměnlivosti a opatření k zachování a reprodukci genových zdrojů domácích druhů dubu (*Quercus* spp.) a lípy (*Tilia* spp.). Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 148 s.
- DUCOUSSO A., BORDACS S. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*). Roma, Italy, International Plant Genetic Resources Institute: 6 s.
- HERZOG S., DREYER E., AUSSÉNAC G. 1996. Genetic inventory of European oak populations: consequences for breeding and gene conservation. Ecology and physiology of oaks in a changing environment. Annales des Sciences Forestières, č. 2/3: 783-793.
- KOBLÍŽEK J. 1990. *Fagaceae*. In: Hejný, S., Slavík, B. (eds.): Květena České republiky. 2. Praha, Academia: 17-35.
- KRSTINIC A., TRINAJSTIC I., GRACAN J., FRANJIC J., KAJBA D., BRITVEC M., SEVER S. 1996. Genetic differentiation of common oak local populations (*Quercus robur* L.) in the territory of Croatia. Zagreb, Sumarski fakultet Sveucilista u Zagrebu: 159-168.
- MAGIC D. 1975. Taxonomické poznámky z doterajšieho výskumu dubov v Západných Karpatoch. Biológia, 30: 65-74.
- MAGIC D. 1974. Poznávanie ďalšie druhy dubov v našich lesoch. Les, 30: 244-252.
- MAGIC D. 2002. Duby Slovenska. Ministerstvo pôdohospodárstva SR.
- MATULA R. 2004. Comparison of stem characteristics of oak species *Quercus dalechampii* TEN. and *Quercus polycarpa* SCHUR. In: Buchta, I. et al.: Contemporary state and development trends of forest in cultural landscape. Brno, MUA: 89-91.
- MATULA R. 2007. Hodnocení populací druhů rodu *Quercus* L. v rezervacích na ŠLP Křtiny. Disertační práce. Brno, MZLU: 194 s.
- POŽGAJ J. 1985. Poznávanie autochtónnych dubov Slovenska. Lesnícky časopis, 31: 3-7.
- POŽGAJ J. 2004. Výskum pôvodných druhov rodu *Quercus* L. na Slovensku v posledných desaťročiach. In: Karas, J., Kobliha, J. (eds.): Perspektivy lesníckej dendrologie a šlechtění lesních dřevin. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy 12.-13. 5. 2004, 102 s. Praha, FLE ČZU: 57-75.
- POŽGAJ J., HORVÁTOVÁ J. 1986. Variabilita a ekológia druhov dubu *Quercus* L. na Slovensku. Acta Dendrobiologica, 151 s.
- ŠINDELÁŘ J., HÝNEK V. 2000. Dub letní a zimní, diferenciace při obnově lesních porostů a zalesňování. TEI – bulletin technicko-ekonomických informací, č. 1, 7 s.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2007. 2008. Praha, Ministerstvo zemědělství: 98 s.

Tab. 1.

Taxační charakteristika porostů dubů k fenotypovému šetření
Oak forest stands mensurational characteristic for phenotypic examination

Č. plochy/ Plot no.	Dřevina/ Tree species	LS/Forest district	Revír, lokalita/ District, locality	Č. porostu/ Stand no.	Dřevinná skladba/ Tree species composition	DB/ Oak (ks/ pieces)	Věk/ Age	Zakmenění/ Stand density	HS/ Management set of stands	Bonita DB/oak yield class	SLT/ Forest type set	Nadm. výška/ Altitude (m n. m./ m a. s. l.)
16	DBZ	Nižbor	Karlštejn	119 B 8	DB 50, HB 25, LP 20, BK 5	60	80	10	2245	20	2W3	360
21	DBZ	Nižbor	Dřevíč	711 A 12	DB 70, BO 15, JD 3, BK 7, HB 5	60	125	8	1205	20	2A3	380
24	DBZ	Mělník	Újezd nad Lesy	38 A 10	DBZ 96, HB 4	71	101	10	255	22	1O3	270
28	DBZ	Dobříš	Obora	219 D 13	DB 97, BO 3	59	133	9	215	20	2N1	510
39	DBP	Nižbor	Boubová	104 A 11a	DB 80, HB 10, BRK 10	52	110	4	2015	9	1X	350
	DBŽ											
	DBZxDBŽ											
1	DBZ	Buchlovice	Buchlov	206 A 11	DBZ 74, BK 16, BR 7, HB 3	70	106	9	2446	28	3H	475
3	DB	Strážnice	Dubňany	28 A 12z	DB 100	70	119	8	235	26	1S	260
4	DB	Strážnice	Červené domky	43 A 16	DB 80, JS 10, KL 5, HB 5,	70	151	10	245	30	2D	375
6	DBZ	Luhačovice	Brumov	510 A 13	DBZ 69, BK 29, TR 1, KL 4, LP 1, SM 3	70	128	10	446	20	3B9	475
7	DB	Bystř. p. Host.	Trávník	560 B 12	DB 100	70	109	10	195	30	1L2	155
8	DB	Židlochovice	Horní Les	613 C a 13	DBS 55, DB 30, LP 13, BB 2	70	121	9	195	32	1L2	260
9	DB	Židlochovice	Mor. Krumlov	311 E 11b	DB 99, MD 1	70	110	9	9245	24	2H2	375
23	DB	Nymburk	Kersko	922 B 10	DB 85, BO 5, DBC 5, BR 5	62	99	9	255	26	1V5	260
26	DB	Tábor	Hroznějovice	424 B 10	SM 86, MD 4, BO 4, JD 3, DB 3	41	94	9	451	26	4S1	465
31	DB	Jindř. Hradec	Kolence	557 C 19	DB 98, BO 2	62	195	10	446	30	3B2	475

Note: DBZ – *Quercus petraea*, DBŽ – *Quercus daledampii*, DB – *Quercus robur*, Carpinus, BK – *Fagus*, BO – *Pinus*, JD – *Abies*, BRK – *Sorbus torminalis*, JS – *Fraxinus*, KL – *Acer pseudoplatanus*, LP – *Tilia*, SM – *Picea*, DBP – *Quercus pubescens*, BB – *Acer campestre*, MD – *Larix*, DBC – *Quercus cerris*, BR – *Betula*

Tab. 2.
Výsledky fenotypového šetření dubů (dub pýřitý, cer, mnohoplodý, žlutavý a jadranský) - bioskupiny
Results of oak phenotypic evaluation (pubescent oak, Turkey oak, polycarp oak, Virgilian oak) – biogroups

Lokalita/Locality	Porost/Stand	Počet vybraných bioskupin/Number of selected biogroups	Počet hodnocených stromů/Number of evaluated trees	Průměrná výška tloušťky/Average D.B.H. [cm]	Průměrná výška stromu/Average tree height [m]	Průměrná výška kmene/Average stem height [m]
Dub pýřitý - <i>Quercus pubescens</i>						
LZ Židlochovice (Bulhary)	418 A7, 418 B6	5	50	17,7	11,0	6,7
LZ Židlochovice (Němčičky)	530 F10	5	50	19,3	11,1	6,7
LZ Židlochovice (Pouzdrány - Kolby)	133 F10	3	30	19,6	9,2	4,2
LS Bučovice (Dražůvky)	346 F9	1	21	24,2	11,2	6,1
Město Strážnice (Žerotín)	-	1	16	33,6	9,3	3,8
CHKO Pálava (Děvín)	mimo les/outside forest	1	22	17,5	5,7	-
Dub cer - <i>Quercus cerris</i>						
NP Podýjí, Mašovice	5 B10	1	1	17,0	6,0	2,0
LS Chocet, Výsoká nad Labem	273 A1, 273 C4	2	30	41,7	28,9	17,6
LS Strážnice, Hodonín	54 A12	1	34	56,1	24,8	13,3
LZ Židlochovice, Valtice	706 G9	5	50	29,2	17,2	9,9
Dub mnohoplodý - <i>Quercus polycarpa</i>						
NP Podýjí (Podmolí, Lukov, Čížov)	52 B11, 51 A10, 53 A9, 43 E10, 25 C13	5	9	31,2	9,7	5,2
LZ Židlochovice (Valtice)	706 E11	1	7	36,4	16,7	9,7
LS Buchlovce (Zdounky - Újezdsko)	724 D13	1	1	43,0	16,0	7,0
Dub žlutavý - <i>Quercus dalechampii</i>						
NP Podýjí (Podmolí, Lukov)	52 C9, 43 E10	2	2	32,5	15,5	8,5
LZ Židlochovice (Popice)	135 C8	1	1	36,0	20,0	8,0
LS Buchlovce (Zdounky - Újezdsko)	724 D13	1	2	39,5	15,0	7,0
Dub jadranský - <i>Quercus virgiliana</i>						
NP Podýjí	-	1	1	47,0	10,0	5,0
LZ Židlochovice (Popice, Valtice)	135 C8, 706 E11, 706 G14	2	20	30,2	10,9	5,7
CHKO Pálava (Děvín)	mimo les/outside forest	1	6	26,7	11,2	-

Tab. 3a.

Výsledky fenotypového šetření dubů (dub zimní a letní) - porosty

Results of oak phenotypic evaluation (sessile and pedunculate oaks) – stands

Číslo plochy/Plot no.		16	21	24	28	51, 52
LS/Forest district		Nižbor	Nižbor	Mělník	Dobříš	Nižbor
Lokalita/Locality		Karlštejn	Dřevíč	Újezd n. L.	Obora	Boubová
Číslo porostu/Stand no.		119 B 8	711 A 12	38 A 10	219 D 13	104 A 11
Dřevina/Tree species		DBZ	DBZ	DBZ	DBZ	DBP, DBŽ, DBZ x DBŽ
Výška celková/Total height (m)		16,3	21,5	23,2	15,0	9,0
Výška kmene/Stem height (m)		9,0	13,0	13,4	10,2	4,6
Výčetní tloušťka/D.B.H. (cm)		20,8	35,3	31,8	23,3	20,3
Zdravotní stav kmene/Stem health status (%)	1	86,7	88,3	90,1	96,6	75,0
	2	13,3	6,7	7,0	0,0	13,5
	3	0,0	5,0	2,8	3,4	11,5
Průřez kmene/Stem transsection (%)	1	65,0	53,3	80,3	59,3	63,5
	2	33,3	46,7	18,3	39,0	36,5
	3	1,7	0,0	1,4	1,7	0,0
Točitost kmene/Stem sinuosity (%)	1	98,3	100,0	91,5	94,9	98,1
	2	1,7	0,0	8,5	5,1	1,9
Zápoj/Canopy (%)	1	1,7	1,7	0,0	0,0	11,5
	2	1,7	1,7	0,0	11,9	32,7
	3	6,7	10,0	4,2	39,0	48,1
	4	90,0	86,7	95,8	49,2	7,7
Stromová třída/Tree class (%)	1	10,0	5,0	4,2	6,8	0,0
	2	75,0	85,0	91,5	81,4	67,3
	3	15,0	10,0	4,2	11,9	32,7
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tvárnost kmene/Stem form (%)	1	35,0	45,0	26,8	23,7	1,9
	2	46,7	53,3	67,6	67,8	48,1
	3	16,7	1,7	5,6	8,5	48,1
	4	1,7	0,0	0,0	0,0	1,9
Způsob větvení/Type of branching (%)	1	25,0	13,3	8,5	16,9	0,0
	2	41,7	58,3	62,0	44,1	53,8
	3	33,3	28,3	29,6	39,0	46,2
Výmladnost kmene/Ability to sprouting capacity (%)	1	26,7	51,7	7,0	10,2	28,8
	2	61,7	43,3	57,7	67,8	69,2
	3	11,7	5,0	35,2	22,0	1,9
Velikost koruny/Crown dimension (%)	1	8,3	3,3	7,0	18,6	19,2
	2	51,7	55,0	57,7	52,5	51,9
	3	40,0	41,7	35,2	28,8	28,8
Tvar koruny/Crown form (%)	1	18,3	13,3	12,7	27,1	26,9
	2	70,0	76,7	74,6	54,2	73,1
	3	11,7	10,0	12,7	18,6	0,0
Pravidelnost koruny/Crown regularity (%)	1	70,0	68,3	69,0	64,4	36,5
	2	28,3	31,7	28,2	30,5	63,5
	3	1,7	0,0	2,8	5,1	0,0
Síla hlavních větví/Thickness of main crown branches (%)	1	8,3	1,7	8,5	16,9	3,8
	2	41,7	15,0	76,1	39,0	36,5
	3	50,0	83,3	15,5	44,1	59,6
Zdravotní stav koruny/Crown health status (%)	1	33,3	13,3	53,5	94,9	5,8
	2	51,7	70,0	39,4	3,4	69,2
	3	15,0	16,7	7,0	1,7	25,0

Tab. 3b.

Výsledky fenotypového šetření dubů (dub zimní a letní) - porosty

Results of oak phenotypic evaluation (sessile and pedunculate oaks) – stands

Číslo plochy/Plot no.		1	3	4	6	7
LS/Forest district		Buchlovice	Strážnice	Strážnice	Luhačovice	Bystř. p. Host.
Lokalita/Locality		Buchlov	Dubňany	Č. domky	Brumov	Trávník
Číslo porostu/Stand no.		206 A11	28 A12z	43 A16	510 A13	636 B11
Dřevina/Tree species		DBZ	DB	DB	DBZ	DB
Výška celková/Total height (m)		29,4	28,6	30,6	30,6	34,5
Výška kmene/Stem height (m)		17,5	17,6	16,5	19,4	20,1
Výčetní tloušťka/D.B.H. (cm)		41,3	44,4	63,8	50,5	55,3
Zdravotní stav kmene/Stem health status (%)	1	68,6	60,0	68,6	78,6	60,0
	2	1,4	4,3	5,7	2,9	40,0
	3	30,0	35,7	25,7	18,6	0,0
Průřez kmene/Stem transsection (%)	1	61,4	94,3	88,6	78,6	82,9
	2	31,4	5,7	8,6	14,3	12,9
	3	7,1	0,0	2,9	7,1	4,3
Točitost kmene/Stem sinuosity (%)	1	97,1	100,0	100,0	100,0	100,0
	2	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Zápoj/Canopy (%)	1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
	2	1,4	10,0	2,9	2,9	17,1
	3	38,6	55,7	44,3	44,3	58,6
	4	60,0	32,9	52,9	52,9	24,3
Stromová třída/Tree class (%)	1	0,0	0,0	1,4	0,0	2,9
	2	94,3	82,9	95,7	91,4	95,7
	3	5,7	17,1	2,9	8,6	1,4
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tvárnost kmene/Stem form (%)	1	41,4	60,0	52,9	55,7	52,9
	2	34,3	31,4	42,9	32,9	38,6
	3	24,3	8,6	4,3	11,4	7,1
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Způsob větvení/Type of branching (%)	1	12,9	10,0	8,6	15,7	8,6
	2	62,9	71,4	74,3	60,0	57,1
	3	24,3	18,6	17,1	24,3	34,3
Výmladnost kmene/Ability to sprouting capacity (%)	1	42,9	27,1	17,1	67,0	38,6
	2	30,0	42,9	38,6	27,1	54,3
	3	27,1	30,0	12,9	5,7	7,1
Velikost koruny/Crown dimension (%)	1	28,6	22,9	55,7	35,7	37,1
	2	62,9	64,3	41,4	61,4	60,0
	3	8,6	12,9	2,9	2,9	2,9
Tvar koruny/Crown form (%)	1	4,3	8,6	5,7	14,3	7,1
	2	72,9	71,4	84,3	58,6	75,7
	3	22,9	20,0	10,0	27,1	17,1
Pravidelnost koruny/Crown regularity (%)	1	28,6	28,6	28,6	20,0	35,7
	2	21,4	21,4	31,4	51,4	32,9
	3	50,0	50,0	40,0	28,6	31,4
Síla hlavních větví/Thickness of main crown branches (%)	1	5,7	10,0	1,4	0,0	5,7
	2	50,0	50,0	31,4	57,1	57,1
	3	44,3	40,0	67,1	42,9	37,1
Zdravotní stav koruny/Crown health status (%)	1	47,1	10,0	0,0	71,4	35,7
	2	45,7	70,0	52,9	27,1	54,3
	3	7,1	20,0	47,1	1,4	10,0

Tab. 3c.

Výsledky fenotypového šetření dubů (dub zimní a letní) - porosty

Results of oak phenotypic evaluation (sessile and pedunculate oaks) - stands

Číslo plochy/Plot no.		9	8	23	26	31
LS/Forest district		Židlochovice	Židlochovice	Nymburk	Tábor	Jindř. Hradec
Lokalita/Locality		Velký Dvůr	Horní Les	Kersko	Hroznějovice	Kolence
Číslo porostu/Stand no.		311 E11b	613 Ca13	922 B10	424 B10	557 C19
Dřevina/Tree species		DB	DB	DB	DB	DB
Výška celková/Total height (m)		25,1	30,9	33,5	27,2	37,8
Výška kmene/Stem height (m)		16,8	20,0	18,5	13,6	20,3
Výčetní tloušťka/D.B.H. (cm)		40,6	54,5	42,5	39,2	72,1
Zdravotní stav kmene/Stem health status (%)	1	81,4	88,6	86,7	92,7	67,2
	2	4,3	0,0	10,0	0,0	11,5
	3	14,3	11,4	3,3	7,3	21,3
Průřez kmene/Stem transection (%)	1	51,4	87,1	76,7	39,0	54,1
	2	41,4	12,9	18,3	61,0	34,4
	3	7,1	0,0	0,0	0,0	11,5
Točitost kmene/Stem sinuosity (%)	1	100,0	100,0	98,3	100,0	93,4
	2	0,0	0,0	1,7	0,0	6,6
Zápoj/Canopy (%)	1	0,0	0,0	0,0	9,8	14,8
	2	2,9	28,6	5,0	19,5	26,2
	3	40,0	55,7	21,7	43,9	29,5
	4	57,1	15,7	73,3	26,8	29,5
Stromová třída/Tree class (%)	1	7,1	0,0	18,3	0,0	0,0
	2	80,0	100,0	73,3	78,0	96,7
	3	11,4	0,0	8,3	19,5	3,3
	4	1,4	0,0	0,0	2,4	0,0
Tvárnost kmene/Stem form (%)	1	41,4	50,0	20,0	41,5	35,0
	2	32,9	38,6	43,3	39,0	44,3
	3	25,7	11,4	36,7	9,8	19,7
	4	0,0	0,0	0,0	9,8	1,6
Způsob větvení/Type of branching (%)	1	15,7	5,7	1,7	17,1	0,0
	2	67,1	71,4	43,3	39,0	49,2
	3	17,1	22,9	55,0	43,9	50,8
Výmladnost kmene/Ability to sprouting capacity (%)	1	24,3	61,4	28,3	2,4	82,0
	2	38,6	27,1	68,3	53,7	14,8
	3	37,1	11,4	3,3	43,9	3,3
Velikost koruny/Crown dimension (%)	1	25,7	35,7	1,7	12,2	8,2
	2	67,1	58,6	70,0	51,2	60,7
	3	7,1	5,7	28,3	36,6	31,1
Tvar koruny/Crown form (%)	1	14,3	22,9	1,7	12,2	13,1
	2	60,0	70,0	98,3	78,0	86,9
	3	25,7	7,1	0,0	9,8	0,0
Pravidelnost koruny/Crown regularity (%)	1	24,3	12,9	41,7	43,9	44,3
	2	37,1	40,0	55,0	56,1	55,7
	3	38,6	47,1	3,3	0,0	0,0
Síla hlavních větví/Thickness of main crown branches (%)	1	7,1	2,9	0,0	4,9	0,0
	2	58,6	68,6	20,0	34,1	11,5
	3	34,3	28,6	80,0	61,0	88,5
Zdravotní stav koruny/Crown health status (%)	1	20,0	2,9	21,7	82,9	42,6
	2	62,9	51,4	58,3	17,1	49,2
	3	17,1	45,7	20,0	0,0	8,2

Tab. 4.
Porovnání fenotypového šetření dubů
Comparison of oak phenotypic evaluation

Č. plochy/Plot no.	16	21	24	28	51,52	1	3	4	6	7	9	8	23	26	31
LS/Forest district	Nížbor	Nížbor	Mělník	Dobříš	Nížbor	Buchlovice	Strážnice	Strážnice	Luháčovice	Bystř. p. Host.	Židlochovice	Židlochovice	Nymburk	Tábor	Jindř. Hradec
Lokalita/Locality	Karlštejn	Dřevič	Újezd n. L.	Obora	Boubová	Buchlov	Dubňany	Č. domky	Bumov	Trávník	Velký Dvůr	Horní Les	Kersko	Hrozňovice	Kolence
Dřevina/Tree species	DBZ	DBZ	DBZ	DBZ	DBP, DBŽ, DBZ x DBŽ	DBZ	DB	DB	DBZ	DB	DB	DB	DB	DB	DB
Zdravotní stav kmene/ Stem health status (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 13,3	6,7	7,0	0,0	13,5	1,4	4,3	5,7	2,9	40,0	4,3	0,0	10,0	0,0	11,5
	3 0,0	10,0	5,6	6,8	23,0	60,0	71,4	51,4	37,2	0,0	28,6	22,8	6,6	14,6	42,6
Σ	13,3	16,7	12,6	6,8	36,5	61,4	75,7	57,1	40,1	40,0	32,9	22,8	16,6	14,6	54,1
Průřez kmene/ Stem transection (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 33,3	46,7	18,3	39,0	36,5	31,4	5,7	8,6	14,3	12,9	41,4	12,9	18,3	61,0	34,4
	3 3,4	0,0	2,8	3,4	0,0	14,2	0,0	5,8	14,2	8,6	14,2	0,0	0,0	0,0	23,0
Σ	36,7	46,7	21,1	42,4	36,5	45,6	5,7	14,4	28,5	21,5	55,6	12,9	18,3	61,0	57,4
Točitost kmene/Stem sinuosity (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 1,7	0,0	8,5	5,1	1,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	6,6
Σ	1,7	0,0	8,5	5,1	1,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	6,6
Tvárnost kmene/ Stem form (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 46,7	53,3	67,6	67,8	48,1	34,3	31,4	42,9	32,9	38,6	32,9	38,6	43,3	39,0	44,3
	3 33,4	3,4	11,2	17,0	96,2	48,6	17,2	8,6	22,8	14,2	51,4	22,8	73,4	19,6	39,4
	4 5,1	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	29,4	4,8
Σ	85,2	56,7	78,8	84,8	150,0	82,9	48,6	51,5	55,7	57,0	84,3	61,4	116,7	88,0	88,5
Způsob větvení/ Type of branching (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 41,7	58,3	62,0	44,1	53,8	62,9	71,4	74,3	60,0	57,1	67,1	71,4	43,3	39,0	49,2
	3 66,6	56,6	59,2	78,0	92,4	48,6	37,2	34,2	48,6	68,6	34,2	45,8	110,0	87,8	101,6
Σ	108,3	114,9	121,2	122,1	146,2	111,5	108,6	108,5	108,6	125,7	101,3	117,2	153,3	126,8	150,8
Výmladnost kmene/ Ability to sprouting capacity (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 61,7	43,3	57,7	67,8	69,2	30,0	42,9	38,6	27,1	54,3	38,6	27,1	68,3	53,7	14,8
	3 23,4	10,0	70,4	44,0	3,8	54,2	60,0	25,8	11,4	14,2	74,2	22,8	6,6	87,8	6,6
Σ	85,1	53,3	128,1	111,8	73,0	84,2	102,9	64,4	38,5	68,5	112,8	49,9	74,9	141,5	21,4
Síla hlavních větví/ Thickness of main crown branches (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 41,7	15,0	76,1	39,0	36,5	50,0	50,0	31,4	57,1	57,1	58,6	68,6	20,0	34,1	11,5
	3 100,0	166,6	31,0	88,2	119,2	88,6	80,0	134,2	85,8	74,2	68,6	57,2	160,0	122,0	177,0
Σ	141,7	181,6	107,1	127,2	155,7	138,6	130,0	165,6	142,9	131,3	127,2	125,8	180,0	156,1	188,5
Zdravotní stav koruny/ Crown health status (body/marks)	1 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2 51,7	70,0	39,4	3,4	69,2	45,7	70,0	52,9	27,1	54,3	62,9	51,4	58,3	17,1	49,2
	3 30,0	33,4	14,0	3,4	50,0	14,2	40,0	94,2	2,8	20,0	34,2	91,4	40,0	0,0	16,4
Σ	81,7	103,4	53,4	6,8	119,2	59,9	110,0	147,1	29,9	74,3	97,1	142,8	98,3	17,1	65,6
ΣΣ	553,7	573,3	530,8	507,0	719,0	587,0	581,5	608,6	444,2	518,3	611,2	532,8	659,8	605,1	632,8

THE RESULTS OF PHENOTYPIC EXAMINATION IN AUTOCHTHONOUS OAK SPECIES (*QUERCUS* SPP.) STANDS

SUMMARY

The paper is involved in the variability of autochthonous oak species in the Czech Republic. There was realized a phenotypic examination in 15 representative forest stands and 40 biogroups with native oak species (*Quercus* spp.) – Fig. 1, and the variability of selected populations has been evaluated with using statistical data processing. The main goal of realized examination was the evaluation of economically important traits (Tab. 2, 3, 4). Each phenotypic trait was evaluated subsequently. The rate of evaluated trait was quantified by its sorting to relevant class, where lower number (1, 2, etc.) means valuable class in every cases from economical point of view. Percentage share of trees in every class was multiplied by coefficient (class 1: coefficient = 0, class 2: coefficient = 1, etc.). So, a total sum of multiplied percentual shares of individual evaluated traits reflects the phenotypic value of each oak stand. The lower sum of all traits together means economically valuable partial population (forest stand). It is possible to compare the quality of all evaluated forest stands by comparing their grand totals for all economically important traits.

In conclusion it is possible to state, that the differences between individual stands are in dependence on site character considerable, the genetic reason is also possible. Especially the depth of soil profile has huge importance and plays the decisive role influencing the growth potential of stands. Considering quantitative traits, the stand age is also understandable important, so the results are not comparable. However the growth condition of both sessile oaks on Moravian localities, situated in Carpathian region seems to be more favourable. Comparing the qualitative traits (Tab. 4) the sessile oak stand on locality Brumov in the White Carpathians (no. 6) seems to be the best of all. The stands no. 7 – Trávník and no. 8 – Židlochovice have the best quality among evaluated pedunculate oak stands. The stand of forest steppe character on extremely xerotherm site on locality Boubová in the Bohemian Karst has the lowest quality (crooked stems) and the slowest growth.

These results contribute the benefit in view of lack of such survey about oak forest stands from the Czech Republic area. Especially the new data about minor oak species, which importance most probably will be on rise in the near future due to climate change and global warming, can be considered as valuable. Finally the acorns from some populations have been collected for growing seed material for establishment of new provenance plots. Also the reproductive material (buds) of selected clones has been collected for storage in the archive of explants and is available for using in forest practise.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

RNDr. Václav Buriánek, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 229; e-mail: burianek@vulhm.cz

ÚVODNÍ GENETICKÉ HODNOCENÍ SEMENNÝCH SADŮ BOROVICE LESNÍ V ZÁPADNÍCH ČECHÁCH

INITIAL EVALUATION OF SEED ORCHARDS OF SCOTS PINE IN THE WESTERN CZECH REPUBLIC

JAN KAŇÁK^{1,3)} - JAROSLAV KLÁPŠTĚ²⁾ - MILAN LSTIBŮREK²⁾

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivost, v. v. i., Arboretum Sofronka, Plzeň - Bolevec; ²⁾Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita, Praha; ³⁾Doktorand Fakulty lesnické a dřevařské, Česká zemědělská univerzita, Praha

ABSTRACT

Seed orchards are production populations, where the goal is to provide mass quantities of genetically superior seed. First generation seed orchards are established from initial plus tree phenotypic selections, therefore, information on respective genetic quality is missing in this initial phase of tree improvement. Progeny trials are the main tool to provide such information in the management of seed orchards. Based on the trials' evaluation, it is possible to estimate selection indices of individual parental trees in seed orchards, as well as that of individual progenies in progeny trials. Forward selection among these progenies then leads to the establishment of production populations in advanced generations.

Klíčová slova: šlechtění lesních dřevin, semenné sady, genetická probírka, heritabilita

Key words: forest tree breeding, seed orchards, genetic thinning, heritability

ÚVOD

Semenné sady jsou účelovými výsadbami naroubovaných vybraných stromů, splňujících určitá kritéria (PAULE 1992). Jsou založené s konkrétním šlechtitelským záměrem a jejich praktický význam spočívá především v dostatečné a snadno dostupné úrodě geneticky hodnotného a vhodného osiva.

Semenné sady v lesním hospodářství jsou mimo svůj nesporný význam při záchraně a využití genofundu ohrožených populací především významným zdrojem šlechtěného reprodukčního materiálu lesních dřevin.

Hlavním předpokladem toho, aby semenné sady dobře plnily svoji funkci, je především ověření jednotlivých klonů (vybraných na základě fenotypu) testováním za účelem zjištění, zda i jejich potomstva odpovídají daným kritériím výběru, tzn. zda jsou kritéria jejich výběru dědičně podmíněná.

Nejstarší semenné sady v naší republice, zakládány v 70. letech minulého století, jsou zralé na rekonstrukci především z toho důvodu, že se při jejich projektování příliš neřešil původ všech použitých klonů, zastoupených v sadu. Tak se stalo, že např. v semenném sadu Zbiroh jsou vedle místních populací borovice lesní zastoupeny klony rodičovských stromů původem z Českého Švýcarska, Plzeňska, jižních Čech apod., přesně podle toho, jaké roubovance měl projektant sadu k dispozici v době jeho zakládání. Použití osiva z těchto ramet ve svém důsledku znamená legalizaci nepovoleného přenosu osiva do jiných semenářských oblastí. Teprve od 80. let minulého století se začalo dbát o čistotu původu potomstev ze semenných sadů a semenné sady začaly svým složením reprezentovat konkrétní regionální populace.

Veškeré dosud založené semenné sady v České republice jsou semenné sady 1. generace. Vyšší generaci semenných sadů lze založit pouze na základě realizace dalšího šlechtitelského cyklu, zahrnujícího křížení, testování a výběr.

Pozn.: Cílem ověřování zdrojů reprodukčního materiálu, zejména uznaných porostů a semenných sadů je získat informace o genetické proměnlivosti hospodářsky významných znaků a vlastností těchto dílčích populací. Ověřování je základem pro následnou selekci zkoumaných jednotek na genetické úrovni a pro formulaci návrhů na zařazení nejvhodnějších variant do kategorie testovaných zdrojů reprodukčního materiálu. Tato kategorie je součástí příslušné legislativy EU (zejména Směrnice rady č. 1999/105/ES ze dne 22. 12. 1999 o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin) i nově přijatého zákona č. 149/2003 Sb. v rámci přizpůsobování legislativních opatření České republiky předpisům Evropské unie, který tuto kategorii rovněž zahrnuje (FRÝDL, ŠINDELÁŘ 2006).

Testování potomstev semenných sadů lze podle konkrétního cíle založit dvojím způsobem. Buď je naším cílem zařadit pozitivně hodnocené do kategorie testovaných zdrojů reprodukčního materiálu, nebo testujeme jednotlivé klony v semenných sadech 1. generace s cílem použít pozitivně ověřené klony při zakládání semenných sadů dalších generací. V tomto případě ověřujeme testováním potomstev mateřských stromů (klonů) jejich genetickou hodnotu.

První testovací plochy byly v ČR zakládány pracovníky VÚLHM, popř. samotným lesním provozem (LČR) v 90. letech 20. století. VÚLHM připravil projekt rozsáhlých testovacích výsadeb borovice lesní a modřínu opadavého (ŘEŠÁTKO 1992, ŠINDELÁŘ 1992),

kteří byly realizovány počátkem 90. let. Tyto testovací plochy byly zakládány s cílem zařadit pozitivně ověřené mezi testované zdroje reprodukčního materiálu. Testovací výsadby byly dvojího druhu: jednak pro testování potomstev porostů kategorie „A“ a jednak pro testování potomstev semenných sadů. Způsob tohoto testování spočíval v porovnávání potomstev ze směsných vzorků (všech klonů) jednotlivých semenných sadů (resp. porostů kategorie „A“) z jednoho konkrétního roku mezi sebou. Navíc byly k testování přiřazeny pro porovnání tzv. standardy, vzorky osiva porostů kategorie „B“ známé kvality.

Pro testování potomstev semenných sadů byl našim pracovištěm (VÚLHM v Plzni – Bolevci) navrhován způsob testování podle jednotlivých klonů, popřípadě podle jednotlivých ramet. Jeho výsledky se totiž dají použít buď pro negativní selekci klonů s nevyhovujícími vlastnostmi potomstev, nebo pro pozitivní selekci ověřených kvalitních klonů pro založení sadů vyšších generací. Tento způsob zvolili po konzultaci s našim pracovištěm i pracovníci LČR: pro testovací plochy západočeských semenných sadů borovice lesní Ing. Hrdlička (v r. 1991) a později (1995) i J. Červenský pro testovací plochy semenného sadu třeboňské borovice.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo změřit a vyhodnotit dvě testovací plochy LČR s potomstvy klonů borovice lesní ze 2 semenných sadů:

- Plasy – Doubrava, ev. č. 79, test. plocha Skelná Huť (Králov Dvůr), LS Plasy
- Nepomuk – Silov, ev. č. 43, test. plocha Nepomuk, LS Klatovy

Výstupy z této práce budou využity v dalších etapách hodnocení, kdy budou hodnoceny obě lokality najednou. Dále se zvažuje modelování kompetičních vztahů na testovacích výsadbách. Finálním výstupem bude návrh selekčního zásahu v uvedených semenných sadech (tzv. genetická probírka).

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika semenných sadů a testovacích ploch

Semenné sady

Jak již bylo uvedeno, do testování byly zahrnuty dva semenné sady svým složením téměř identické a dvě k nim příslušné testovací plochy. Semenný sad Doubrava byl založen o 5 let později než semenný sad Silov a na rozloze téměř 3x větší. Na obou semenných sadech jsou zastoupeny téměř výhradně ramety západočeské proveniencie (viz přílohy 1 a 2 – Plánky semenných sadů).

Testovací plochy

Biometrická měření a hodnocení testovacích výsadeb byla prováděna v Západočeském kraji na dvou testovacích plochách, založených v 90. letech pracovníkem LČR, s. p., Ing. Oldřichem Hrdličkou – viz tabulka 2. Testovací plocha Skelná Huť (LS Plasy, plánek viz příloha 3), testuje semenný sad č. 79 – Doubrava (LS Plasy) a testovací plocha Nepomuk (LS Klatovy, plánek viz příloha 4), testuje semenný sad č. 43 – Silov u Nepomuka. Oba tyto sady mají ale převážnou část klonů společných, takže jsou na obou plochách testována potomstva stejných klonů. Pro tuto práci bylo rozhodující měření testovací plochy Skelná Huť, neboť na této ploše jsou vysázena potomstva každého klonu po jednotlivých rametách. Testovací plocha Nepomuk byla brána jako orientační v případě nejednoznačných výsledků testovaných potomstev na ploše Skelná Huť.

Sběr šišek pro získání osiva pro obě testovací plochy byl prováděn osobně ing. Hrdličkou a jednotlivé partie šišek byly dovezeny na pracoviště VÚLHM v Plzni – Bolevci, kde byly separované vylušťeny a uskladněny do doby jarního výsevu. Výsev a pěstování sazenic byl prováděn identickým způsobem v identických podmínkách: potomstva sadu Silov u Nepomuka – výsev ve školce na Krkavci (Plzeň) a školkování ve školce Zelená Hora, potomstva ze sadu Doubrava (Plasy) – výsev i školkování ve školce Olejná.

Tab. 1.
Charakteristiky semenných sadů
Characteristics of seed orchards

Semenný sad/Seed orchard	Doubrava	Nepomuk-Silov
Evidenční číslo/Evidence number	79	43
LČR, lesní správa/LČR Forest district	Plasy	Klatovy
GPS	49°54'31.034"N, 13°26'33.605"E	49°28'52.587"N, 13°31'41.536"E
PLO/Natural forest area	6	6
SLT/Forest type group	3 I	4 S
Hospodářský soubor/Management type	8241	451
Počet klonů/Number of clones	87	45
Počet ramet/Number of ramets	1 165	410
Spon/Spacing	6 x 6 m	6 x 6 m
Celková plocha /ha/Total area (ha)	6,48	2,24
Rok založení/Year of establishment	1980	1975
LVS/Forest vegetation type	2	4
Nadmořská výška/Altitude	380	480 - 500
Testován na ploše/Tested at	Skelná Huť	Nepomuk

Tab. 2.

Charakteristiky testovacích ploch
Characteristics of progeny trial

Plocha/Progeny test	Skelná Huť	Nepomuk
LČR, lesní správa/LČR Forest district	Plasy	Klatovy
GPS	49°55'53.489"N, 13°6'43.268"E	49°29'40.735"N, 13°33'5.702"E
SLT/Forest type group	5K5	3S1
Hospodářský soubor/Management type	133	453
Počet potomstev/Progeny size	85 klonů, 320 ramet	38 klonů
Počet parcel/Number of plots	960 + (7 kontroly)	163 + (3+3 kontroly)
Počet opakování/Number of replicates	3 (potomstva ramet)	4 (potomstva klonů)
Velikost opakování/Block size	1 X 10 ks = 10 ks	10 X 5 ks = 50 ks
Spon/Spacing	0,7 X 1,4 m	0,7 X 1,4 m
Celková plocha /ha/Total area (ha)	1,23	0,81
Rok založení/Year of establishment	1994	1991
LVS/Forest vegetation type	5	3
Nadmořská výška/Altitude	610	490
Testuje semenný sad/Test seed orchard	Doubrava	Nepomuk-Silov

V semenném sadu Doubrava byl proveden sběr šišek podle jednotlivých ramet a od každého klonu byla testována potomstva cca 5 ramet. Na testovací plochu (Skelná Huť) bylo sázeno každé potomstvo ve 3 opakováních. Každé opakování bylo reprezentováno 10 sazenicemi ve sloupci po 0,7 m, jednotlivé sloupce byly od sebe vzdáleny 1,40 m, tedy klasický spon, používaný v lesnickém provozu.

V semenném sadu Nepomuk-Silov byly sbírány šišky pouze podle jednotlivých klonů. Výsadba testovací plochy (Nepomuk) byla prováděna opět ve sponu 0,7 x 1,4 m, na rozdíl od předešlé plochy však na parcelách po 50 sazenicích (5 x 10 řad) ve 4 opakováních.

Před samotným měřením byly obě plochy posouzeny z hlediska homogenity a možnosti ovlivnění výsadeb nebo jejich částí stano-
vištěm (okrajem porostu, expozicí, reliéfem, půdním horizontem, vláhou apod.).

Plocha ve Skelné Huti byla částečně založena v místě bývalé lesní školky. Paradoxně právě tato část musela být z hodnocení vypuštěna pro vysoké ztráty, zaviněné dovezeným nevhodným substrátem (viz příloha 3). Zbývající část plochy byla posouzena jako homogenní a byla zařazena do měření. Přestože část plochy byla z hodnocení vypuštěna, neovlivnilo to kvantitativní ani kvalitativní parametry měřené části plochy.

Plocha u Nepomuku, umístěná na počátku rozsáhlejšího lesního komplexu, ale s dostatečnou izolační vzdáleností, byla uznána jako vhodná pro měření a hodnocení celá.

Velmi důležitá byla i obnova stabilizace obou ploch, neboť u každého posuzovaného stromu musela být naprostá jistota jeho původu. Proto byla věnována přípravě ploch na měření náležitá pozornost.

Biometrická měření, kvantitativní a kvalitativní charakteristiky

Všechny stromy na obou testovacích plochách byly měřeny a hodnoceny stejným způsobem. Z kvantitativních znaků byla sledována jejich výška a tloušťka, z kvalitativních znaků především

tvár kmene a mortalita. Dalším kvalitativním znakem je bezesporu i množství, tloušťka a charakter větvení, které nebylo v této fázi práce hodnoceno, ale je plánováno v další fázi selekce – v hodnocení vybraných perspektivních potomstev v případě uvažovaného sadu vyšší generace.

Měření těchto ploch probíhalo jednak v roce 2000 a jednak v letech 2007 a 2008. Dynamika růstu jednotlivých potomstev, kterou můžeme sledovat porovnáním těchto měření, bude publikována samostatně. Tato práce se zabývá pouze hodnocením, které probíhalo v letech 2007/8.

Kvantitativní charakteristiky

Pozn.: Hlavním nežádoucím jevem v současných nejmladších borových porostech je značný podíl jedinců s neprůběžným kmínkem (hlavní osou) a různé typy tvarových deformací habitu borovic. Tvarové deformace borovic jsou různého typu (zakřivení hlavní osy, tvorba dvojáků či rozsoch apod.) a vyskytují se zpravidla (v průměru) u více než 60 % jedinců v mladých kulturách. Převažují deformace průběžnosti kmene typu esovitěho zakřivení hlavní osy (66 %), jednostranného prohnutí hlavní osy (6 %) či tvorba mnohočetných vrcholů (28 %). Dominujícím faktorem, podmiňujícím vznik tvarových deformací a odchylek průběžnosti svislé osy, je dicyklický růst proleptických výhonů (u 2/3 tvarově deformovaných jedinců). U mladých borovic má tento fenomén (letní růst výhonů) společně se zmnožováním počtu pupenů na vrcholových prýtech specifický časový průběh (největší podíl jedinců s proleptickými výhony vykazují kultury ve věku 3 a 4 let po založení; v kulturách tohoto věku se průměrný podíl borovic s proleptickými výhony zpravidla pohybuje v rozpětí od 15 do 20 %, avšak v jednotlivých lesních kulturách bývá situace velmi proměnlivá). Rozmanitost podmínek, za nichž u borovice lesní jednotlivé tvarové odchylky vznikají, naznačila, že tento proces (jev) nelze posuzovat z hlediska jednoho příčinného faktoru. V zásadě dosud z našich i zahraničních výzkumných šetření vyplývají čtyři základní okruhy faktorů, jež vznik tvarových

odchylek vzájemně podmiňují. Jde především o vrozené dispozice (genetické vlivy) včetně morfologické a fyziologické kvality používaného sadebního materiálu borovice lesní, o klimatické podmínky (zejména teplotní a srážkové poměry), půdní podmínky (včetně opatření řízené výživy rostlin) a světelné podmínky (např. délka dne v některých regionech) na stanovišti výsadby (KAŇÁK, NÁROVEC 1999).

1. Výška

U všech stromů na obou plochách byla měřena výška. Na ploše Skelná Hut', kde se pohybovala výška stromků mezi 4 až 8 metry, byla měřena teleskopickou výškoměrnou latí zn. Nokkia s přesností na cm. Na ploše Nepomuk, která je o 3 roky starší a stromky jsou vyšší (cca 8 - 12 m), byl použit výškoměr Vertex III s přesností na 10 cm.

Pro velký objem prací bylo měření na ploše Skelná Hut' započato již v roce 2007 a výška byla měřena na vrchol terminálního výhonu. Měření výšek zde pak pokračovalo po vegetačním období v roce 2008 (srpen - říjen), a aby byly výšky porovnatelné, měřily se k poslednímu přeslenu. Všechny naměřené hodnoty tedy odpovídají výšce potomstev na podzim roku 2007.

2. Tloušťka ($d_{1,3}$)

U všech stromů na obou plochách byla měřena tloušťka ve výšce 1,30 m. Pro větší přesnost byl měřen obvod kmínku, přepočítaný na průměr s přesností 0,5 cm. V případě, že vycházela výška 1,30 m do místa přeslenu, měřili jsme obvod 10 cm pod a 10 cm nad přeslenem a průměr těchto dvou hodnot jsme uvažovali jako tloušťku.

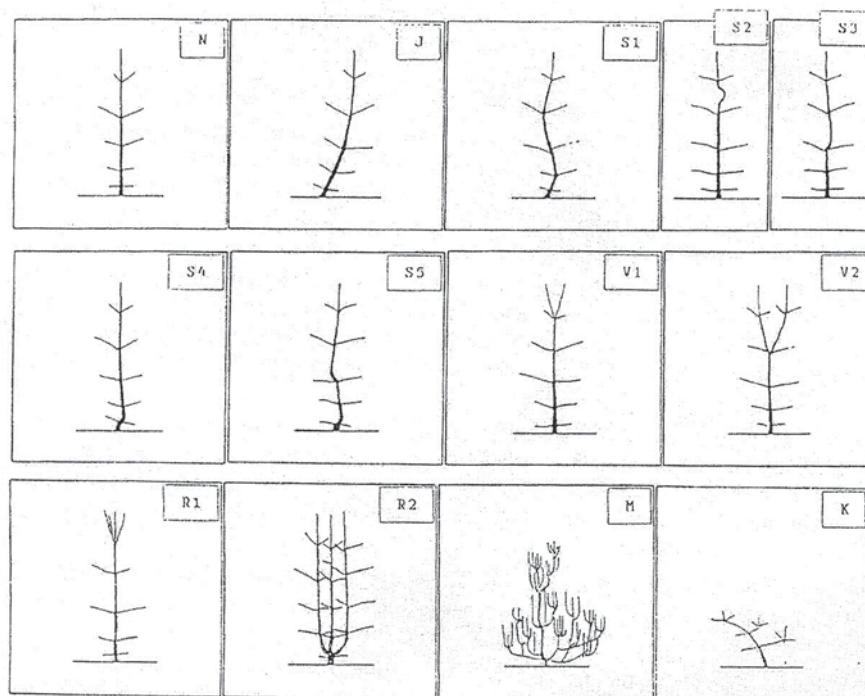
Veškerá měření tloušťky (resp. obvodu) byla prováděná na podzim roku 2008.

Kvalitativní charakteristiky

1. Tvar kmene

U všech stromků byl jako kvalitativní znak sledován tvar kmene podle zjednodušené klasifikace Nárovce (VS Opočno) – viz obr. 1. Rovný vzpřímený kmen bez deformací byl značen „N“ (normální), tvary deformací pak jako „J“ – jednostranně prohnutý, „S“ – dvoustranně prohnutý, „V“ – vidlice a „R“ – rozsocha. Z této klasifikace nebyly brány v úvahu deformace S1-5, V1-2, R1-2 a tvary M a K (viz obr. 1). Naopak, tvary J a S byly ještě doplněny buď písmenem „a“ v případě mírné deformace, způsobené např. bujným růstem, poraněním apod., resp. písmenem „z“ v případě silné deformace, kde se jedná o nezvratnou deformaci patrnou i v budoucnu a zřejmě geneticky podmíněnou. U deformací typu „V“ a „R“ byl kladen důraz na jejich správné posouzení, tzn. jestli nebylo příčinou primární poškození biotickými (např. obaleč prýtový, ptáci apod.) nebo abiotickými činiteli (vítr, kroupy, námraza apod.). Tyto případy se však daly naštěstí poměrně dobře rozlišit: u geneticky podmíněných deformací mají totiž tendenci se pravidelně v určité periodicitě opakovat. Navíc deformace, způsobené pouze vnějšími činiteli mají velmi rychlou tendenci k nápravě, silně vyvinutý negativní geotropismus, upřednostňující většinou jen jeden postranní pupen či výhon k převzetí funkce poškozeného terminálu. U těchto poškození se zpravidla po 3 až 5 letech deformace vyrovnává a nemá tak trvalé následky.

V hodnocení tvaru kmene bylo stanoveno toto pořadí podle závažnosti: N, Ja, Sa, Jz, Sz, V a R. Stromy s deformacemi typu Jz, Sz, V a R byly označeny jako nevyhovující a klony, v jejichž potomstvech se vyskytovaly, jsme označili za neperspektivní a jsou z dalšího šlechtění vyřazeny.



Obr. 1.

Klasifikace tvaru kmene podle NÁROVCE

Classification of stem shape according to NÁROVEC

Při hodnocení tvarových deformací na obou testovacích plochách v roce 2000 bylo konstatováno, že obdobně jako u jiných srovnatelných výsadeb nebyla ani zde potvrzena výchozí hypotéza o dominantním vlivu zeměpisného původu na četnost letního růstu výhonů u borovice lesní a s tím souvisejícími tvarovými deformacemi stromků v mladých borových kulturách. Podle dosud provedených šetření se jeví charakter (vliv) stanoviště (obecně jeho úživnost a klimatická charakteristika, vyplývající z nadmořské výšky) jako daleko významnější faktor iniciace množování počtu pupenů na koncových letorostech a letního růstu výhonů, než je samotný vliv původu (provenience) borových kultur. (KAŇÁK, NÁROVEC 1999, KAŇÁK, NÁROVCOVÁ 2004). Právě množení počtu pupenů na koncových letorostech a letní růst výhonů má za následek růstové deformace (tvaru S, V, R) u mladých borových kultur. Tyto tvarové deformace se však vyskytují u drtivé většiny stromků pouze dočasně (max. do 8 - 10 let) a ve vyšším věku již nebývají patrné. Vyskytují-li se však periodicky nadále i ve vyšším věku, jde s největší pravděpodobností o genetickou zátěž a tyto genotypy je třeba z dalšího šlechtění vyřadit.

2. Mortalita

Na obou plochách byla sledována a evidována mortalita. Ta je částečně, ale nepodstatně zkrácená, protože byla na obou testovacích plochách v minulosti provedena slabá probírka, zaměřená především na zpřístupnění ploch pro měření odstraněním nalétnutých dřevin a suchých popř. ustupujících jedinců. Také v průběhu našeho měření a hodnocení byly evidentně slabé a ustupující (výrazně podúrovňové) stromky též vynechány.

3. Větvění – množství, tloušťka a charakter

Jak už bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, sledování a hodnocení této charakteristiky nebylo v této fázi hodnocení prováděno. Určitě s ním však počítáme, neboť bezesporu patří k hlavním kvalitativním znakům. Předpokládáme, že v další fázi selekce, při posuzování a okulárním hodnocení již vybraných perspektivních potomstev pro eventuální založení sadu vyšší generace bude jedním z důležitých kritérií výběru. Bude sledována především tloušťka větví a úhel, který svírají k ose kmene.

Veškeré naměřené a posuzované charakteristiky byly dále různými metodami statisticky zpracovány.

Statistické zpracování biometrických měření

Cílem zvažované selekce v semenném sadu, tj. převod stávajících sadů první generace na sady 1,5. generace, je navýšení genetického zisku u sledovaných znaků. Genetický zisk bude realizován v provozních podmínkách při využití reprodukčního materiálu původem z těchto sadů.

U zvažovaných znaků v tomto projektu převažuje aditivní složka genetického rozptylu, navíc se empiricky předpokládá dominantní podíl genů s malým účinkem. Budeme tedy předpokládat (a ověřovat) normalitu rozdělení studovaných znaků. Při přenosu specifické alely (funkční formy genu) z rodiče na potomka je tedy důraz kladen na její aditivní účinek s ohledem na proměnlivost sledovaného znaku. Prostý součet aditivních účinků všech těchto alel pak označujeme jako tzv. šlechtitelskou hodnotu jedince. Odhad šlechtitelské hodnoty se pak uplatňuje jako selekční kritérium (v případě více znaků je kritériem selekční index, ve kterém jsou přiřazeny ekonomické váhy jednotlivým znakům).

Pro odhad šlechtitelských hodnot bylo využito smíšených lineárních modelů. V obecné rovině můžeme deklarovat závislost

$$y = c_1 b_1 + c_2 b_2 + \dots + c_n b_n,$$

kde $c_1, c_2, \dots, c_n$ jsou konstanty a $b_1, b_2, \dots, b_n$ jsou neznámé parametry. Předmětem statistické analýzy je odhad (označujeme $\hat{y}$) výše uvedené parametrické funkce. Obvykle předpokládáme lineární vztah mezi parametry této funkce. Z velkého počtu řešení (nestranných lineárních odhadů) pak vybíráme takové, které vykazují minimální rozptyl. Odhady šlechtitelských hodnot pak často označujeme jako tzv. BLUP hodnoty (jsou nejlepším nestranným lineárním odhadem skutečných šlechtitelských hodnot).

Uvedenou lineární závislost (model) je možné aplikovat při hodnocení testovací výsadby (část 4.1.1). Při analýze byl využit následující model:

$$y = Xb + Za + e,$$

kde y je vektorem ($n \times 1$) naměřených hodnot u sledovaného znaku (n je počet měření), b ($p \times 1$) je vektorem veličin s fixním účinkem (p je počet úrovní dané veličiny), a ($q \times 1$) je vektorem veličin s náhodným účinkem (q je počet úrovní dané veličiny), e je vektorem ($n \times 1$) chyb (reziduí), X je matricí ($n \times p$) propojující y s b , a Z je matricí ($n \times q$) propojující y s a .

Předpokládá se, že střední hodnota $E(y) = Xb$ a $E(a) = E(e) = 0$. Chyby, které zahrnují náhodné vlivy prostředí a neaditivní genetické účinky, jsou nezávislými náhodnými veličinami, každá z nich má rozdělení $N(0, \sigma_e^2)$, kde σ_e^2 je neznámým parametrem. Následně je možné vyjádřit $\sigma_{(e)}^2 = I\sigma_e^2 = R$; $\sigma^2(a) = A\sigma_a^2 = G$ a kovariance $\sigma = (a, e) = 0$, kde A je aditivní příbuzenskou matricí vypočítanou z rodokmene. Dále platí, že $\sigma^2(y) = ZGZ' + R$.

Odhad výše uvedené parametrické funkce se provede vyřešením následující soustavy (MRODE 1996):

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

$$\text{kde } \alpha = \sigma_e^2 / \sigma_a^2 \Leftrightarrow (1 - h^2) / h^2.$$

Hodnoty rozptylu a kovariancí (matice R a G) se odhadují z dat modifikovanou metodou maximální věrohodnosti (restricted maximum likelihood, REML).

Dále jsme vycházeli z původního schématu výsadby, resp. náhodného uspořádání potomstev v rámci dané lokality. Zvažovali jsme fixní účinek lokality a náhodný účinek aditivní genetické hodnoty na sledovaných znacích. V základním modelu jsme nezvažovali vliv konkurence sousedních jedinců na měřeného jedince. V tomto modelu jsme matricí R modelovali pomocí jednotkové matice I :

$$R = \sigma_e^2 I$$

kde jednotková matice I je definována jako:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Následně jsme použili vícekritériální model zvažující průměr ve výčetní tloušťce a celkovou výšku za účelem získání genetické korelace mezi těmito znaky. V tomto případě je použit výše uvedený obecný lineární model:

$$y = Xb + Za + e,$$

kde v tomto případě y je $n \times t$ vektor pozorování na t znacích, $b(p \times t)$ je vektorem veličin s fixním účinkem (p je počet úrovní dané veličiny), $a(q \times t)$ je vektorem veličin s náhodným účinkem (q je počet úrovní dané veličiny), e je vektorem ($n \times t$) chyb (reziduí), X je maticí ($n \times p$) propojující y s b , a Z je maticí ($n \times p$) propojující y s a . Náhodné proměnné a a e jsou předpokládány jako proměnné s vícerozměrným náhodným rozdělením:

$$a \sim \text{MVN}(0, G), \text{ kde } G = G_0 A$$

$$G_0 = \begin{pmatrix} \sigma_{g1}^2 & \sigma_{g2,g1} & \sigma_{g3,g1} & \cdots & \sigma_{gt,g1} \\ \sigma_{g1,g2} & \sigma_{g2}^2 & \sigma_{g3,g2} & \cdots & \vdots \\ \sigma_{g1,g3} & \sigma_{g2,g3} & \sigma_{g3}^2 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{g1,gt} & \cdots & \cdots & \cdots & \sigma_{gt}^2 \end{pmatrix}$$

a matice A je aditivní matice příbuznosti vypočtená z informací z rodokmenu

$$e \sim \text{MVN}(0, R), \text{ kde } R = E_0 I$$

$$E_0 = \begin{pmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{e2,e1} & \sigma_{e3,e1} & \cdots & \sigma_{et,e1} \\ \sigma_{e1,e2} & \sigma_{e2}^2 & \sigma_{e3,e2} & \cdots & \vdots \\ \sigma_{e1,e3} & \sigma_{e2,e3} & \sigma_{e3}^2 & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{e1,et} & \cdots & \cdots & \cdots & \sigma_{et}^2 \end{pmatrix}$$

Výše uvedené analýzy (REML, BLUP) byly provedeny s využitím software AS REML (GILMOUR et al. 2006).

VÝSLEDKY

Mortalita

Hodnoty mortality jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4 jednotlivě pro potomstva konkrétních rodičovských stromů. (tab. 3 a 4).

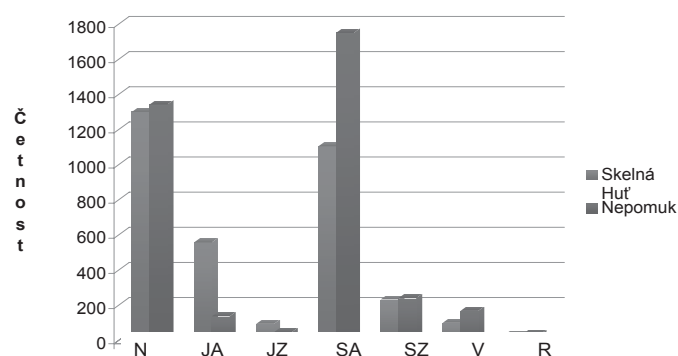
Mortalita na ploše Nepomuk je na rozdíl od plochy Skelná Huť poměrně homogenní a pohybuje se od 45 do 66 %. To odpovídá poměrům na obou plochách: plocha Nepomuk je homogennější a především není vystavena takovému tlaku vysoké zvěře a výřezu vánočních stromků jako plocha Skelná Huť, kde se pohybovala mortalita v rozmezí 20 - 76 %. Při hodnocení v roce 2000 byla průměrná mortalita na ploše Nepomuk 12 %, přestože nebyla plocha po výsadbě vylepšována a na ploše Skelná Huť 40 %. Prořezávky na obou

plochách byly prováděny se zaměřením na suché a výrazně ustupující jedince. Jejich hlavním úkolem bylo zpřístupnění ploch k měření a v žádném případě neovlivnily výrazně procento mortality.

Tvárnost kmene

Zastoupení jednotlivých tříd tvárnosti na obou lokalitách je uvedeno v grafu 1.

Z grafu je patrné, že obě plochy jsou z hlediska tvárnosti velmi podobné. U kategorií, které nás nejvíce zajímají (N, JZ, SZ, V a R), je jejich zastoupení téměř identické. Liší se pouze u kategorií JA a SA, což je patrně způsobeno rozdílným stylem výsadby (obě plochy jsou na jiných lesních správách). Navíc nejsou tyto kategorie z hlediska perspektivy zatížené žádným hendikepem.



Graf 1.

Tvárnost kmene na obou testovacích plochách
Stem form in both test locations

Důležité je, že v porovnání s kontrolním vzorkem je tvárnost kmene testovaných potomstev výrazně lepší a výskyt nežádoucích deformací (JZ, SZ, V a R) výrazně nižší. To svědčí o tom, že potomstva sadů 1. generace jsou kvalitnější než běžné provozní výsadby

Biometrická měření

Pro zajímavost uvádíme výsledky měření v roce 2000:

Průměrná výška potomstev na ploše Nepomuk se pohybovala v rozmezí od 368 do 465 cm a kontrolní vzorky 363 resp. 458 cm. Testovaný soubor byl poměrně homogenní (S_x (%)) v celém souboru byl 6 %).

Na ploše Skelná Huť se pohybovala v roce 2000 průměrná výška potomstev v rozmezí 100 až 255 cm a S_x (%) celého souboru byl 11 %. U kontrolního vzorku (místní populace) dosahovala průměrná výška 187 cm a S_x (%) 22 % (KAŇÁK 2001).

Odhad heritability (v užším slova smyslu) činil 0,34 pro výšku (chyba odhadu = 0,08) a 0,23 pro tloušťku (chyba odhadu = 0,06). V tabulce 3 je mimo mortalitu uveden seznam klonů testovaných na lokalitě Skelná Huť s odhadem šlechtitelských hodnot pro výšku a tloušťku, včetně chyb odhadů, velikosti potomstev (v průběhu měření) a původu klonů. V tabulce 4 je uveden obdobný seznam na lokalitě Nepomuk.

Pro získání odhadů genetických parametrů bylo použito více modelů specifikovaných v kapitole „Statistické zpracování biometrických měření“. V případě výsadby Skelná Huť jsme získali adi-

Tab. 3.

Seznam klonů testovaných na lokalitě Skelná Hut', mortalita, výška, tloušťka

List of clones tested at Skelná Hut' plot, mortality, height, diameter

Klon/ Clone ID	Mortalita/ Mortality	Výška/Height		Tloušťka/Diameter							
		střed/ middle	chyba/ error	střed/ middle	chyba/ error						
2002	70,00 %	591,99	38,71	7,44	0,98	2984	30,00 %	675,34	24,02	7,05	0,65
2097	65,33 %	579,76	19,68	9,31	0,53	2985	30,00 %	607,08	13,89	7,10	0,38
2098	38,75 %	650,15	20,08	9,30	0,54	2986	52,50 %	583,68	21,84	8,01	0,59
2099	35,33 %	590,79	15,82	5,67	0,43	2987	35,00 %	637,94	16,18	7,64	0,44
2101	47,78 %	612,27	20,36	8,11	0,55	2988	38,33 %	654,21	17,41	7,91	0,47
2102	23,00 %	702,51	17,17	7,01	0,47	2989	86,67 %	640,39	37,16	8,06	0,95
2103	66,67 %	527,88	31,38	8,29	0,83	2990	49,33 %	596,53	17,25	7,30	0,47
2349	16,00 %	672,13	21,14	5,43	0,57	2991	18,00 %	688,50	21,31	5,79	0,58
2350	65,00 %	554,98	33,75	9,40	0,88	2992	47,50 %	602,70	26,11	7,32	0,70
2351	36,00 %	703,00	23,06	6,68	0,62	2993	20,00 %	567,67	21,48	5,60	0,58
2352	52,86 %	600,09	22,84	6,95	0,62	2994	28,75 %	643,59	19,07	6,87	0,52
2353	40,00 %	636,87	18,74	7,52	0,51	2995	28,00 %	663,58	22,22	5,49	0,60
2355	71,25 %	634,55	25,45	8,56	0,68	2997	40,00 %	599,99	20,22	7,01	0,55
2356	22,00 %	611,65	17,09	6,44	0,46	2998	47,50 %	614,25	26,11	7,51	0,70
2357	60,00 %	618,05	37,16	7,87	0,95	20001	63,33 %	575,65	30,72	7,60	0,81
2358	70,00 %	721,00	34,73	7,31	0,90	20002	32,50 %	650,47	15,23	7,59	0,41
2360	30,00 %	660,41	15,38	6,99	0,42	20003	36,67 %	602,10	19,07	7,52	0,52
2361	50,00 %	688,76	31,38	7,64	0,83	20004	34,44 %	691,30	18,85	8,50	0,51
2363	42,00 %	522,75	18,96	6,86	0,51	20005	19,00 %	639,56	16,86	6,06	0,46
2364	25,00 %	568,00	28,54	6,39	0,76	20006	45,00 %	628,70	22,84	8,17	0,62
2365	43,33 %	648,29	27,64	8,01	0,74	20007	76,67 %	515,70	33,75	9,59	0,88
2366	18,00 %	728,10	21,31	5,88	0,58	20008	53,33 %	647,33	29,03	7,94	0,77
2369	45,00 %	601,05	19,31	6,92	0,52	20010	49,00 %	579,09	19,81	7,14	0,54
2371	47,00 %	609,45	19,55	7,08	0,53	20011	34,44 %	607,52	18,85	6,56	0,51
2373	70,00 %	545,98	38,71	8,10	0,98	20012	42,22 %	591,24	19,68	6,50	0,53
2374	24,00 %	573,16	21,84	5,84	0,59	20107	20,00 %	559,13	21,48	6,02	0,58
2375	68,89 %	587,88	24,02	8,83	0,65	20108	26,67 %	602,94	16,38	5,93	0,44
2377	60,00 %	673,65	32,88	7,37	0,86	20109	30,00 %	638,56	33,75	6,89	0,88
2378	60,00 %	628,35	37,16	7,09	0,95	20110	50,00 %	646,98	31,38	6,91	0,83
2379	40,00 %	596,50	18,74	7,61	0,51	20111	65,00 %	567,60	33,75	8,99	0,88
2653	45,00 %	610,62	30,72	7,16	0,81	20112	42,00 %	627,42	18,96	5,97	0,51
2654	26,00 %	630,98	22,03	7,80	0,60						
2655	21,25 %	616,84	18,42	6,19	0,50						
2657	46,00 %	598,88	16,86	7,07	0,46						
2658	25,71 %	682,20	19,68	7,77	0,53						
2659	16,00 %	578,45	21,14	6,40	0,57						
2776	60,00 %	606,00	37,16	6,74	0,95						
2918	50,00 %	579,49	35,85	7,28	0,92						
2975	60,00 %	585,46	21,48	7,12	0,58						
2976	43,33 %	604,21	27,64	8,36	0,74						
2978	52,50 %	543,93	19,07	9,01	0,52						
2979	53,33 %	608,80	29,03	7,47	0,77						
2980	48,00 %	629,80	24,56	7,82	0,66						
2981	46,67 %	663,05	20,22	7,51	0,55						
2982	41,33 %	646,19	16,38	6,95	0,44						
2983	35,00 %	575,88	24,56	7,18	0,66						

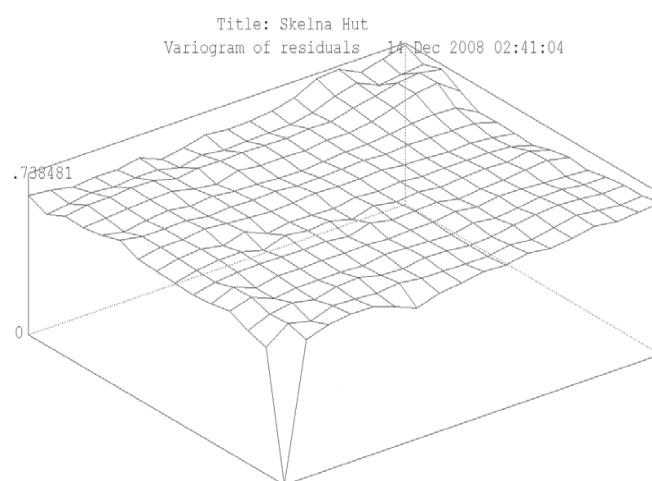
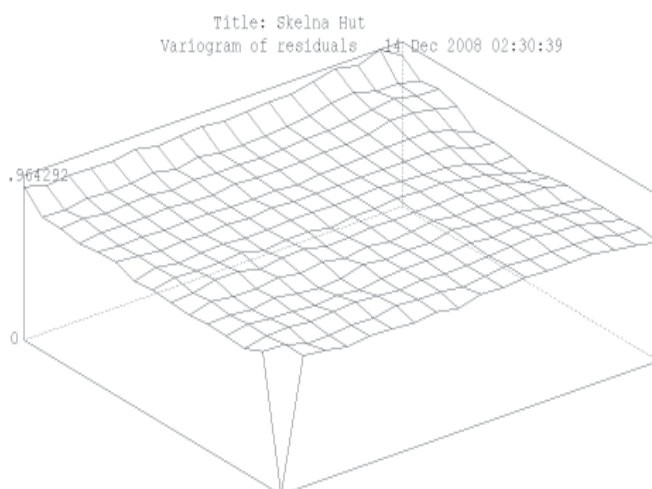
Tab. 4.

Seznam klonů testovaných na lokalitě Nepomuk, mortalita, výška, tloušťka

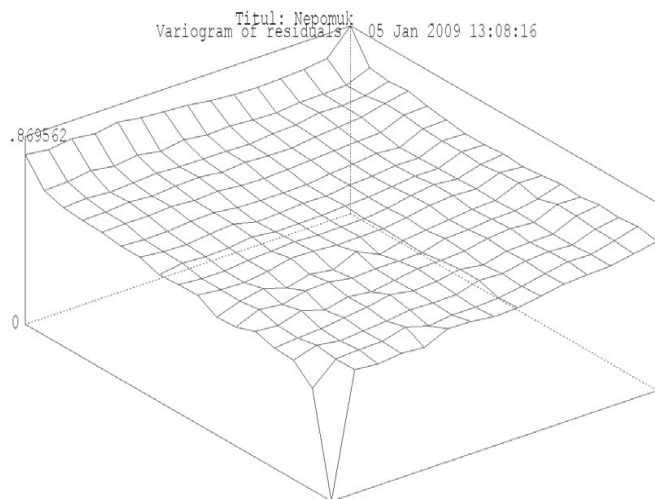
List of clones tested at Nepomuk plot, mortality, height, diameter

Klon/ Clone ID	Mortalita/ Mortality	Výška/Height		Tloušťka/Diameter	
		střed/ middle	chyba/ error	střed/ middle	chyba/ error
2348	54,50 %	1 062,96	25,05	9,12	0,46
2350	56,00 %	1 078,60	19,31	9,13	0,37
2351	49,50 %	820,90	32,88	8,25	0,55
2352	61,50 %	869,72	34,34	9,63	0,56
2353	50,00 %	894,97	21,86	8,45	0,41
2354	52,00 %	982,91	17,96	8,77	0,34
2355	47,00 %	909,16	30,91	9,24	0,53
2357	51,20 %	1 036,79	20,58	9,71	0,39
2358	51,00 %	859,70	21,11	9,29	0,40
2359	51,50 %	1 016,23	21,32	10,00	0,40
2360	49,20 %	880,80	21,25	8,74	0,40
2361	64,00 %	985,37	20,52	7,99	0,39
2363	58,50 %	956,68	19,45	8,16	0,37
2364	54,50 %	1 049,48	25,20	9,28	0,46
2365	66,50 %	1 011,42	20,28	9,54	0,39
2366	55,60 %	1 001,06	19,59	8,20	0,37
2367	49,00 %	973,67	23,39	9,30	0,44
2369	52,40 %	1 015,43	20,00	9,29	0,38
2370	49,14 %	969,86	21,47	9,02	0,41
2371	54,00 %	1 006,86	18,88	8,85	0,36
2372	57,60 %	931,91	20,11	8,39	0,38
2373	54,00 %	989,59	20,77	8,95	0,39
2374	49,33 %	911,49	21,78	8,91	0,41
2375	51,00 %	1 097,20	21,78	10,01	0,41
2379	45,50 %	941,45	19,31	8,55	0,37
2380	49,20 %	934,34	21,25	9,64	0,40
2655	55,00 %	960,59	20,90	8,71	0,40
2657	56,50 %	873,52	22,38	9,57	0,42
2658	53,50 %	973,48	19,79	9,14	0,38
2659	60,00 %	1 003,96	20,83	8,92	0,40
2667	55,00 %	1 006,67	19,22	9,06	0,36
S1	63,00 %	989,77	22,86	9,72	0,43
S15	54,00 %	1 011,22	21,54	9,22	0,41
S2	58,80 %	888,09	22,66	9,31	0,43
S3	50,00 %	990,87	22,47	8,80	0,42
S4	52,00 %	899,61	19,22	7,93	0,36
S5	58,00 %	945,97	17,47	9,26	0,33
S6	58,00 %	957,07	20,46	8,83	0,39
X1	72,00 %	971,46	22,03	9,32	0,42
X2	59,50 %	895,04	25,84	8,99	0,47

tivní genetický rozptyl 2 737,9 (chyba odhadu = 621,1) pro výšku a 1,28 (chyba odhadu = 0,32) pro tloušťku. Heritabilita dosáhla hodnot 0,39 (chyba odhadu = 0,08) pro výšku a 0,25 (chyba odhadu = 0,59) pro tloušťku. Prostorové uspořádání reziduí pro oba sledované znaky jsou zobrazeny v grafech 2 a 3. Z vícekritériálního modelu jsme získali pozitivní hodnotu genetické korelace, která dosáhla 0,14 (chyba odhadu = 0,07), ovšem je potřebné doplnit, že odhad genetické korelace je obecně zatížen vysokou chybou, což je dáno především schématem založení celého experimentu. Pro přesnější odhad genetické korelace by bylo zapotřebí úplného dialelního křížení s větším počtem replikací. K hodnotě 0,14 je tedy potřebné přistupovat obezřetně.

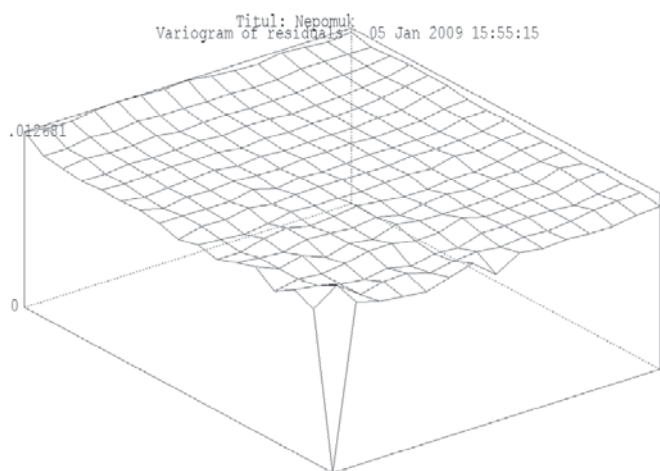
Graf 2.Prostorové uspořádání reziduí – výška (Skelná Hut')
Spatial distribution of residuals – height (Skelná Hut')**Graf 3.**Prostorové uspořádání reziduí – tloušťka (Skelná Hut')
Spatial distribution of residuals – diameter (Skelná Hut')

V případě výsadby Nepomuk jsme získali aditivní genetický rozptyl 4 305,9 (chyba odhadu = 1 107) pro výšku a 0,43 (chyba odhadu = 0,16) pro tloušťku. Heritabilita v tomto modelu dosáhla hodnot 0,4 (chyba odhadu = 0,09) pro výšku a 0,08 (chyba odhadu = 0,03) pro tloušťku. Prostorové uspořádání reziduí pro oba sledované znaky jsou zobrazeny v grafech 4 a 5. Odhad genetická korelace dosáhl 0,33 (opět zatížen vysokou chybou odhadu = 0,19).



Graf 4.

Prostorové uspořádání reziduí – výška (Nepomuk)
Spatial distribution of residuals – height (Nepomuk)



Graf 5.

Prostorové uspořádání reziduí – tloušťka (Nepomuk)
Spatial distribution of residuals – diameter (Nepomuk)

DISKUSE

V rámci testování klonů na lokalitě Skelná Huť lze na základě odhadu heritability tvrdit, že významný podíl proměnlivosti sledovaných znaků lze vysvětlit aditivním genetickým účinkem přímo využitelným při selekci (genetické probírce). Zbylá část rozptylu je ovlivněna interakcí na úrovni lokusu (dominance) nebo mezi lokusy (epistáze) a dalšími neaditivními komponenty a dále vlivem prostředí. Poměrně vysoké hodnotě heritability odpovídá značná proměnlivost šlechtitelských hodnot (tab. 3 a 4). Hodnota heritability a především přijatelné chyby jejího odhadu jsou také odrazem kvalitně založených testovacích výsadeb. Ačkoliv jde o předběžné hodnocení (lokality hodnoceny odděleně s využitím základního vícekritériálního modelu), výsledky poukazují na zanedbatelný vliv původu (lokality) mateřských stromů. Projevují se zde spíše individuální rozdíly v kumulované aditivní hodnotě, zapříčiněné nepřesným, tj. fenotypovým odhadem genetické kvality mateřských stromů. Postupným testováním těchto stromů je možné skutečnou „zásobu“ aditivních účinků u každého jedince přesněji odhadnout, z toho důvodu také některé stromy vykazují nadprůměrnou a jiné zase podprůměrnou hodnotu. Jedinci s vysokou aditivní hodnotou, tj. obecnou kombinační schopností, mají vysoký předpoklad předat tuto hodnotu dále do potomstva z volného sprášení – lze tedy tvrdit, že odstraněním rodičovských jedinců s nízkou šlechtitelskou hodnotou je možné navýšit očekávaný genetický zisk v semenném sadu. Toto je právě předmětem genetické probírky.

Variogramy poukazují na poměrně vysokou homogenitu prostředí na obou lokalitách, nejsou zde patrné výraznější gradienty prostředí, které by ovlivňovaly sledované znaky. Z globálního pohledu není tedy účelné zahrnovat do modelu polynomy vyšších řádů a uvedený model lze označit jako dostatečný pro kategorizaci variability podle kauzálních veličin. Bylo by naopak vhodné posoudit rezidua na lokální úrovni s využitím např. Bayesovské statistiky (CAPPA, CANTET 2006). Relativně nízká hodnota heritability pro tloušťky s relativně vysokou chybou odhadu může implikovat poměrně významné kompetiční vztahy. V současné době jsme zahájili práci orientovanou tímto směrem.

Pro další upřesnění odhadu šlechtitelských hodnot bude provedena vícekritériální analýza zahrnující výšku, tloušťku a tvárnost kmene. Analýza tří znaků bude provedena současně na obou lokalitách. V další etapě budou navrženy ekonomické váhy a vypočítán selekční index, který bude využit jako selekční kritérium. Pro optimalizaci zastoupení dílčích klonů ve stávajících sadech (návrh genetické probírky) bude využito modelu na bázi matematického programování (KLÁPŠTĚ et al. 2007), kde bude zohledněna mj. požadovaná minimální efektivní velikost populace.

Lze očekávat, že genetická probírka významně ovlivní genetikou kvalitu reprodukčního materiálu (osiva) původem ze semenných sadů. Přesto je zapotřebí pokračovat ve šlechtitelských aktivitách a směřovat k semenným sadům vyšších generací, kde bude selekční diferenciál ještě významnější. V současné době probíhají u borovice lesní významné aktivity směřující k tomuto cíli.

ZÁVĚR

Na základě prvotního hodnocení genetické kvality semenných sadů uvádíme následující závěry:

1. byla prokázána významná hodnota geneticky podmíněné proměnlivosti hospodářsky významných znaků u borovice lesní,
2. bude nezbytné ověřit alternativní modely, zejména pro kvantifikaci účinku kompetice na obou lokalitách,
3. tato geneticky podmíněná proměnlivost je přímo využitelná v selekčním opatření (tj. genetické probírce),
4. genetická probírka umožní dosažení dodatečného hospodářského užítu plynoucího z využívání osiva původem ze semenných sadů,
5. takto „vylepšené“ semenné sady mohou sloužit jako významný zdroj reprodukčního materiálu pro umělou obnovu borovice lesní před dosažením plodnosti sadů druhé generace.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného projektu NPV 1G46093 „Využití šlechtitelských metod při testování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin“, projektu NAZV QH81172 „Založení druhé generace semenných sadů borovice lesní s využitím genových markerů“ a výzkumného záměru č. MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BRUCHÁNIK R. 2001. Šlechtitelský program borovice lesnej pre pahorkatiny stredného Slovenska. Dizertačná práca. Banská Bystrica, 113 s.
- CAPPA E. P., CANTET R. J. 2006. Bayesian inference for normal multiple-trait individual-tree models with missing records via full conjugate Gibbs. *Can. J. For. Res.*, 36: 1276-1285.
- DUTKOWSKI G. W., COSTA E., SILVA J., GILMOUR A. R., LOPEZ G. A. 2002. Spatial analysis methods for forest genetic trials. *Can. J. For. Res.* 32: 2201-2214.
- FRÝDL J., ŠINDELÁŘ J. 2006. K problematice ověřování semenných sadů - metodické principy. In: Procházková, Z., Kotrla, P. (eds.): Semenné sady jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu – minulost, současnost a budoucnost. Sbor. abstr. z mezinárod. odbor. sem., Bzenec 20. - 21. 6. 2006. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 19 s.
- CHELIAK W. M., PITEL J. A. 1984. Techniques for starch gel electrophoresis of enzymes from forest tree species. Petawawa National Forestry Inst., Canadian Forestry Service, Agriculture Canada.
- IVANEK O., FRÝDL J., NOVOTNÝ P., KAŇÁK J. 2008. Czech Republic, towards a seed orchards establishment and management, with especial attention to Scots pine problems. *Treebreedex, Activity-N° 5: Scots pine breeding programmes*, Wageningen/NL, 6th June 2008.
- IVANEK O., KAŇÁK J. 2008. Zakládání semenných sadů druhé generace pro borovici lesní. Dílčí technická zpráva výzkumného úkolu č. 05/8830. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 25 s.
- IVANEK O., PROCHÁZKOVÁ Z. 2006. Identifikace roubovanců a klonů ve dvou semenných sadech modřínu opadavého (*Larix decidua* MILL.). *Zprávy lesn. výzkumu*, 51: 38-43.
- IVANEK O., PROCHÁZKOVÁ Z. 2008. Identifikace roubovanců a klonů v semenném sadu Rudíkovy-Albrechtice (nepublikované údaje).
- KAŇÁK J. 2001: Hodnocení výzkumných ploch s potomstvy jednotlivých klonů semenných sadů borovice lesní. Dílčí závěrečná zpráva – realizační výstup za rok 2001. Výzkumný záměr č. MZE-M06-99-02 „Šlechtění lesních dřevin a záchrana genových zdrojů cenných a ohrožených populací včetně využití biotechnologických postupů v lesním hospodářství“. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 2001. 9 s., 9 gr., 9 tab., summary eng.
- KAŇÁK J., NÁROVCOVÁ J. 2005. Růst mladých borových kultur identického původu v rozdílných stanovištních poměrech. [Growth of young pine stands of identical origin in different site conditions.] *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: 79-82.
- KAŇÁK J., NÁROVEC, V. 1999. Četnost tvarových deformací v mladých borových kulturách ve vazbě na původ osiva a charakter stanoviště výsadby. In: Jurásek, A. et al.: Pěstování lesa v ekotopech narušených antropogenní činností. Výroční zpráva výzkumného projektu. Opočno, VÚLHM-VS, s. III-21-III-27.
- KLÁPŠTĚ J., LSTIBŮREK M., LACHOUT P. 2007. Integer-programming approach to group-merit selection. In: Joint Meeting of the South. For. Tree Improve. Conf. and the Western For. Genetics Association, June, 2007. Galveston, Texas.
- PAULE L. 1992. Genetika a šľachtenie lesných drevín. Bratislava, Príroda: 122 s.
- ŘEŠÁTKO M. 1992. Metodický pokyn pro využití osiva vybraných uznávaných jednotek kategorie A pro bo l., osiva pro ověření kvality osiva ze semenných sadů bo a osiva pro ověření kvality osiva ze semenných sadů modřínu opadavého. MZe ČR, Odbor tvorby lesa, č. j. 191/92-640. Praha, 1992.
- ŠINDELÁŘ J. 1992. Nástin metodických zásad pro první fáze prací spojených se založením ověřovacích ploch uznávaných jednotek kategorie A pro borovici lesní a semenných sadů borovice lesní a modřínu. Příloha k Metodickému pokynu MZe ČR, 191/92-640.
- Vyhláška č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2004 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. Sbírka zákonů Česká republika, 2004, č. 9, s. 467-524.
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). Sbírka zákonů Česká republika, 2003, č. 57, s. 3279-3294.

Semenný sad borovice lesní, evid. č. 79 Doubrava, LS Plasy, založen r. 1980
Seed orchard of Scots pine, no. 79, Doubrava (Plasy), established in 1980

Seznam klonů/Survey of clones

2010	1	V.Mež	2101	16
------	---	-------	------	----

Skutečnost k 31. 12. 2007/Actual state to December 31, 2007

Semenný sad borovice lesní, č. 43, Silov, LS Klatovy, založený v r. 1975
Seed orchard of Scots pine, no. 79, Silov (Klatovy), established in 1975

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43					
A							S-4	2348	2363	2359		S-4	2348	2359																																		
B						2374	2377	S-3	2373	2367	2366	2353	S-5	2377	2373	S-4	2353	S-15	2358																													
C						2379	2366	S-2	S-5	S-15		2372	2352	S-3	2374	S-1	X	2376	2366	2351	S-3	2348	2353																									
D						2350	2372	2375	2370		2361	2349	2358	2364	2363	2379	2348	2350	2370	2377	2372	2349	2371	S-3	S-15																							
E					2380	2364	2349	2371	2351	2380	2379	2365	S-6	2369	2351	2380	2372	2365	2371		2363	S-4	2365																									
F			S-4	2365	2355	2348	2357	2353	S-3	2359	S-4	2354	2375	2371	2360	2356	2349	2355	2364	2367	2375	2380	2352	2378	2360	2374	S-3		2359	2348																		
G			S-5	2359	2356	2352	2378	2360	2363	2356	2350		2355		2357	2358		2352	2369	2360	2357	2361	2358	2379	2370	2363	2375	2352	2358	S-4	S-15	S-5	S-3	S-4														
H			S-1	2348	2363	2366	2373	2377	2361		2353	2366	2377		S-3	S-5	2366	2361	2376	S-3	S-1	2356	2366	2376	2364	2348	2357	S-1	2366	2367	2365		2373	2359	2366	2348	S-2	2351										
CH	S-15	2377	2353	2374	S-1	S-4	2372	S-3		2375	2376	S-1	2352	2358	2363	S-4	2374	2353	2348	S-5	2377	2349	S-15	2355	2351	2371		2379	2355	2371	2376	S-1	2367	S-1	2387	2380		2371	S-3	2358								
I		2371	S-5	2351	2367	2371	2349	2380	X	2365	2351	2373	2364	2360	S-2	2365	2379	2373	2370	2351	2363	2365	2373	2372	S-5	S-2	2350	2353	2364	2349	2377	S-4	S-3	S-15	2378		2352	S-5		2348								
J		S-4	S-3		2355	2350	2348	2369	2358	2379	S-4	2373	2360	2380	2366	2367	2371	2364	2355	2360		2374	2353		2360	2377	2369	2374	S-3		2352	2350	2370	2353		2355	2350	2364	2364		2353		S-3					
K		2348		2366	2365	2364	2354	2363	S-3	2356	2367	2378	2350	2348	2370	2359		2363	2360	2372	2369		2375	2378		S-4	2352		2375						2361	2349	2360											
L	2363	2353		2376	2375	2352		2357	2359	2361	2371	2349	2353	2355	2357	S-15	2349	2350	2358	2352	X	2361	2379		2380	2363	2358	2357	X				2360	S-6	2358	2359	2373	2365	2379		S-3	S-15	2366	S-5				
M		5658	2377		20111		S-3		S-15	S-15	S-3	2363	S-4	2377		S-3		2659	2366					2371			2366	2655	2659				2366	S-15		2658												
N	S-5	S-3	2371	2348		2366	2377	S-4	2363	2377	2366	2368	2359	S-5		2348				2377	2363	X				2607	S-15	2377	2348	2353	2658	2359	2377	2363	2353	2657	2659											

Plán 3.

Testovací plocha borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) LČR LS Plasy, Skelná Huť
Progeny test of Scots pine, Plasy, Skelná Huť

h	g	f	e	d	c	b	a	
2978 F/44	2377 C/27	2352 O/26	20011 H/11	20010 H/29	20112 K/14	2991 S/18	2366 G/50	1
2656 M/20	2377 U/13	2988 N/38	20011 O/22	20010 H/2	20112 E/13	2991 M/19	2366 J/10	2
2656 T/24	2358 O/52	2988 B/16	20011 I/19	20010 S/23	20112 J/28	2991 I/26	2366 G/5	3
2656 A/8	2358 J/56	2988 A/11	20005 V/48	20010 H/8	20112 R/10	2991 J/13	2366 C/56	4
2656 J/35	20001 H/13	2988 I/23	20005 D/12	20010 B/3	20112 L/31	2991 I/33	2366 A/29	5
2996 L/54	20001 I/7	2990 T/20	20005 M/44	2379 T/1	2369 F/17	2993 M/14	2995 E/3	6
2996 O/48	20001 C/6	2990 F/3	20005 T/13	2379 E/2	2369 L/21	2993 R/30	2995 F/23	7
2996 O/53	2375 C/1	2990 U/3	20005 L/35	2379 N/10	2369 H/33	2993 I/29	2995 P/28	8
2996 L/46	2989 F/22	2990 U/34	2994 S/6	2379 N/29	2369 S/12	2993 G/9	2995	9
2372 P/46	2989 D/35	2990 M/3	2994 L/1	2379 M/23	2369 P/35	2993 N/6	2995 M/2	10
2372 P/55	2989 K/9	2984 T/9	2994 V/12	2099 E/8	2351 L/5	2374 K/30	2349 L/25	11
3372 S/33	20007 I/14	2984 J/22	2994 E/33	2099 M/5	2351 E/14	2374 F/14	2349 N/33	12
2372 P/38	20007 H/5	20004 K/12	2994 U/26	2099 F/15	2351 H/28	2374 L/16	2349 L/37	13
20008 E/29	20007 A/7	20004 K/20	2102 V/47	2099 F/29	2351 U/21	2374 K/22	2349 E/34	14
20008 B/2	2103 L/32	20004 I/6	2102 K/39	2099 U/23	2351 F/6	2374 M/8	2349 U/35	15
20008 V/4	2103 V/31	20004 E/12	2102 S/42	2360 L/39	2983 H/6	20107 R/5	20005 H/41	16
20008 H/3	2103 K/15	2997 G/33	2102 V/42	2360 V/35	2983 J/21	20107 B/29	20005 N/26	17
2980 S/51	20111 U/49	2997 J/25	2102 E/46	2360 R/37	2983 B/7	20107 D/2	20005 J/7	18
2980 V/49	20111 O/54	2997 N/5	2658 E/9	2360 F/41	2983 K/34	20107 K/5	20005 E/56	19
2980 K/48	2373 C/2	2997 K/10	2658 E/25	2360 K/35	2918 T/33	20107 P/22	20005 V/54	20
2980 C/47	2981 E/6	2098 J/46	2658 K/33	2657 P/5	2101 C/13	20003 B/37	2987 A/19	21
2980 N/50	2350 G/58	2098 S/47	2658 G/17	2657 J/5	2101 B/34	20003 L/40	2987 H/30	22
2361 S/52	2355 F/27	2098 N/40	2658 S/10	2657 C/22	2101 D/28	20003 U/33	2987 I/9	23
2361 R/57	2355 M/7	2098 N/56	2654 E/21	2657 A/3	2101	20003 C/43	2987 O/23	24
2998 N/7	2355 B/13	2098 D/48	2654 R/34	2657 M/30	2101 I/15	20003 P/40	2987 I/18	25
2998 S/2	2365 M/18	2986 T/38	2654 N/2	2982 K/56	2975 P/6	2985 U/38	20002 N/22	26
2998 S/22	2365 T/26	2986 P/31	2654 U/9	2982 T/47	2975 B/6	2985 G/13	20002 C/33	27
2998 F/1	2375 L/33	2986 I/28	2659 I/2	2982 J/39	2975	2985 U/5	20002 H/4	28
2002 U/36	2375 I/24	2986 A/10	2659 A/4	2982 P/56	2975 C/20	2985 G/19	20002 B/4	29
2002 I/16	2375 U/12	2355 O/32	2659 L/30	2982 D/41	2975 M/28	2985 T/17	20002 C/15	30
2976 L/35	2375 N/4	2976 J/18	2659 U/11	20108 D/11	2371 J/32	2985 P/21	2356 L/45	31
2979 B/1	2097 F/5	20110 J/51	2659 K/24	20108 J/30	2371 S/9	2985 N/26	2356 P/50	32
2979 J/34	2097 T/2	2981 D/14	2992 L/12	20108 H/23	2371 G/7	2985 E/7	2356 C/50	33
2979 C/2	2097 L/2	2981 J/12	2992 F/28	20108 R/13	2371 M/25	2985 M/6	2356 K/50	34
20109 V/16	2097 B/21	2981 M/29	2992 N/28	20012 V/6	2371 O/5	2985 G/31	2356 S/44	35
2653 J/52	2097 H/31	2981 H/20	2992 G/14	20012 P/33	2353 T/50	2363 R/44	2655 C/17	36
2653 L/58	2978 E/37	20006 E/4	2352 M/31	20012 E/20	2353 N/45	2363 A/48	2655 H/16	37
2776 K/27	2978 M/40	20006 A/31	2352 L/4	20012 E/1	2353 T/43	2363 T/54	2655 C/32	38
2357 O/58	2978 V/45	20006 E/41	2352 N/11	20011 C/18	2353 F/9	2363 N/54	2655 L/11	39
2378 E/43	2978 T/39	20006 R/29	2352 F/4	20011 O/29	2353 E/44	2363 N/45	2364 F/7	40
2352 F/4	2363 N/45	2353 E/44	2364 F/7	2978 T/39	2378 E/43	20006 R/29	20011 O/29	41
2352 N/11	2363 N/54	2353 F/9	2655 L/11	2978 V/45	2357 O/58	20006 E/41	20011 C/18	42
2352 L/4	2363 T/54	2353 T/43	2655 C/32	2978 M/40	2776 K/27	20006 A/31	20012 E/1	43
2352 M/31	2363 A/48	2353 N/45	2655 H/16	2978 E/37	2653 L/58	20006 E/4	20012 E/20	44

2992 G/14	2363 R/44	2353 T/50	2655 C/17	2097 H/31	2653 J/52	2981 H/20	20012 P/33	45
2992 N/28	2985 G/31	2371 O/5	2356 S/44	2097 B/21	20109 V/16	2981 M/29	20012 V/6	46
2992 F/28	2985 M/6	2371 M/25	2356 K/50	2097 L/2	2979 C/2	2981 J/12	20108 R/13	47
2992 L/12	2985 E/7	2371 G/7	2356 C/50	2097 T/2	2979 J/34	2981 D/14	20108 H/23	48
2659 K/24	2985 N/26	2371 S/9	2356 P/50	2097 F/5	2979 B/1	20110 J/51	20108 J/30	49
2659 U/11	2985 P/21	2371 J/32	2356 L/45	2375 N/4	2976 L/35	2976 J/18	20108 D/11	50
2659 L/30	2985 T/17	2975 M/28	20002 C/15	2375 U/12	20002 I/16	2355 P/32	2982 D/41	51
2659 A/4	2985 G/19	2975 C/20	20002 B/4	20004 I/32	2002 U/36	2986 A/10	2982 P/56	52
2659 I/2	2985 U/5	2975	20002 H/4	2375 L/33	2998 F/1	2986 I/28	2982 J/39	53
2654 U/9	2985 G/13	2975 B/6	20002 C/33	2654 M/10	2998 S/22	2986 P/31	2982 T/47	54
2654 N/2	2985 U/38	2975 P/6	20002 N/22	2365 M/18	2998 S/2	2986 T/38	2982 K/56	55
2654 R/34	20003 P/40	2101 I/15	2987 I/18	2355 B/13	2998 N/7	2098 D/48	2657 M/30	56
2654 E/21	20003 C/43	2101	2987 O/23	2355 M/7	2361 R/57	2098 N/56	2657 A/3	57
2658 S/10	20003 U/33	2101 D/28	2987 I/9	2355 F/27	2361 S/52	2098 N/40	2657 C/22	58
2658 G/17	20003 L/40	2101 B/34	2987 H/30	2350 G/58	2980 N/50	2098 S/47	2657 J/5	59
2658 K/33	20003 B/37	2101 C/13	2987 A/19	2981 E/6	2980 C/47	2098 J/46	2657 P/5	60
2658 E/25	20107 P/22	2918 T/33	20005 V/54	2373 C/2	2980 K/48	2997 K/10	2360 K/35	61
2658 E/9	20107 K/5	2983 K/34	20005 E/56	20111 O/54	2980 V/49	2997 N/5	2360 F/41	62
2102 E/46	20107 D/2	2983 B/7	20005 J/7	20111 U/49	2980 S/51	2997 O/25	2360 R/37	63
2102 V/42	20107 B/29	2983 J/21	20005 N/26	2103 K/15	20008 H/3	2997 G/33	2360 V/35	64
2102 S/42	20107 R/5	2983 H/6	20005 L/41	2103 V/31	20008 V/4	20004 E/12	2360 L/39	65
2102 K/39	2374 M/8	2351 F/6	2349 U/35	2103 L/32	20008 B/2	20004 I/6	2099 U/23	66
2102 V/47	2374 K/22	2351 U/21	2349 E/34	20007 A/7	20008 E/29	20004 K/20	2099 F/29	67
2994 U/26	2374 L/16	2351 H/28	2349 L/37	20007 H/5	2372 P/38	20004 K/12	2099 F/15	68
2994 E/33	2374 F/14	2351 E/14	2349 N/33	20007 I/14	2372 S/33	2984 J/22	2099 M/5	69
2994 V/12	2374 K/30	2351 L/5	2349 L/25	2989 K/9	2372 P/55	2984 T/9	2099 E/8	70
2994 L/1	2993 N/6	2369 P/35	2995 M/2	2989 D/35	2372 P/46	2990 M/3	2379 M/23	71
2994 S/6	2993 G/9	2369 S/12	2995	2989 F/22	2996 L/46	2990 U/34	2379 N/29	72
20005 L/35	2993 I/29	2369 H/33	2995 P/28	2375 C/1	2996 O/53	2990 U/3	2379 N/10	73
20005 T/13	2993 R/30	2369 L/21	2995 F/23	20001 C/6	2996 O/48	2990 F/3	2379 E/2	74
20005 M/44	2993 M/14	2369 F/17	2995 E/3	20001 I/7	2996 L/54	2990 T/20	2379 T/1	75
20005 D/12	2991 I/33	20112 L/31	2366 A/29	20001 H/13	2656 J/35	2988 I/23	20010 B/3	76
20005 V/48	2991 J/13	20112 R/10	2366 C/56	2358 J/56	2656 A/8	2988 A/11	20010 H/8	77
20011 I/19	2991 I/26	20112 J/28	2366 G/5	2358 O/52	2656 T/24	2988 B/16	20010 S/23	78
20011 O/22	2991 M/19	20112 E/13	2366 J/10	2377 U/13	2656 M/20	2988 N/38	20010 H/2	79
20011 H/11	2991 S/18	20112 K/14	2366 G/50	2377 C/27	2978 F/44	2352 O/26	20010 H/29	80
2658 K/33	2098 J/46	2101 C/13	2981 E/6	20003 B/37	2980 C/47	2987 A/19	2657 P/5	81
2658 G/17	2098 S/47	2101 B/34	2350 G/58	20003 L/40	2980 N/50	2987 H/30	2657 J/5	82
2658 S/10	2098 N/40	2101 D/28	2355 F/27	20003 U/33	2361 S/52	2987 I/9	2657 C/22	83
2654 E/21	2098 N/56	2101	2355 M/7	20003 C/43	2361 R/57	2987 O/23	2657 A/3	84
2654 R/34	2098 D/48	2101 I/15	2355 B/13	20003 P/40	2998 N/7	2987 I/18	2657 M/30	85
2654 N/2	2986 T/38	2975 P/6	2365 M/18	2985 U/38	2998 S/2	20002 N/22	2982 K/56	86
2654 U/9	2986 P/31	2975 B/6	2654 M/10	2985 G/13	2998 S/22	20002 C/33	2982 T/47	87
2659 I/2	2986 I/28	2975	2375 L/33	2985 U/5	2998 F/1	20002 H/4	2982 J/39	88

2659 A/4	2986 A/10	2975 C/20	20004 I/32	2985 G/19	2002 U/36	20002 B/4	2982 P/56	89
2659 L/30	2355 P/32	2975 M/28	2101 E/46	2985 T/17	2002 I/16	20002 C/15	2982 D/41	90
2659 U/11	2976 L/35	2371 J/32	2356 L/45	2976 J/18	2985 P/21	2375 N/4	20108 D/11	91
2659 K/24	2979 B/1	2371 S/9	2356 P/50	20110 J/51	2985 N/26	2097 F/5	20108 J/30	92
2992 L/12	2979 J/34	2371 G/7	2356 C/50	2981 D/14	2985 E/7	2097 T/2	20108 H/23	93
2992 F/28	2979 C/2	2371 M/25	2356 K/50	2981 J/12	2985 M/6	2097 L/2	20108 R/13	94
2992 N/28	20109 V/16	2371 O/5	2356 S/44	2981 M/29	2985 G/31	2097 B/21	20012 V/6	95
2992 G/14	2653 J/52	2353 T/50	2655 C/17	2981 H/20	2363 R/44	2097 H/31	20012 P/33	96
2352 M/31	2653 L/58	2353 N/45	2655 H/16	20006 E/4	2363 A/48	2978 E/37	20012 E/20	97
2352 L/4	2776 K/27	2353 T/43	2655 C/32	20006 A/31	2363 T/54	2978 M/40	20012 E/1	98
2352 N/11	2357 O/58	2353 F/9	2655 L/11	20006 E/41	2363 N/54	2978 V/45	20011 C/18	99
2352 F/4	2378 E/43	2353 E/44	2364 F/7	20006 R/29	2363 N/45	2978 T/39	20011 O/29	100
2989 K/9	2984 T/9	2349 L/25	2372 P/55	2374 K/30	2351 L/5	2994 V/12	2099 E/8	101
20007 I/14	2984 J/22	2349 N/33	2372 S/33	2374 F/14	2351 E/14	2994 E/33	2099 M/5	102
20007 H/5	20004 K/12	2349 L/37	2372 P/38	2374 L/16	2351 H/28	2994 U/26	2099 F/15	103
20007 A/7	20004 K/20	2349 E/34	20008 E/29	2374 K/22	2351 U/21	2102 V/47	2099 F/29	104
2103 L/32	20004 I/6	2349 U/35	20008 B/2	2374 M/8	2351 F/6	2102 K/39	2099 U/23	105
2103 V/31	20004 E/12	20005 L/41	20008 V/4	20107 R/5	2983 H/6	2102 S/42	2360 L/39	106
2103 K/15	2997 G/33	20005 N/26	20008 H/3	20107 B/29	2983 J/21	2102 V/42	2360 V/35	107
20111 U/49	2997 J/25	20005 J/7	2980 S/51	20107 D/2	2983 B/7	2102 E/46	2360 R/37	108
20111 O/54	2997 N/5	20005 E/56	2980 V/49	20107 K/5	2983 K/34	2658 E/9	2360 F/41	109
2373 C/2	2997 K/10	20005 V/54	2980 K/48	20107 P/22	2918 T/33	2658 E/25	2360 K/35	110
20011 H/11	20010 H/29	2366 G/50	2377 C/27	2991 S/18	2102 V/42	20112 K/14	2352 O/26	111
20011 O/22	20010 H/2	2366 J/10	2377 U/13	2991 M/19	2656 M/20	20112 E/13	2988 N/38	112
20011 I/19	20010 S/23	2366 G/5	2358 O/52	2991 I/26	2656 T/24	20112 J/28	2988 B/16	113
20005 V/48	20010 H/8	2366 C/56	2358 J/56	2991 J/13	2656 A/8	20112 R/10	2988 A/11	114
20005 D/12	20010 B/3	2366 A/29	20001 H/13	2991 I/33	2656 J/35	20112 L/31	2988 I/23	115
20005 M/44	2379 T/1	2995 E/3	20001 I/7	2993 M/14	2996 L/54	2369 F/17	2990 T/20	116
20005 T/13	2379 E/2	2995 F/23	20001 C/6	2993 R/30	2996 O/48	2369 L/21	2990 F/3	117
20005 L/35	2379 N/10	2995 P/28	2375 C/1	2993 I/29	2996 O/53	2369 H/33	2990 U/3	118
2994 S/6	2379 N/29	2995	2989 F/22	2993 G/9	2996 L/46	2369 S/12	2990 U/34	119
2994 L/1	2379 M/23	2995 M/2	2989 D/35	2993 N/6	2372 P/46	2369 P/35	2990 M/3	120



oprava oproti původnímu plánu



část plochy, vyřazená z hodnocení 2008 pro nehomogenitu

Plán 4.

Výsadby potomstev semenného sadu borovice lesní Silov u Nepomuka

Progeny test of Scots pine, Silov, Nepomuk

Výsev: 28. 4. 1989, školka Křkavec, Plzeň

Spon: 1,4 x 0,7 m, 1 parcela: 7 x 7 m

Výsadba: 12. - 18. 4. 1991

4 opakování (1 opakování 5 x 10 sazenic)

Kontrola: X 1: Přestice IIA/BO/01/03/II/PJ

X 2: Stříbro A/BOR/156/6/3/TCH

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1			2360	2370	2357	2657	2379	2655	2364	2363	2373	2659	2667	2348	2353	1
2	2373	2348	2380	2367	2369	2667	2361	2366	2370	2659	2379	2658	2365	2354	2657	2
3	X 2	2369	2372	2659	2660	2363	2354	2658	2373	2371	2367	S 15	2358	2352	2359	3
4	2655	2658	2358	2360	2657	2656	2370	2351	2660	2352	2361	2350	2655	2380	2357	4
5	2366	2353	2657	2655	2372	2655	2380	2360	2371	2372	2655	X 2	2657	2374	2656	5
6	2351	2657	2365	2350	2655	2379	2374	2357	2353	2667	2348	2375	2355	2370	2369	6
7	2369	2364	X 1	2658	2353	2658	2348	2365	2354	2380	2657	2659	2366	2379	2370	7
8	2350	2656	2667	2371	2359	2365	2367	2370	2355	2369	2375	2373	2658	2367	2658	8
9	2353	2359	2366	X 2	2370	2372	2352	2657	2656	X 2	2374	2655	2363	2373	2364	9
10	2371	2357	2658	2373	2656	2366	2360	2655	2357	2350	2380	2351	X 1	2361	2660	10
11	2659	2660	2363	2351	2364	2358	2373	2657	2359	2352	2358	2371	2372	2360	2655	11
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	přístupová cesta

INITIAL EVALUATION OF SEED ORCHARDS OF SCOTS PINE IN THE WESTERN CZECH REPUBLIC

SUMMARY

This study is focused on the initial evaluation of two seed orchards and respective progeny trials. These were established as operational orchards by the LCR (Forests of the Czech Republic). Three traits were evaluated: total height, breast diameter, and stem form. REML-BLUP analysis was performed to predict breeding values in quantitative traits. In qualitative traits, simple phenotypic evaluation procedure was developed. Trees with strong form deformations were ranked as unacceptable and progenies with large share of such deformations were discarded from additional breeding activities. Predicted breeding values will be used as selection criterion to selection and optimum deployment of selected genotyped in advanced generation seed orchards.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Kaňák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Arboretum Sofronka, Plzeň - Bolevec, Česká republika
tel.: +420 377 521 886; e-mail: arboretum@sofronka.cz

KVALITA A ZDRAVOTNÍ STAV BUKVIC SBÍRANÝCH ZE ZEMĚ A ZE SÍTÍ

QUALITY, AND FUNGUS CONTAMINATION, OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA*)
BEECHNUTS COLLECTED FROM THE FOREST FLOOR AND FROM NETS SPREAD ON THE FLOOR

ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Uherské Hradiště

ABSTRACT

Moisture content (MC), viability, germination, peak value (PV) and mean germination time (MGT) and the occurrence of seed borne fungi were evaluated for beechnuts collected in 2001 and 2003 from both the forest floor and from nets spread on the floor. Mean moisture content was significantly higher in beechnuts from the 2001 crop than from the 2003 crop. However, no significant difference was found in the mean MC of beechnuts collected from the forest floor or from nets. Mean viability and germination of beechnuts from the 2003 crop was about 10% higher than that for beechnuts harvested in 2001. The viability of beechnuts collected from both the forest floor and nets in 2001 did not differ significantly; however, beechnuts harvested in 2003 from the forest floor had 10% higher viability than beechnuts collected from nets. For the 2001 crop, beechnuts from nets germinated better than beechnuts collected from the forest floor, while in the 2003 crop the opposite was true with significantly higher germination occurring for beechnuts picked from the forest floor. Mean viability and germination in beechnuts from both crops was higher in beechnuts with lower MC no matter how they were collected. Lower PV occurred for beechnuts from nets for both the 2001 and 2003 harvests. One week longer MGT was observed for beechnuts from nets only in 2001 crop. For the 2003 crop no major difference occurred in total germination time for beechnuts collected from either the forest floor or nets at the same time and in the same forest stands. Beechnuts collected later germinated better and faster than those collected earlier from the same stands while the germination rate and capacity in other seedlots were lower when collected later in the same season. Similar numbers of fungi and species composition occurred for beechnuts regardless of collection year or method. The most prevalent fungi were species of *Penicillium*, *Alternaria*, *Mucor*, and *Trichothecium roseum* and *Acremoniella atra*. From 60 to 81% of the beechnut seedlots were infested with *Fusarium* species with infestation rates within lots with being up to 3% of the beechnuts per sample for seedlots collected directly from the forest floor and up to 1% within lots collected from nets. Beechnuts from nets yielded lower numbers of fungi as did seeds that were collected immediately after being shaken from trees and then collected from the forest floor.

Klíčová slova: *Fagus sylvatica*, semena, klíčivost, životnost, obsah vody, zdravotní stav

Key words: *Fagus sylvatica*, seeds, germination, viability, moisture content, seed borne fungi

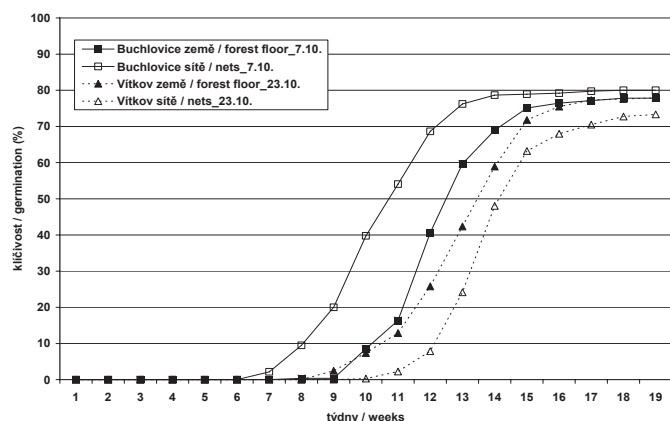
ÚVOD

Současné zastoupení buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) (6,7 %) představuje zhruba třetinu jeho předpokládaného optimálního zastoupení (přibližně 18 %). I přes průběžný nárůst podílu přirozené obnovy tvoří základ při zvyšování podílu buku v našich lesích umělá obnova, pro kterou je nezbytným předpokladem dostatečné množství vhodného osiva. Kvalitu semen obecně ovlivňuje více faktorů, mezi které vedle průběhu počasí a původu patří i manipulace s plody či semeny při sběru. Doba a způsob sběru jsou klíčovými momenty, které mají zásadní dopad na klíčivost a schopnost semen udržet si vitalitu zejména během dlouhodobého skladování.

Bukvice jsou přeléhavá semena, jejichž embryonální a obalová dormance (BARTHE et al. 2000, NICOLAS et al. 1997) se překonává několikaměsíční předosevní přípravou při 3 - 5 °C. V závislosti na hloubce dormance, ovlivněné průběhem teplot a srážek během dozrávání a genetickou predispozicí (proveniencí), může předosevní příprava bukvic trvat 4 - 12, někdy až 20 týdnů (GOSLING 1991, PROCHÁZKOVÁ et al. 2002). Na délku předosevní přípravy má vliv i doba mezi opadem bukvic a jejich sběrem. Optimální doba sbě-

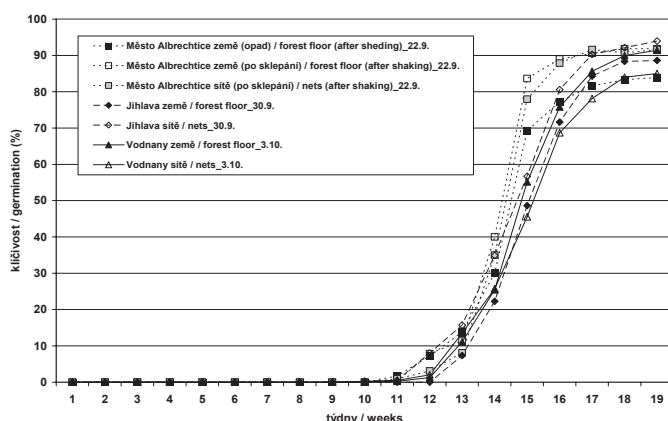
ru bukvic je co nejdříve po jejich opadu, ponechání semen dlouho po opadu na zemi negativně ovlivňuje jejich skladovatelnost (THOMSEN 1997). V době sběru se obsah vody v bukvicích pohybuje mezi 20 - 30 % v závislosti na průběhu počasí (SUSZKA et al. 1994). Při chladném a vlhkém podzimním počasí jsou bukvice ponechané po opadu na lesní půdu delší dobu vystaveny podmínkám, za kterých postupně dochází k překonávání jejich klíčního klidu. Podobně se částečně odbourává dormance u bukvic s vlhkostí nad 20 % po sběru přechodně (krátkodobě) skladovaných při teplotách nad 0 °C (SUSZKA et al. 1994, PROCHÁZKOVÁ 2003). Také vysušení bukvic na 8 % obsah vody pro dlouhodobé uskladnění se projevuje ve zkrácení délky předosevní přípravy až o 3 - 4 týdny ve srovnání s čerstvě sesbíranými bukvicemi (SUSZKA 1975, THOMSEN 1997).

Kvalitu bukvic také ovlivňují různé druhy mikroskopických hub, které mohou bukvice infikovat již při sběru. Některé houby přímo ovlivňují životaschopnost bukvic během jejich uskladnění a/nebo předosevní přípravy, jiné více či méně ohrožují růst a vývoj semenáčků lesních školách (plíseň buková *Phytophthora cactorum* (LEB. et COHN) SCHROET., *Rhizoctonia solani* KÜHN, druhy rodu *Verticillium*, *Fusarium* a *Cylindrocarpon*). Další druhy hub



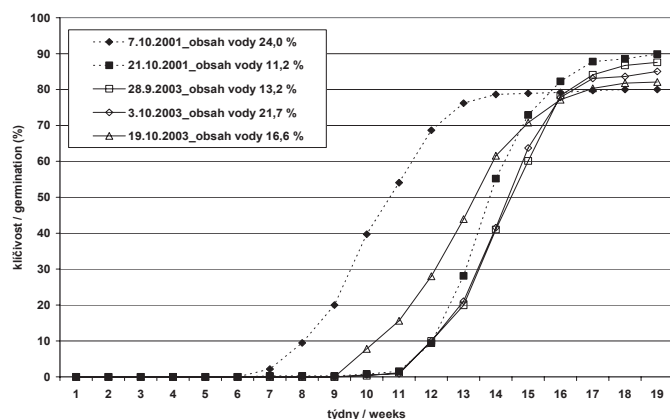
Graf 1.

Průběh klíčení bukvic sbíraných v říjnu 2001 ze země a ze sítě na LS Buchlovice (porost 307 D11) a LS Vítkov (porost 921 D10)
Germination of *Fagus sylvatica* beechnuts collected from the forest floor and from nets at Buchlovice (stand 307 D11) and Vítkov (stand 921 D10) in October, 2001



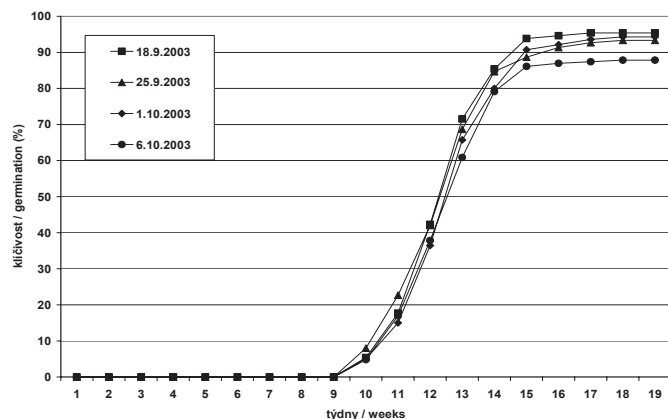
Graf 2.

Průběh klíčení bukvic sbíraných v říjnu 2003 ze země a ze sítě na LS M. Albrechtice (porost 602 C10), LS Jihlava (porost 4B 15a), a LS Vodňany (porost 204 C11)
Germination of *Fagus sylvatica* beechnuts collected from the forest floor and from nets at M. Albrechtice (stand 602 C10), Jihlava (stand 4B 15a) and Vodňany (stand 204 C11) in October, 2003



Graf 3.

Průběh klíčení bukvic sbíraných v roce 2001 a 2003 ze sítě na LS Buchlovice (porost 307 D11) 4
Germination of *Fagus sylvatica* beechnuts collected from nets at Buchlovice (stand 307 D11) in 2001 and 2003



Graf 4.

Průběh klíčení bukvic sbíraných v září a říjnu 2003 ze země na LS Nižbor (porost 431 C13)
Germination of *Fagus sylvatica* beechnuts collected from the forest floor at Nižbor (stand 431 C13) in both September and October, 2003

(např. *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*, *Gliocladium* apod.) indikují zdravotní stav bukvic a jejich případné fyziologické poškození nesprávnou manipulací během sběru, zpracování, sušení, skladování nebo předosevní přípravy (PROCHÁZKOVÁ, SIKOROVÁ 1997, 2002).

Ke kontaminaci bukvic půdními patogeny nejčastěji dochází po jejich opadu na lesní půdu. V 80. letech minulého století ve Francii způsobilo napadení bukvic běžně rozšířeným půdním druhem *Rhizoctonia solani* hospodářsky významné ztráty u bukových sítí (PERRIN 1979). K podobnému případu došlo ve Velké Británii v roce 1989, kdy byly bukvice infikovány půdními patogeny rodu *Pythium*, které způsobily vysokou mortalitu klíčících bukvic (GORDON 1992).

Při dozrávání bukvic nejdříve opadávají bukvice nevyvinuté, prázdné nebo napadené hmyzem, a asi o 1 týden později bukvice

plné (GORDON 1992). Bukvice sbírané klasickým způsobem ze země tak běžně obsahují i neproduktivní semena, která mohou být zdrojem houbové infekce. Proto se v západní Evropě (např. v Dánsku, Francii, Německu), Polsku, a později i u nás, pro sběr bukvic začaly používat polypropylenové plachty či sítě, které se umísťují v porostu až po opadu semen prázdných nebo napadených hmyzem. Výhodou jejich použití je nejen menší znečištění a snadnější manipulace s osivem, ale také předpokládané snížení možnosti infekce některými půdními patogenními houbami - zejména druhem *Phytophthora cactorum* (plíseň buková), *Rhizoctonia solani*, různými druhy rodu *Verticillium*, *Fusarium* a *Cylindrocarpum*. Další výhodou je kontrola proveniencí sbíraných bukvic a manipulace s nimi od okamžiku sběru po uskladnění (JANČAŘÍK, PROCHÁZKOVÁ 1995).

Tab. 1.Přehled porostů buku (*Fagus sylvatica*), kde proběhl sběr bukvic ze země a ze sítíList of forest stands of European beech (*Fagus sylvatica*) where beechnuts were collected from either the forest floor or from nets suspended above the floor

Lesní správa/ Forest unit	Porost/ Stand	Datum sběru/Collection date			
		Sběr/Collection 2001		Sběr/Collection 2003	
		země/forest floor	sítě/nets	země/forest floor	sítě/nets
Buchlovice	307 D11	1. - 7. 10.	1. - 7. 10.		28. 9.
			15. - 21. 10.		3. 10.
					19. 10.
Vítkov	921 D10	23. 10.	23. 10.		
Město Albrechtice	602 C10			22. 9.	22. 9.
Jihlava	4B 15a			30. 9.	30. 9.
Vodňany	204 C11			2. - 3. 10.	2. - 3. 10.

Přestože se sítě pro sběr bukvic používají několik dekád, není přesně známo, zda a jak se liší kvalita bukvic sbíraných ze země a ze sítí a zda skutečně dochází ke snížení či eliminaci infekce půdními patogeny. Naše práce se proto zaměřila na zjištění vlivu sběru ze země a ze sítí na kvalitu, hloubku klíčného klidu a zdravotní stav bukvic.

MATERIÁL A METODIKA

Sběr bukvic

Pro zjištění kvality bukvic z jednotlivých roků zrání (2001 a 2003) bylo zpracováno celkem 75 vzorků bukvic, z toho 53 vzorků po sběru ze země a 22 vzorků ze sítí. Ve většině porostů byly získány vzorky buď sběrem ze země nebo ze sítí, pouze v pěti porostech (tab. 1) byly bukvice sesbírány současně oběma způsoby. Převážná část vzorků při sběru ze země byla získána po přirozeném opadu (71), ve 4 případech po sklepaní na zem. Při sběru ze sítí umístěných pod porosty byly v 7 případech bukvice posbírány okamžitě po sklepaní, 15 vzorků bylo získáno po opadu na síť, které byly ponechány pod stromy několik dní (maximálně týden).

V roce 2001 proběhl sběr většiny vzorků bukvic během října a bylo získáno celkem 44 vzorků z 22 LS (31 porostů). Také v roce 2003 byla sesbírána převážná část vzorků v říjnu, první vzorky, ale pocházely už z poloviny září a poslední vzorky z prvního listopadového týdne. V tomto roce bylo získáno celkem 31 vzorků z 10 LS (17 porostů).

Hodnocení kvality bukvic

Kvalita bukvic (obsah vody, životnost, klíčivost a absolutní hmotnost) byla hodnocena podle ČSN 48 1211 (2006). Klíčivost a životnost byla přepočítána na plná semena. Rychlost klíčení byla hodnocena pomocí dvou indexů - průměrné doby klíčení (MGT = Mean Germination Time) (FERNÁNDEZ et al. 1997) a kulminace klíčení (PV = Peak Value) (CZABATOR 1962).

Hodnocení zdravotního stavu bukvic

Zdravotní rozbor byl proveden u bukvic ze sběru v roce 2001 (37 vzorků sbíraných ze země a 7 vzorků ze sítí) a 2003 (11 vzorků ze země, 12 vzorků ze sítí). Zdravotní stav byl hodnocen u bukvic

inkubovaných ve vlhké komůrce. Bylo použito 4 x 100 ks bukvic, z toho u dvou stovek bylo odstraněno osemení. Při přípravě bukvic bez osemení se evidovaly bukvice napadené hmyzem, houbami a prázdné. Jedna stovka bukvic bez a s osemením se dezinfikovala po dobu 30 s v roztoku Sava (1l vody + 250 ml Sava), potom se bukvice 2x propláchly sterilní destilovanou vodou. Do připravených vysterylizovaných Petriho misek s filtračním papírem se bukvice naskládaly tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Inkubace všech čtyř variant (s/bez osemení a s/bez osemení po povrchové sterilizaci) probíhala 1 týden v termostatu při 16 °C a potmě, po týdnu se misky přenesly do laboratoře (20 °C) a při denním světle se zde ponechaly ještě další týden. Po prvním i druhém týdnu inkubace se kontroloval výskyt hub a počet vyklíčených bukvic. Po dvou týdnech inkubace se zdravotní rozbor ukončil.

Statistické vyhodnocení výsledků

Vliv způsobu sběru a roku zrání na obsah vody, životnost a klíčivost plných bukvic byl vyhodnocen porovnáním rozdílů geometrických průměrů hodnot u bukvic sbíraných ze země a ze sítí ze sběrů 2001 a 2003 podle ISTA Rules (2009), tabulky 5.2 (klíčivost; $p = 2,5 \%$), tabulky 6.1 (životnost; $p = 2,5 \%$) a tabulky 9.1 (obsah vody).

VÝSLEDKY

Celková kvalita bukvic sbíraných v porostech ze země a ze sítí v roce 2001 a 2003

- **Obsah vody**
Bukvice, které dozrávaly na podzim 2001, měly významně vyšší průměrný obsah vody (20,4 - 22,4 %) než bukvice (15,6 - 16,7 %) ze sběru 2003, kdy více než polovina vzorků měla vlhkost semen pod 20 %. Nebyl ale zjištěn významný rozdíl v průměrném obsahu vody u bukvic sbíraných ze země a ze sítí v roce 2001 nebo 2003 (tab. 2).
- **Životnost a klíčivost**
Průměrná životnost a klíčivost bukvic z úrody 2003 byla významně vyšší než u bukvic sbíraných v roce 2001 (tab. 2). Životnost bukvic sbíraných ze země a ze sítí v roce 2001 se významně nelišila,

Tab. 2.

Průměrná kvalita bukvic sbíraných ze země a na sítě v letech 2001 a 2003
Mean quality of beechnuts collected from forest floor or from nets in 2001 and 2003

Hodnocený parametr/Evaluated parameter	Sběr/Collection			
	2001		2003	
	země/forest floor	sítě/nets	země/forest floor	sítě/nets
Obsah vody/Moisture content (%)	22,4a	20,4a	15,6b	16,7b
Životnost/Viability (%) ¹	67c	71c	89a	77b
Klíčivost/Germination (%) ¹	73c	79b	87a	77b
Kulminace klíčení/Peak Value ¹	4,63c	4,56c	5,40a	5,02b
Průměrná doba klíčení (týden)/Mean Germination Time (week) ¹	17	18	16	16
Začátek klíčení (týden)/ Start of germination (week)	8	9	10	9
Celková délka klíčení (týdny)/Total length of germination (weeks)	18	19	18	19
Počet vzorků/Number of samples	37	7	16	15

Mezi hodnotami v řádku označenými stejnými písmeny nebyly zjištěny významné rozdíly/Mean values in the rows with the same letter are not different ($p = 2,5\%$); ¹geometrický průměr/geometrical mean values

i když vyšší průměrnou životnost měly bukvice ze sítě. Naopak u úrody 2003 měly životnost významně vyšší bukvice sbírané ze země (o 12 % vyšší než bukvice ze sítě). Stejný trend byl zjištěn u klíčivosti. U sběru z roku 2001 podstatně lépe klíčily bukvice sbírané ze sítě, naopak v roce 2003 měly významně vyšší klíčivost bukvice sebrané ze země (tab. 2).

• Průběh klíčení

Významně vyšší hodnoty kulminace klíčení vyjádřené pomocí Peak Value potvrzují vyšší rychlost klíčení a tím i vyšší vitalitu bukvic ze sběru 2003. U obou úrod byly zjištěny vyšší hodnoty kulminace klíčení u bukvic ze země ve srovnání s bukvicemi ze sítě (tab. 2). Průměrná doba klíčení (MGT), která indikuje hloubku dormance, byla o 1 - 2 týdny delší u bukvic z roku 2001 ve srovnání s úrodou 2003. Bukvice sbírané ze sítě v roce 2001 měly průměrnou dobu klíčení o 1 týden delší než bukvice získané tento rok ze země, u sběru 2003 nebyl pozorován žádný rozdíl mezi průměrnou dobou klíčení bukvic ze země a ze sítě (tab. 2). Začátek klíčení bukvic ze sběrů ze země a ze sítě během zkoušky klíčivosti byl u obou úrod rozdílný. U úrody 2001 začaly průměrně o 1 týden dříve klíčit bukvice sbírané ze země (4. až 10. týden, průměrně po 8 týdnech), zatímco u bukvic z roku 2003 klíčily o týden dříve bukvice sbírané ze země (5. - 13. týden, průměrně po 9 týdnech) (tab. 2). Celková průměrná doba klíčení bukvic z obou roků zrání byla o týden kratší u bukvic sbíraných ze země (tab. 2).

Kvalita bukvic sbíraných v porostech současně ze země a ze sítě

Klíčivost i průběh klíčení bukvic získaných sběrem současně ze země a ze sítě se u jednotlivých porostů liší (graf 1 a 2). Z úrody v roce 2001 byly vyhodnoceny bukvice ze dvou porostů (307 D11 na LS Buchlovice a porostu 921 D10 na LS Vítkov – tab. 1). U bukvic sesbíraných ze země i ze sítě na LS Buchlovice začátkem října 2001 (7. 10.) nebyl zjištěn významný rozdíl v celkové klíčivosti, ale bukvice ze sítě začaly klíčit o 2 týdny dříve než bukvice ze země (graf 1). Bukvice ze sítě měly vyšší obsah vody (24,0 %) než bukvice ze země (22,8 %). Průběh klíčení bukvic z porostu 921 D10 na LS Vítkov sesbíraných o 14 dnů později (23. 10.) než na LS Buchlovi-

ce byl opačný – o 2 týdny dříve začaly klíčit bukvice sesbírané ze země (obsah vody 21,5 %) než bukvice ze sítě (obsah vody 18,4 %) (graf 1). Ani u bukvic z tohoto porostu nebyl pozorován rozdíl v celkové klíčivosti. V obou případech klíčily dříve bukvice s vyšším obsahem vody.

Bukvice z úrody 2003, sesbírané v porostech na LS M. Albrechtice, LS Jihlava a LS Vodňany současně ze země a ze sítě (tab. 1), měly odlišný průběh klíčení. Bukvice z porostu na LS Vodňany klíčily po sběru ze země o 7 % lépe než po sběru ze sítě, ale průběh klíčení byl stejný u bukvic sbíraných oběma způsoby (graf 2). Také obsah vody se nelišil (11,5 % ze země a 11,6 % ze sítě). Naopak bukvice sesbírané ze země v porostech na LS M. Albrechtice a LS Jihlava měly celkovou klíčivost o 5 - 8 % nižší než po sběru ze sítě nebo bezprostředně po sklepaní i ze země (graf 2). Obsah vody byl vyšší u bukvic sebraných po opadu ze země.

Bukvice sbírané opakovaně ze sítě ve stejném porostu (307 D11 na LS Buchlovice) v roce 2001 a 2003 měly jak rozdílný obsah vody, celkovou klíčivost, tak i průběh klíčení v závislosti na termínu sběru (graf 3). Bukvice sesbírané první týden v říjnu 2001 (obsah vody 24,0 %) začaly klíčit o 4 týdny dříve než bukvice, sesbírané o 2 týdny později s obsahem vody 11,2 %. Celková klíčivost byla ale o 10 % vyšší u bukvic z pozdějšího sběru. Při sběru v roce 2003 byl rozdíl v klíčivosti bukvic sbíraných 28. 9. (obsah vody 13,2 %), 3. 10. (21,7 %) a 19. 10. (16,6 %) méně než 10 % (graf 3). Na rozdíl od roku 2001 začaly klíčit o 2 týdny dříve bukvice z posledního sběru (19. 10.), ale jejich klíčivost byla nejnižší.

Naopak průběh klíčení bukvic z opakovaných sběrů ze země v porostu 431 C13 na LS Nižbor se nelišil, ale celková klíčivost klesla z 95 % (sběr 18. 9.) na 88 % (sběr 6. 10.) (graf 4).

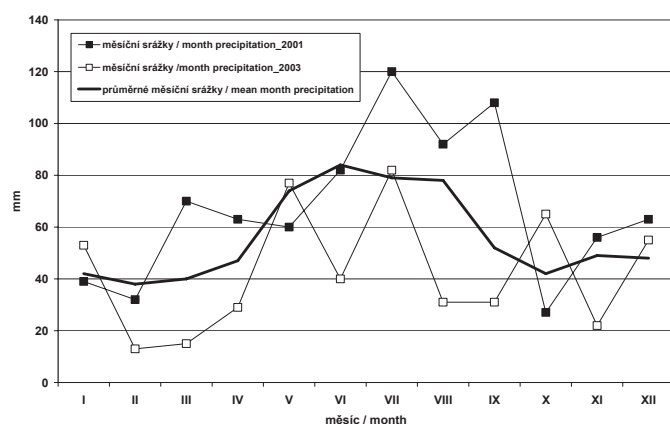
Zdravotní stav bukvic sbíraných na sítě a ze země a z opakovaných sběrů

Na bukvicích ze sběru 2001 a 2003 bylo zjištěno velmi podobné spektrum a počet druhů (rodů) hub. Převládaly saprofytické houby rodu *Penicillium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Trichothecium roseum* a *Acremonia atra*. Vysoký podíl vzorků bukvic ze sběru 2001 byl infikován půdními houbami rodu *Fusarium* (tab. 3). Přes relativ-

Tab. 3.

Výskyt hub na bukvic sbíraných ze země a na sítě v roce 2001 vyjádřený v procentech infikovaných vzorků
Occurrence of fungi on beechnuts collected from forest floor or from nets in 2001 in percentages of infected samples

Houby/Fungi	Podíl vzorků bukvic infikovaných jednotlivými houbami/ Samples of beechnuts infected with a specific fungus (%)	
	země/forest floor	sítě/nets
<i>Acremoniella atra</i>	46	43
<i>Acremonium</i>	5	0
<i>Alternaria</i>	97	100
<i>Botrytis cinerea</i>	3	0
<i>Cladosporium</i>	32	40
<i>Cylindrocarpon</i>	8	0
<i>Doratomyces stemonitis</i>	0	20
<i>Epicoccum nigrum</i>	3	0
<i>Fusarium</i>	81	60
<i>Gliocladium roseum</i>	19	0
<i>Gonatobotrys</i>	5	0
<i>Graphium</i>	3	0
<i>Chaetomium</i>	3	29
<i>Mucor</i>	81	71
<i>Oedocephalum glomerulosum</i>	22	14
<i>Papulaspora</i>	35	29
<i>Penicillium</i>	97	100
<i>Rhizopus nigricans</i>	11	14
<i>Trichocladium</i>	14	0
<i>Trichoderma</i>	3	0
<i>Trichothecium roseum</i>	59	43
<i>Verticillium</i>	0	14
Celkem rodů hub/Total number of fungus genus	20	13

**Graf 5.**

Průměrné měsíční srážky (normál) a měsíční srážky v ČR v roce 2001 a 2003

Mean monthly precipitation and monthly precipitation in 2001 and 2003 in the Czech Republic

ně malé množství infikovaných bukvic bylo vyšší napadení u sběrů ze země (do 3 %) než u sběrů ze sítí (do 1 %). Bukvice získané ze sítí byly infikovány menším počtem hub, ale v roce 2003 byly nejméně napadeny bukvice sbírané okamžitě po sklepaní ze země. Bukvice, sbírané na sítě nebo po opadu ze země, případně při opakovaném sběru ve stejném porostu, byly napadeny téměř stejným počtem hub a podobným druhovým zastoupením (tab. 4). Převládaly opět druhy rodů *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Trichothecium roseum*, *Oedocephalum glomerulosum*, *Mucor*, *Acremoniella atra* a *Fusarium*.

DISKUSE

Průměrný obsah vody bukvic ze sběrů v jednotlivých letech byl ovlivněn jak celkovými ročními srážkami, tak i jejich rozložením. Rok 2001 byl na srážky celkově bohatý a vysoké srážky v srpnu a zejména v září se odrazily ve vyšší průměrné vlhkosti dozrávajících bukvic. Naopak nízký obsah vody v bukvicích sbíraných v roce 2003 byl způsoben silně podprůměrnými celkovými ročními srážkami

(75 % normálu) a suchým srpnem a zářím, i když v říjnu během sběru bukvic byly srážky nadprůměrné (graf 5). Podle průběhu počasí se obsah vody při dozrávání bukvic pohybuje mezi 20 - 30 % (SUSZKA et al. 1994), ale deštivé počasí po opadu bukvic může způsobit jeho další zvýšení až na 32 - 37 % (MESSER 1960 in ANČÁK 1972, HLAVOVÁ 2008 – ústní sdělení). Bukvice sbírané ze země a ze sítí v roce 2003 měly téměř stejnou průměrnou vlhkost. Vyšší srážky, které přišly až v říjnu, se ale neprojeví ve vyšší průměrné vlhkosti bukvic sbíraných po opadu ze země, jak tomu bylo částečně u sběrů 2001. Bukvice sbírané po opadu ze země v roce 2001 měly vlhkost od 14,1 do 35,8 % a vlhkost nad 20 % mělo 70 % vzorků. Nejnižší obsah vody měly bukvice z roku 2003 sbírané koncem září ze sítí (10,1 %) a začátkem října ze země (10,6 %). Přestože průměrné hodnoty obsahu vody mezi bukvicemi sbíranými ze země a ze sítí se lišily o 1 - 2 %, byl zjištěn někdy dosti velký rozdíl ve vlhkosti bukvic ze země a ze sítí jak u jednotlivých vzorků sbíraných v různých porostech, tak i vzorků ze stejných porostů a stejné doby sběru. Dva vzorky bukvic sebrané ze sítí na LS Buchlovice 21. 10. 2001 měly rozdílný obsah vody (11,2 a 20,3 %), klíčivost i průběh klíčení. Příčina odlišného obsahu vody u těchto bukvic nebyla zjištěna. Bukvice s nižším obsahem vody (11,2 %) klíčily o týden dříve a dosáhly nejvyšší klíčivosti (graf 3), naopak bukvice s vlhkostí 20,3 % měly nejnižší klíčivost a nejhlubší dormanci (data neuvedena). To potvrzuje částečně zjištění THOMSEN (1997), že snížení vlhkosti bukvic může zkrátit dobu předsevní přípravy.

V roce 2003 se na celkově vysoké kvalitě a především klíčivosti bukvic pozitivně projevila vysoká fruktifikace bukových porostů (semenný rok), zatímco v roce 2001 buk plodil pouze pomístně. Kvalitu bukvic z úrody 2001 zřejmě negativně ovlivnil i průběh počasí v posledních měsících dozrávání – deštivé, ale studené září následoval suchý a teplý říjen. Naopak v roce 2003 bylo nadprůměrně teplé, ale suché září, po kterém přišly v říjnu deště a silné ochlazení. Zatímco u sběrů v roce 2001 nebyl zjištěn významný rozdíl v průměrné životnosti bukvic ze země a ze sítí, v roce 2003 byly průměrné hodnoty životnosti i klíčivosti významně vyšší (> 10 %) u bukvic sebraných ze země (tab. 2). Naopak bukvice získané ze sítí na podzim 2001 klíčily o něco lépe (> 5 %) než bukvice ze země. Vyšší průměrné životnosti i klíčivosti bukvic z obou úrod odpovídal nižší průměrný obsah vody (tab. 2). Průměrná rychlost klíčení, vyjádřená indexem kulminace klíčení (Peak Value), byla ale u obou úrod a především u sběrů 2001 nižší u bukvic získaných ze sítí. Bukvice získané ze sítí u obou úrod potřebovaly průměrně o 1 týden delší

dobu na vyklíčení (dosažení celkové klíčivosti). Průměrná doba klíčení (MGT) byla o 1 týden delší pouze u bukvic ze sítí ze sběru 2001, které začínaly klíčit rovněž o týden později. Tyto výsledky ukazují na hlubší klíční klid bukvic ze sítí v roce 2001.

Bukvice z úrody 2003 se ale chovaly odlišně. Celkově vyšší rychlost klíčení (PV) a kratší průměrná doba klíčení (MGT) proti úrodě 2001 potvrzují variabilitu v optimální délce předsevní přípravy mezi oddíly (vzorky) bukvic a úrodami (SUSZKA 1979, MULLER, BONNET-MASIMBERT 1989, GOSLING 1991, PROCHÁZKOVÁ et al. 2002). Stejná variabilita jak v celkové klíčivosti, tak i v průběhu a rychlosti klíčení, hloubce dormance se ukazuje i mezi sběry ze sítí a ze země v rozdílných porostech (graf 1).

Optimální doba sběru má být co nejdříve po přirozeném opadu bukvic, protože u bukvic ponechaných na zemi příliš dlouho může dojít k zhoršení jejich kvality (klíčivosti) (THOMSEN 1997). Tohle potvrzují i výsledky opakovaných sběrů bukvic ze země v porostu na LS Nižbor (graf 4). Naopak, sběry ze sítí jsou pravděpodobně více ovlivněny průběhem počasí, zejména srážek na dané lokalitě, kdy v některých letech mohou mít vyšší klíčivost bukvice sbírané v pozdějších termínech (graf 3).

Bukvice sbírané na sítě nebo sbírané ze země okamžitě po sklápání byly infikovány menším počtem hub. Pevládaly druhy saprofytické, z půdních patogenů byly bukvice napadeny nejčastěji houbami rodu *Fusarium*, ale nebyl zjištěn zásadní rozdíl v jejich výskytu na bukvicích sbíraných pomocí sítí nebo po opadu ze země. Infikováno bylo pouze 1 až 2 % bukvic. Výskyt hospodářsky významného patogena *Rhizoctonia solani* byl zjištěn na bukvicích ze sběru 2000 a 2001 (sběry ze země), uskladněných při -7 i -22 °C, což dokumentuje schopnost patogena přežít i tyto skladovací podmínky (PROCHÁZKOVÁ et al. 2004), na bukvicích hodnocených v rámci této studie ale patogen nebyl nalezen. Výše infekce houbou *Rhizoctonia* byla podobně jako u rodu *Fusarium* nízká. Nejúčinnější metodou pro eliminaci patogena *Rhizoctonia solani* je termoterapie, která se používá provozně např. v Polsku (luštiřna Jaroczin), Francii nebo Německu. Bukvice se vystaví působení teplé vody (41 °C po 1 hodinu) a za těchto podmínek dochází ke zničení patogena, ale klíčivost a životnost bukvic není negativně ovlivněna (DELFS-SIEMER 1993; poznatky z návštěvy pracovišť v Polsku a Německu). DELATOUR (1978) otestoval termoterapii jako jedinou účinnou metodu na ochranu žaludů proti *Ciboria batschiana*, podobně byla tato metoda vyzkoušena proti *Rhizoctonia solani* na bukvicích. Vliv termoterapie na klíčivost bukvic však u nás nebyl zatím sledován.

Tab. 4.

Počet druhů (rodů) hub na bukvicích sbíraných různým způsobem
Number of fungi species found on beechnuts collected by different procedures

Rok sběru/ Year of ripening	Počet druhů hub zjištěný na bukvicích/Fungus species determined on beechnuts			
	sběr ze země po opadu/ collection of dropped beechnuts from forest floor	sběr ze země po sklepání/ collection of shacked beech- nuts from the forest floor	sběr na sítě po opadu/ collection of dropped beechnuts from nets	sběr na sítě po sklepání/ collection of shacked beechnuts from nets
2001	20	n	10	11
2003	19	11	13	14

n – žádné vzorky/no samples

SHRNUTÍ A ZÁVĚR

- Nebyl zjištěn významný rozdíl v průměrném obsahu vody u bukvic sbíraných ze země a ze sítí v roce 2001 nebo 2003, i když teplota a srážky v srpnu a září významně ovlivnily průměrný obsah vody bukvic v těchto letech.
- Životnost a klíčivost bukvic ze země a ze sítí byla v průměru vyšší u bukvic s nižším obsahem vody: v roce 2001 u bukvic ze sítí, naopak v roce 2003 u bukvic ze země.
- Bukvice získané ze sítí u obou úrod měly průměrně nižší rychlost klíčení (Peak Value) a delší celkovou dobu klíčení než bukvice získané ze země.
- Průměrná doba klíčení (Mean Germination Time) byla delší u bukvic ze sítí ze sběru 2001, zatímco u sběru 2003 nebyl zjištěn žádný rozdíl.
- Sběr na sítě nebo sklepní na zem s okamžitým sběrem snížil pouze částečně kontaminaci bukvic houbami.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci výzkumného projektu QD0173 „Faktory ovlivňující kvalitu bukvic a žaludů během skladování“ financovaném MZe ČR. Poděkování patří zaměstnancům LČR, s. p., a dalších lesnických subjektů, kteří pomáhali zajistit vzorky bukvic, a pracovníkům laboratoře Semenářská kontrola za vynikající provedení technických prací. Poděkování patří i Dr. J. Sutherlandovi za kontrolu anglických textů a recenzentům za cenné připomínky.

LITERATURA

- ANČÁK J. 1972. Biológia a uskladňovanie semien lesných drevín. Bratislava, SAV: 339 s.
- BARTHE P., GARELLO G., BIANCO-TRICHANT J., LE PAGE-DEGIVRY M. T. 2000. Oxygen availability and ABA metabolism in *Fagus sylvatica* seeds. *Plant Growth Regulation*, 30: 185-191.
- DELFS-SIEMER U. 1993. Ergebnisse zur Thermotherapie von Eicheln und Bucheckern. *Allg. Forstz.*, 18: 927-930.
- DELATOUR C. 1978. Recherche d'une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (ZOPF) BUCHWALD chez le gland. *Eur. J. For. Pathology*, 8: 193-200.
- CZABATOR F. J. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, 8: 386-396.
- ČSN 48 1211, 2006. Lesní semenářství Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Praha, ČNI: 56 s.
- FERNANDEZ H., DOUMS P., FALLERI E., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 1997. Endogenous gibberellins and dormancy in beechnuts. In: Ellis, R. H., Black, M., Murdoch A. J., Hong, T. D. (eds.): *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher: 823: 311-321.
- GORDON A. G. (ed.) 1992. *Seed Manual for Forest Trees*. Forestry Commission Bulletin, 83: 132 s.
- GOSLING P. 1991. Beechnuts storage. A review and practical interpretation of the scientific literature. *Forestry*, 64: 51-59.
- International Rules for Seed Testing. 2009. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- JANČÁŘIK V., PROCHÁZKOVÁ Z. 1995. Ochrana bukvic během sběru, skladování a předosevní přípravy. In: *Sborník ze semináře Technologie sběru bukvic*. Hluboká, 24. 10. 1995. 6 s.
- NICOLÁS G., NICOLÁS C., RODRÍGUEZ D. 1997. Molecular approach to the role of ABA and GA3 in the dormancy of *Fagus sylvatica* seeds. In: Ellis, R. H., Black, M., Murdoch, A. J., Hong, T. D. (eds.): *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher: 823: 323-333.
- MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 1989. Breaking dormancy before storage: an improvement to processing of beechnut (*Fagus sylvatica* L.). *Seed Science and Technology*, 17: 15-26.
- PERRIN R. 1979. La pourriture des faines causée par *Rhizoctonia solani* KÜHN: incidence de cette maladie après les fainées de 1974 et 1976. Traitement curatif des faines en vue de la conservation. *European Journal of Forest Pathology*, 9: 89-103.
- PROCHÁZKOVÁ Z., SIKOROVÁ A. 1997. Fungi on beechnuts imported into the Czech Republic between 1994 and 1996. Pages 62-64. In: Procházková, Z., Sutherland, J. R. (eds.): *Proceedings of the ISTA Tree Seed Pathology Meeting*, Opocno, Czech Republic, October 9-11, 1996. ISTA. ISBN 3-906549-14-3.
- PROCHÁZKOVÁ Z., SIKOROVÁ A. 2002. Choroby a škůdci přenášení bukvicemi. In: *Sborník referátů z celostátního semináře Příčiny poškození buku v lesních školkách a možnosti preventivních opatření*. VÚLHM VS Opocno a Sdružení lesních školkařů ČR ve spolupráci s MZe, odvětvím lesního hospodářství, VÚLHM Jiloviště-Strnady, lesní ochrannou službou a SRS Rychnov nad Kněžnou. Opocno. 30. 5. 2002. s. 8-14.
- PROCHÁZKOVÁ Z., BEZDĚČKOVÁ L., MARTINCOVÁ J., PALÁTOVÁ E. 2002. Quality of beechnuts from different crop years. *Dendrobiology*, 47, Suppl.: 39-42.
- PROCHÁZKOVÁ Z. 2003. Faktory ovlivňující úspěšnost předosevní přípravy. In: *Sborník referátů ze semináře Perspektivy pěstování krytokořenného sadebního materiálu v podmínkách České republiky po vstupu do EU*. Dlouhá Loučka. 3. 9., 10 s.
- PROCHÁZKOVÁ Z., BEZDĚČKOVÁ L., PEŠKOVÁ V., KOLÁŘOVÁ P. 2004. Faktory ovlivňující kvalitu bukvic a žaludů během skladování. Projekt č. QD173. Závěrečná zpráva. Uherské Hradiště, VÚLHM-VS : 72 s.
- SUSZKA B. 1975. Cold storage of already after-ripened beech (*Fagus sylvatica* L.). *Arboretum Kornickie*, 20: 299-315.
- SUSZKA B. 1979. Seedling emergence of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed pre-treated by chilling without any medium at controlled hydration levels. *Arboretum Kornickie*, 24: 111-135.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 1994. Nasiona lesnych drzew lisciastych: od zbioru do siewu. Warszawa-Poznan, Wydawnictwo naukowe PWN: 299 s.
- THOMSEN K. A. 1997. The effect of harvest time and drying on dormancy and storability in beechnuts. In: Ellis, R. H., Black, M., Murdoch, A. J., Hong, T. D. (eds.): *Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher: 823: 45-51.

QUALITY, AND FUNGUS CONTAMINATION, OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA*) BEECHNUTS COLLECTED FROM THE FOREST FLOOR AND FROM NETS SPREAD ON THE FLOOR

SUMMARY

Moisture content (MC), viability, germination, peak value (PV) and mean germination time (MGT) and the occurrence of seed borne fungi were evaluated for beechnuts collected in 2001 and 2003 from both the forest floor and from nets spread on the floor. Mean moisture content was significantly higher in beechnuts from the 2001 crop than from the 2003 crop. However, no significant difference was found in the mean MC of beechnuts collected from the forest floor or from nets. Mean viability and germination of beechnuts from the 2003 crop were about 10% higher than that for beechnuts harvested in 2001. The viability of beechnuts collected from both the forest floor and nets in 2001 did not differ significantly; however, beechnuts harvested in 2003 from the forest floor had of 10% higher viability than beechnuts collected from nets. For the 2001 crop, beechnuts from nets germinated better than beechnuts collected from the forest floor, while in the 2003 crop the opposite was true with significantly higher germination occurring for beechnuts picked from the forest floor. Mean viability and germination in beechnuts from both crops were higher in beechnuts with lower MC no matter how they were collected. Lower PV occurred for beechnuts from nets for both the 2001 and 2003 harvests. One week longer MGT was observed for beechnuts from nets only in 2001 crop. For the 2003 crop no major difference occurred in total germination time for beechnuts collected from either the forest floor or nets at the same time and in the same forest stands. Beechnuts collected later germinated better and faster than those collected earlier from the same stands while the germination rate and capacity in other seedlots were lower when collected later in the same season.

Similar numbers of fungi and species composition occurred for beechnuts regardless of collection year or method. The most prevalent fungi were species of *Penicillium*, *Alternaria*, *Mucor*, and *Trichothecium roseum* and *Acremonium atra*. From 60 to 81% of the beechnut seedlots were infested with *Fusarium* species with infestation rates within lots being up to 3% of the beechnuts per sample for seedlots collected directly from the forest floor and up to 1% within lots collected from nets. Beechnuts from nets yielded lower numbers of fungi as did seeds that were collected immediately after being shaken from trees and then collected from the forest floor.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Zdeňka Procházková, prom. biol., CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Uherské Hradiště
Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice, Česká republika
tel.: 572 420 917; e-mail: prochazkova@vulhmuh.cz

VÝVOJ SOMATICKÝCH EMBRYÍ CHLUMNÍHO EKOTYPU SMRKU ZTEPILÉHO V SOUVISLOSTI SE ZMĚNAMI ENDOGENNÍHO OBSAHU SPERMIDINU, PUTRESCINU A SPERMINU

DEVELOPMENT OF SOMATIC EMBRYOS OF NORWAY SPRUCE HURST ECOTYPE IN CONNECTION WITH CONTENT CHANGES OF SPERMIDINE, PUTRESCINE AND SPERMINE

HELENA CVRČKOVÁ¹ - JANA MALÁ¹ - PAVLÍNA MÁCHOVÁ¹ - MILENA CVIKROVÁ²

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

²Ústav experimentální botaniky, Akademie věd České republiky, v. v. i., Praha

ABSTRACT

Somatic embryogenesis is a powerful tool for improvement of forest trees and is considered to be the *in vitro* plant propagation system for conifers. The process of somatic embryogenesis in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) can be divided into periods characterized by the different degree of embryonic tissue differentiation. Contents of free polyamines: putrescine, spermidine and spermine were determined in different developmental stages of hurst ecotype of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) somatic embryos: after 4 weeks of the growth of the embryogenic tissue on proliferation medium, after 2 and 5 weeks of the culturing on maturation medium, after 1 and 2 weeks in the course of desiccation phase. Maturation of somatic embryos was accompanied by increase of concentration of polyamines. Ivory-coloured torpedo stage embryos after 5 weeks on maturation medium with not yet well developed cotyledons contained the highest level of spermidine. Two weeks after desiccation the concentration of spermidine and putrescine decreased, whereas the content of spermine significantly increased. During the desiccation phase the radicles of embryos with well-developed cotyledons started changing its colour to the red. Mainly these embryos converted into plantlets. To improve the efficiency of somatic embryogenesis of less responsive genotypes the potential application of polyamines into the growth medium is discussed.

Klíčová slova: somatická embryogeneze, smrk ztepilý, spermidin, putrescin, spermin

Key words: somatic embryogenesis, Norway spruce, spermidine, putrescine, spermine

ÚVOD

Metoda somatické embryogeneze představuje efektivní způsob mikropropagace lesních dřevin vhodný zejména pro jehličnany. HACCUS (1978) definoval somatickou embryogenezi jako proces vytváření bipolárního embrya ze somatického pletiva. Somatická embrya podobně jako zygotická jsou samostatným objektem vznikajícím z jedné buňky a nemají společné cévní svazky s mateřským pletivem. Další *in vitro* vývin somatického embrya se velmi podobá zygotické embryogenezi (PIERIK 1987). Při nastavení optimálních kultivačních podmínek, kdy je v explantátových kulturách odstraněn vliv fyziologických procesů celistvé rostliny, dochází k násobnému zvýšení počtu embryí (PROCHÁZKA et al. 1998). K hromadnému namnožení klonů jehličnatých dřevin je možné užít systém bioreaktoru, kdy v kontrolovaných podmínkách lze získat na litr tekutého média několik tisíc embryí (PILATE et al. 2002).

Somatická embryogeneze představuje perspektivní metodu reprodukce obzvláště pro smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) KARST.), (BOENMAN 1985, HAKMAN et al. 1985, ATTREE et FOWKE 1993, CHALUPA 1985, CHALUPA et al. 1990, MALÁ 1991), kdy se podařilo somatická embrya zregenerovat v kompletní rostliny. Proces somatické embryogeneze probíhá v několika vývojových stádiích charakterizovaných rozdílným stupněm embryogenní diferenciace: indukce embryogenního pletiva, proliferace embryogenních kultur, zrání zakončené konverzí vyvinutých somatických embryí v kompletní rostliny. Širšímu uplatnění somatické embryogeneze v praxi však

brání nízké procento přežívajících rostlin vyklíčených ze somatických embryí (ATTREE, FOWKE 1993).

Embryogenní pletivo je indukováno především působením fytohormonů na zralá nebo nezralá zygotická embrya. CHALUPA (1985) uvádí, že zakládání embryogenních kultur z nezralých zygotických embryí iniciuje vyšší podíl embryogenního pletiva, stanovit však optimální zralost šišek není jednoduché. Indukce a navazující proliferací fáze vyžadují z fytohormonů auxiny a cytokininy, k navození zrání somatických embryí se využívá kyselina abscisová (ATTREE et al. 1991). Vývoj embryí a jejich konverze v kompletní výpěstky je ovlivňován nejen koncentrací a vzájemnými poměry růstových látek dodaných do kultivačního média, ale též obsahem endogenních fytohormonů. Změny obsahu endogenních hormonů (indolyl-3-octové kyseliny, abscisové kyseliny a etylenu) v průběhu vývoje somatických embryí u smrku sledoval VÁGNER et al. (2005). Bylo zjištěno, že kromě klíčové role auxinů a cytokininů hrají velmi důležitou funkci při diferenciálním procesu také polyaminy. Jedná se o látky s růstově regulační aktivitou, významné pro normální buněčný růst, které se uplatňují i v regulaci somatické a zygotické embryogeneze (KONG et al. 1998, SILVEIRA et al. 2004). Polyaminy se účastní širokého spektra fyziologických pochodů spojených s buněčným dělením, růstem a diferenciací rostlinných pletiv. Nejdůležitější polyaminy vyskytující se v rostlinách jsou putrescin, spermidin a spermin.

O mechanismu účinku polyaminů na somatickou embryogenezi u smrku ztepilého není zatím příliš mnoho známo. Výchozím růst-

Tab. 1.

Obsah putrescinu, spermidinu a sperminu v embryogenních kulturách smrku ztepilého kultivovaných 4 týdny na proliferačním médiu, 2 týdny na maturačním médiu, u zralých somatických embryí po 5 týdnech na maturačním médiu a ve vyvinutých embryích po 1 a 2 týdenní desikaci. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty $\pm$ směrodatná odchylka ze tří opakování.

Contents of putrescine, spermidine and spermine in Norway spruce embryogenic culture growing 4 weeks on proliferation medium, 2 weeks on maturation medium, in mature somatic embryos after 5 weeks on maturation medium and in embryos in the course of desiccation (after 1 and 2 weeks). Mean values $\pm$ SD of 3 replicates are presented.

Polyaminy/Polyamines	Putrescin/Putrescine	Spermidin/Spermidine	Spermin/Spermine
	nmol.g ⁻¹ suché hmoty/ nmol.g ⁻¹ dry matter	nmol.g ⁻¹ suché hmoty/ nmol.g ⁻¹ dry matter	nmol.g ⁻¹ suché hmoty/ nmol.g ⁻¹ dry matter
Embryogenní kultura po 4 týdnech na proliferačním médiu/ Embryogenic culture, proliferation medium 4 weeks	1 234,4 $\pm$ 112,2	1 361,7 $\pm$ 139,5	302,3 $\pm$ 26,5
Embryogenní kultura po 2 týdnech na maturačním médiu/ Embryogenic culture, maturation medium 2 weeks	1 850,5 $\pm$ 185,2	2 096,4 $\pm$ 199,3	392,4 $\pm$ 40,1
Zralá somatická embrya po 5 týdnech na maturačním médiu/ Mature embryos, maturation medium 5 weeks	2 831,7 $\pm$ 254,4	4 406,9 $\pm$ 450,2	833,7 $\pm$ 79,5
Zralá embrya po 1 týdnu desikace/ Mature embryos, desiccation 1 week	780,1 $\pm$ 70,8	2 473,1 $\pm$ 248,0	631,6 $\pm$ 57,5
Zralá embrya po 2 týdnech desikace/ Mature embryos, desiccation 2 weeks	520,5 $\pm$ 48,3	1 972,5 $\pm$ 188,4	1 455,5 $\pm$ 135,2

linným materiálem této studie byly embryogenní kultury založené z geneticky cenných jedinců chlumního ekotypu smrku ztepilého. V průběhu vývoje somatických embryí byly sledovány endogenní obsahy spermidinu, putrescinu a sperminu. Zjištěné poznatky o koncentracích sledovaných polyaminů v korelaci s vývojovými stadii embryí bude možné využít ke zefektivnění metody somatické embryogeneze u méně responsibilních klonů smrku ztepilého.

MATERIÁL A METODIKA

Indukce a proliferace somatické embryogeneze

Pro získání výchozího rostlinného materiálu byly sklizeny v polovině července nezralé šišky, rostoucí ve vrcholových partiích vybraných jedinců (vysokých kolem 40 - 50 m, přes 120 let starých) chlumního ekotypu smrku ztepilého v CHKO Labské pískovce a NP České Švýcarsko. Ve výběru donorových jedinců převažovaly rodičovské stromy. Sběr se uskutečnil na několika lokalitách, aby se dosáhlo založení sbírky embryogenních linií s větší genetickou variabilitou. Šišky byly skladovány při 4 °C a postupně zpracovány. Vyluštěná semena byla sterilizována v 1% roztoku NaClO (Savo, Bochemie ČR). Z nezralých semen byla extirpována zygotická embrya, která byla pro odvození embryogenních linií posazena na modifikované médium E (MALÁ et al. 1995). Základní komponenty (makroelementy, mikroelementy, vitamíny) byly převzaty z média GD (GUPTA, DURZAN 1986), k nim byly přidány cytokininy BAP (6-benzylaminopurin) 0,5 mg.l⁻¹, kinetin 0,5 mg.l⁻¹, auxin 2,4-D (2,4-dichlorfenoxycetá) 1,0 mg.l⁻¹ a médium bylo zpevněno gelritem 2 g.l⁻¹ (gelrit i hormony od Sigma, Chemical Co.), pH bylo upraveno na 5,8. Kultivace probíhala v klimatizovaných podmínkách ve tmě při teplotě 24 °C. Odvozené rostoucí embryogenní linie byly evidovány jako jednotlivé genotypy a byly pasážovány každé 4 týdny na čerstvé médium stejného složení za účelem namnožení embryogenních kultur.

Zrání somatických embryí

Za účelem získat zralá somatická embrya byly responsibilní embryogenní linie postupně přeneseny na maturační médium. Maturation probíhala na médiu E, ale pro navození konverze byly hormony použité v médiu pro indukci a proliferaci nahrazeny kyselinou abscisovou 8 mg.l⁻¹ (Sigma, Chemical Co.) a také byl přidán polyetylen glykol 20 g.l⁻¹ (Sigma, Chemical Co.). Roztok kyseliny abscisové byl vysterilizován filtrací přes membránový filtr (Anotop 10 Plus, Whatman) a přidán k ostatním složkám média až po jejich vyautoklávování. Kultury byly kultivovány ve stejných kultivačních podmínkách jako při předchozích fázích somatické embryogeneze a po týdnů přesazeny na čerstvé médium. Po 2 týdnech byly embryogenní kultury přesazeny na modifikované E médium obsahující auxin kyselinu indolyl-3-máselnou 0,1 mg.l⁻¹ (Sigma, Chemical Co.) a opět bylo přidáno 20 g.l⁻¹ polyetylen glykolu. Kultivace probíhala v klimatizovaných podmínkách při teplotě 24 °C, 16hodinové světelné fotoperiodě, s osvětlením o intenzitě 30 μ mol.m⁻².s⁻¹. Po 3 týdnech byla somatická embrya pro dokončení konverze vystavena desikaci.

Desikace

Embryogenní kultury s vyvinutými somatickými embryi byly kultivovány 1 týden ve tmě při nízké teplotě (4 °C). Pak byla somatická embrya oddělena od embryogenního suspenzorového pletiva a opatrně přemístěna do otevřených Petriho misek, které byly vloženy do exsikátoru. Desikace probíhala za postupného snižování vzdušné vlhkosti, které bylo dosaženo pomocí nasycených roztoků: hydrofosforečnanu sodného 95% vlhkost, síranu zinečnatého 90% vlhkost, síranu amonného 81% vlhkost, chlornanu sodného 75% vlhkost. Exsikátory byly umístěny v klimatizované místnosti při teplotě 24 °C a 16hodinové světelné fotoperiodě. Po vyklíčení byla embrya přemístěna do vysterilizovaného jemného perlitu navlhčeného naředěným roztokem MS (MURASHIGE, SKOOG 1962) v poměru 1 : 10.

Analýzy polyaminů

Embryogenní pletiva a somatická embrya byla odebírána pro analýzy v pěti intervalech jejich vývoje: po čtyřech týdnech kultivace na proliferačním médiu, po dvou a pěti týdnech kultivace na maturačním médiu, po jedno a dvoutýdenní desikaci. Odebrané vzorky (200 mg čerstvé hmoty) byly okamžitě zmrazeny v tekutém dusíku a do zpracování uloženy v hluboko mrazícím boxu při -80°C . Při zpracování byla rostlinná pletiva rozdrcena pomocí tekutého dusíku a přes noc extrahována při teplotě 4°C , v 5% roztoku kyseliny chloristé (na 100 mg pletiva 1 ml 5% kyseliny chloristé). Jako interní standard byl přidán 1,7-diaminoheptan. Extrakty byly centrifugovány 15 min. při 21 000 g. Hladiny polyaminů - putrescinu, spermidinu, sperminu - byly stanovovány pomocí metody HPLC (High Performance Liquid Chromatography) podle autorů SLOCUM et al. (1989) v Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i. Zjištěné hodnoty polyaminů jsou uvedeny v tabulce a vyjádřeny v $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ suché hmoty embryogenního pletiva.

Statistická analýza

Pro získání dat byly uskutečněny dva nezávislé experimenty, jejichž výsledky byly analogické. Vypočítané průměry a směrodatné odchylky ze tří opakování od každého experimentu jsou uvedeny v tabulce 1. Pro statistickou analýzu zjištěných hodnot obsahu polyaminů byl použit Student t-test.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Metodou HPLC byly stanoveny hladiny sledovaných polyaminů - putrescinu, spermidinu, sperminu v různých fázích vývoje embryogenní kultury (tab. 1). Naměřené hodnoty jsou vyjádřené v $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ suché hmoty embryogenního pletiva. V proliferační fázi embryogenní pletivo obsahovalo přibližně stejnou hladinu putrescinu a spermidinu, obsah sperminu byl podstatně nižší. Na maturačním médiu došlo již po 2týdenní kultivaci k výraznému navýšení obsahu putrescinu a spermidinu, obsah sperminu se navýšil mírně, v embryogenní kultuře se formovala globulární a částečně polarizovaná embrya. Podstatné zvýšení obsahu všech tří polyaminů bylo zjištěno po 5týdenní kultivaci na maturačním médiu. V této fázi byla již embrya oddělena od suspenzorového embryogenního pletiva a obsah spermidinu v nich značně převyšoval nad obsahem putrescinu. Tvarově převažovala embrya torpédovitěho charakteru, slonově zabarvená bez zřetelně vyvinutých kotyledonů (obr. 1). U embryí byl zjištěn 2,3krát vyšší obsah putrescinu, 3,2krát spermidinu a 2,7krát sperminu v porovnání s obsahem těchto látek v embryogenním pletivu v proliferační fázi. Po fázi maturace byla vyvinutá embrya kultivována jednotlivě a byla vystavena desikaci. Analýza obsahu polyaminů po prvním týdnu desikace ukázala významný pokles hladiny všech sledovaných polyaminů. V druhém týdnu pokračoval pokles putrescinu a spermidinu a naopak bylo pozorováno významné zvýšení sperminu, což by mohlo být způsobeno reakcí na stresové podmínky desikace. V průběhu 14denní desikace se u embryí zřetelně vyvinuly kotyledony a radikula, která u vyvíjejících se embryí byla zbarvena do červena (obr. 2) a v kompletní rostlině konvertovala pouze embrya s červeně zabarvenou kořenovou částí.

Sledováním obsahu polyaminů v průběhu somatické embryogeneze se zabývali někteří autoři, např. SILVEIRA et al. (2004) uvádí, že u *Pinus taeda* bylo nejvyšší zastoupení putrescinu, zatímco MINOCHA et al. (1999) u somatických i zygotických embryí *Pinus radiata* zjistil vysokou hladinu spermidinu, pozitivně korelujícího s jejich

vývojem, což bylo potvrzeno v této práci i u somatických embryí *Picea abies*. Rovněž u *Picea rubens* MINOCHA et al. (2004) determinoval u embryogenních kultur ve fázi proliferace a maturace převládající koncentraci spermidinu, avšak u pre-embryogenních kultur převažovala koncentrace putrescinu. Při testování dalších rostlin při vývoji somatických embryí byl u mrkve sledován vysoký obsah spermidinu, který značně převyšoval nad putrescinem ve fázi torpédovitých embryí (MENGOLI et al. 1989). Podobně byl výskyt spermidinu identifikován v průběhu vývoje somatických embryí v kulturách *Vigna aconitifolia* (KAUR-SAWHNEY et al. 1985), *Hevea brasiliensis* (EL HADRAMI, D'AUZAC 1992) a ve stadiu globulárních embryí v kulturách alfalfa (*Medicago sativa*) (CVIKOVÁ et al. 1999).



Obr. 1.

Embrya torpédovitěho charakteru smrku ztepilého, slonově zabarvená, po 5 týdnech kultivace na maturačním médiu
Ivory-coloured torpedo stage embryos of Norway spruce after 5-week cultivation on maturation medium



Obr. 2.

Embrya s červeně zabarvenou radikulou, která se dále vyvíjí v klíční rostlinu, po 2 týdnech desikační fáze
The embryos with red coloured radicles which further developed and converted into plantlets after 2 weeks of desiccation phase

ZÁVĚR

V průběhu vývoje somatických embryí smrku ztepilého byly zjištěny pomocí metody HPLC změny v obsahu sledovaných polyaminů a z dosažených výsledků vyplývá, že mění se hladiny polyaminů korelují s vývojovými stadii somatické embryogeneze, od iniciace embryogenního pletiva až po získání klíčících rostlin. Využití metody somatické embryogeneze při množení smrku ztepilého v lesnické praxi brání nedořešené problémy při konverzi somatických embryí zahrnující fáze maturace a klíčení. Výzkum se zaměřuje na studium regulačních růstových látek, které mají základní vliv na průběh somatické embryogeneze. Byla prokázána nezbytnost dodání exogenních fytohormonů pro efektivní somatickou embryogenezi. Dosažené výsledky potvrzují i významnou úlohu polyaminů ve vývoji somatických embryí a exogenně dodávané polyaminy by mohly ovlivňovat a zlepšovat indukci embryogenního pletiva a následný vývoj somatických embryí. KEVERS et al. (2000) potvrdili, že exogenní aplikace spermidinu v iniciační fázi významně zvýšila produkci embryí u kultur *Panax ginseng*. V současnosti se studují možnosti optimalizace metodických postupů somatické embryogeneze u méně responsibilních genotypů chlumního ekotypu smrku ztepilého.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru č. MZE0002070203 a výzkumného projektu NAZV č. QH82303.

LITERATURA

- ATTREE S. M., MOORE D., SAWHNEY V. K., FOWKE L. C. 1991. Enhanced maturation and desiccation tolerance of white spruce (*Picea glauca* [MOENCH.] VOSS.) somatic embryos: effects of a nonplasmolysing water stress and abscisic acid. *Annals of Botany*, 68: 519-525.
- ATTREE S. M., FOWKE L. C. 1993. Embryogeny of gymnosperms: advances in synthetic seed technology of conifers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 35: 1-35.
- BOENMAN C. H. 1985. Hormonal control of growth and differentiation in conifer tissues *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 27: 249-256.
- CVIKROVÁ M., BINAROVÁ P., EDER J., VÁGNER M., HRUBCOVÁ M., ZON' J., MACHÁČKOVÁ I. 1999. Effect of inhibition of phenylalanine ammonia-lyase activity on growth of alfalfa cell suspension culture: alterations in mitotic index, ethylene production, and contents of phenolics, cytokinins, and polyamines. *Physiologia Plantarum*, 107: 329-337.
- EL HADRAMI M. I., D'AUZAC J. 1992. Effects of polyamine biosynthetic inhibitors on somatic embryogenesis and cellular polyamines in *Hevea brasiliensis*. *Journal of Plant Physiology*, 140: 33-36.
- GUPTA P. K., DURZAN D. J. 1986. Somatic polyembryogenesis from callus of mature sugar pine embryos. *Bio/technology*, 4: 643-645.
- HACCIUS B. 1978. Question of unicellular origin of non-zygotic embryos in callus culture. *Phytomorphology*, 28: 74-81.
- HAKMAN I., FOWKE L. C., VON ARNOLD S., ERIKSSON T. 1985. The development of somatic embryos of *Picea abies* (Norway spruce). *Plant Science*, 38: 53-59.
- CHALUPA V. 1985. Somatic embryogenesis and plantlet regeneration from cultured immature and mature embryos of *Picea abies* /L./ KARST. *Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca*, 14: 65-90.
- CHALUPA V., MALÁ J., DUJÍČKOVÁ M. 1990. Somatic embryogenesis and regeneration of spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) and oak (*Quercus robur* L.). In: *Manipulation in vitro in higher plants. Proceedings Conference Instituti of Experimental Botany, Prague, CSAS, Olomouc*: 98 s.
- KAUR-SAWHNEY R. K., SHEKHAWAT N. S., GALSTON A. W. 1985. Polyamine levels as related to growth, differentiation and senescence in protoplast-derived cultures of *Vigna-acontifolia* and *Avena-sativa*. *Plant Growth Regulation*, 3: 329-337.
- KEVERS C., LE GAL N., MONTEIRO M., DOMMES J., GASPAR T. 2000. Somatic embryogenesis of *Panax ginseng* in liquid cultures: a role of polyamines and their metabolic pathways. *Plant Growth Regulation*, 31: 209-214.
- KONG L., ATTREE S. M., FOWKE L. C. 1998. Effects of polyethylene glycol and methylglyoxal bis (guanylhydrazone) on endogenous polyamine levels and somatic embryo maturation in white spruce (*Picea glauca*). *Plant Science*, 133: 211-220.
- MALÁ J. 1991. Organogenesis and somatic embryogenesis in Norway spruce. *Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca*, 17: 59-72.
- MALÁ J., DUJÍČKOVÁ M., KÁLAL J. 1995. The development of encapsulated somatic embryos of Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.). *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 18: 59-73.
- MENGOLI M., PISTOCCHI R., BAGNI N. 1989. Effect of long-term treatment of carrot cell-cultures with millimolar concentrations of putrescin. *Plant Physiology and Biochemistry*, 27/1: 1-8.
- MINOCHA R., SMITH D. R., REEVES C., STEELE K. D. MINOCHA S. C. 1999. Polyamine levels during the development of zygotic and somatic embryos of *Pinus radiata*. *Physiologia Plantarum*, 105: 155-164.
- MINOCHA R., MINOCHA S. C., LONG S. 2004. Polyamines and their biosynthetic enzymes during somatic embryo development in red spruce (*Picea rubens* SARG.). *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 40: 572-580.
- MURASHIGE T., SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
- PIERIK R. L. M. 1987. *In Vitro Culture of Higher Plants*. Dordrecht, Boston, Lancaster, Martinus Nijhoff Publishers: 344 s. ISBN 90-247-3531-9.
- PILATE G., PAQUES M., LEPLÉ J.-C., PLOMION C. 2002. Outils et méthodes. Les biotechnologies chez les arbres forestiers. *Revue forestiere francaise*, 54: 161-180.
- PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J. 1998. *Fyziologie rostlin*. 1. vyd. Praha, Academia: 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
- SILVEIRA V., FLOH E. I. S., HANDRO W., GUERRA M. P. 2004. Effect of plant growth regulators on the cellular growth and levels of intracellular proteins, starch and polyamines in embryogenic suspension cultures of *Pinus taeda*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 76: 53-60.
- SLOCUM R. D., FLORES H. E., GALSTON A. W., WEINSTEIN L. H. 1989. Improved method for HPLC analysis of polyamines, agmatine and aromatic monoamines in plant tissue. *Plant Physiology*, 89: 512-517.
- VÁGNER M., VONDRÁKOVÁ Z., FISCHEROVÁ L., VIČÁNKOVÁ A., MALBECK J. 2005. Endogenous phytohormones during Norway spruce somatic embryogenesis. In: Libiaková G., Gajdošová A. (eds.): *Proceedings COST 843 and 851 Action, Stará Lesná (28.6.-3.7.)*. Nitra, Institute of Plant Genetics and Biotechnology, SAS: 162-164.

DEVELOPMENT OF SOMATIC EMBRYOS OF NORWAY SPRUCE HURST ECOTYPE IN CONNECTION WITH CONTENT CHANGES OF SPERMIDINE, PUTRESCINE AND SPERMINE

SUMMARY

Embryogenic cultures were established from immature zygotic embryos of hurst ecotype of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) growing in Protected Landscape Area Labské pískovce and The České Švýcarsko National Park. Somatic embryogenesis is considered as an advantageous technique for *in vitro* propagation of conifers. The development of embryos as well as their conversion into complete plantlets is closely associated with changes in endogenous phytohormone levels. Beside the key roles of auxins and cytokinins, very important function in differentiation processes belongs to polyamines. Three commonly polyamines occurring in plants are putrescine, spermidine and spermine. The contents of putrescine, spermidine and spermine at different developmental stages of Norway spruce embryos were determined by means of HPLC. During the growth of the embryogenic culture of Norway spruce on proliferation medium, embryogenic tissue contained approximately equal putrescine and spermidine levels. The content of spermine at this stage was rather low. After 2 weeks of culture on maturing medium, when the culture contained globular and partly polarized embryos, the increase in all three polyamines was observed. Maturation of somatic embryos after 5 weeks was accompanied by increase of concentrations of putrescine (2.3 times), spermidine (3.2 times) and spermine (2.7 times) in comparison with above mentioned polyamines in embryogenic tissue on proliferation medium. At this stage the embryos could be separated from the remaining tissue. Ivory-coloured torpedo stage embryos with not yet well developed cotyledons formed the major part of embryos. In the course of desiccation phase for 2 weeks cotyledons became clearly developed and radicle parts changed their coloration and the embryos became biochemical mature. Only the embryos with red coloured radicle further developed and converted into plantlets. The analyses after 1 week of desiccation showed marked decrease in all three polyamines contents. During the second week of desiccation further decrease in putrescine and spermidine occurred, on the contrary, the level of spermine significantly increased. This increase could be interpreted as a non-specific response to desiccation stress. The studies of the possibility of improving the method of somatic embryogenesis in a less responsive hurst ecotype of Norway spruce by exogenous addition of polyamines are now in progress.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Helena Cvrčková, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 268; e-mail: cvrckova@vulhm.cz

OPTIMALIZACE MIKROPROPAGACE JEŘÁBU BŘEKU

OPTIMALIZATION OF WILD SERVICE TREE MICROPROPAGATION

PAVLÍNA MÁCHOVÁ - JANA MALÁ - HELENA CVRČKOVÁ - JAROSLAV DOSTÁL
 Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

For long-term sustainability of wild service tree genetic resources, micropropagation technologies could prove to be useful (DUJÍČKOVÁ et al. 1992, CHALUPA 1992, MALÁ et al. 2005). For standardized wild service tree procedures of micropropagation and for its effective exploitation in the forestry, some difficulties during rooting stage of organogenesis remain to be solved. In this study we compared the influences of three different aromatic cytokinins BAP, mT, and MeoBAPr on the multiplication of explants and the rooting of microcuttings of the wild service tree. The highest multiplication rate shows using of multiplication medium supplemented with BAP. Only 55 - 60 % of multiplication rate with BAP was observed in media containing MeoBAPr and mT. Numbers of successfully rooted plantlets were determined after 6 weeks of cultivation in the rooting medium. The highest numbers of rooted plantlets were achieved after transferring of the microcuttings from medium with MeoBAPr into one-third MS medium with NAA. We studied the influence of cold treatment during multiplication, 85 % of rooting rate of microcuttings of the wild service tree in this condition were reached.

Klíčová slova: jeřáb břek, mikropropagace, zakořeňování, cytokininy
Key words: wild service tree, micropropagation, rooting, cytokinins

ÚVOD

Jeřáb břek (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ) se řadí mezi vzácné druhy lesních dřevin. V lesních společenstvech se vyskytuje jen vtroušeně, netvoří čisté porosty, má malou konkurenční schopnost, plody jsou oblíbenou potravou zvěře (HEJNÝ, SLAVÍK 1992). Optimum výskytu leží v oblasti doubrav, v nichž zaujímá nejteplejší polohy. Jedná se o pomalu rostoucí strom, který může v 80 - 100 letech dosáhnout až výšky 20 - 25 m. Patří mezi také nejvíce ceněné druhy v dřevařském průmyslu (DEMESURE et al. 2000).

Pro dlouhodobé uchovávání genových zdrojů jeřábu břeku lze s úspěchem použít metodu mikropropagace (DUJÍČKOVÁ et al. 1992, CHALUPA 1992). V genové bance Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., je v současné době uchováváno 95 klonů jeřábu břeku. Metoda mikropropagace dospělých stromů jeřábu břeku byla popsána, např. MALÁ et al. (2005), avšak u některých klonů se objevují problémy spojené se zakořeňovací fází a následnou aklimatizací výpěstků *in vitro*.

Je obecně známo, že morforegulační procesy jsou u explantátových kultur ovlivněny především cytokininy a auxiny. Nejrozšířenějším a účinným cytokininem při mikropropagaci je syntetický cytokinin 6-benzylaminopurine (BAP). U některých rostlinných druhů včetně jeřábu břeku však byla po jeho použití pozorována inhibice tvorby kořenů nebo jejich nerovnoměrný růst (WERBROUCK et al. 1995, 1996), s největší pravděpodobností způsobený metabolity syntetizovanými v průběhu kultivace, a proto jsou testovány i další cytokininy, které by neměly při dlouhodobé aplikaci inhibiční účinky.

Cytokininy, purinové deriváty substituované na aminokyselině v poloze 6 (N⁶) se podílejí na regulaci mnoha fyziologických a vývojových procesů v rostlinách (LETHAM, PALNI 1983). Endo-

genní cytokininy se mohou vyskytovat v různých metabolických formách, např. ve formě volných bází, ribozidů (R), N-glukozidů (G), O-glukozidů (OG) a nukleotidů (5'MP) (LETHAM, PALNI 1983). V závislosti na charakteru substituce se mohou vyskytovat isoprenoidní nebo aromatické formy cytokininů. Mezi aromatické cytokininy patří 6-benzylaminopurine (BAP), meta- a ortho-topolin a jejich metabolity. Isoprenoidní formy jsou reprezentovány cytokininy odvozenými od báze N⁶- (Δ^2 - isopentenyl) adenin, dihydrozeatin a zeatin (STRNAD 1997). V naší práci jsme také sledovali vliv 3 rozdílných cytokininů BAP (6-benzylaminopurine), mT (6-(3-hydroxybenzylamino)purine) a MeoBAPr (6-(3-methoxybenzylamino) purine-9- β -D-ribofuranoside) na multiplikaci explantátů a na následné zakořeňování mikrořízků jeřábu břeku. Cytokininy mT a MeoBAPr byly získány z Laboratoře růstových látek Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i. Charakteristiku testovaných cytokininů uvádí ve své práci NOVÁK et al. (2008).

MATERIÁL A METODY

Indukce organogeneze

Primární kultury klonů jeřábu břeku byly založeny ze zimních pupenů (sběr koncem února) odebraných z dospělých rodičovských stromů a jiných kvalitních jedinců evidovaných ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Od každého klonu bylo izolováno 30 pupenů, které byly po sterilizaci v 1% roztoku SAVO (Bochemie, ČR) třikrát promyty sterilizovanou vodou. Ve sterilním prostředí byly odstraněny vnější šupiny pupenů a extirpované vzrostlé vrcholy byly umístěny na indukční agarové živné médium MS (MURASHIGE, SKOOG 1962) s obsahem 0,5 mg.l⁻¹ BAP

(6-benzylaminopurine), 0,1 mg.l⁻¹ IBA (β -indolylbutyric acid), glutamin 10 mg.l⁻¹, glycín 2 mg.l⁻¹, sacharóza 30 g.l⁻¹, agar (ČL 97, Dr. Kulich Pharma, s. r. o., ČR) 6 g.l⁻¹, pH 5,8 (50 ml média v Erlenmeyerově 100ml baňce). Kultivace probíhala v klimatizovaných podmínkách při teplotě 24 °C, 16hodinové světelné fotoperiodě a s osvětlením o intenzitě 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Proliferace nasazených explantátů v průběhu trvala přibližně 4 - 6 týdnů.

Multiplikace

Multiplikační fáze probíhala na živném médiu MS s obsahem BAP 0,2 mg.l⁻¹, IBA 0,1 mg.l⁻¹, glutamin 100 mg.l⁻¹, glycín 2 mg.l⁻¹, sacharóza 30 g.l⁻¹, agar 6 g.l⁻¹, pH 5,8. Explantáty byly kultivované při 24 °C a 12hodinové světelné periodě (36W/33 Philips tubes, Eindhoven, the Netherlands; intenzita osvitu 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) (obr. 1).



Obr. 1.

Vícevrcholová kultura jeřábu břeku kultivovaná na médiu s cytokininem BAP

Explants culture of wild service tree multiplied on medium with BAP

Zakořeňování

K zakořeňování explantátových kultur jeřábu břeku se použilo médium (1/3 koncentrované MS médium) bez cytokininů a s obsahem 14 mg.l⁻¹ NAA (α -naphthylacetic acid), výhony byly kultivovány ve tmě při 25 °C, po týdnu byly přesazeny na čerstvé médium se stejným složením a kultivovány na světle (36W/33 Philips Tubes, The Netherlands) s 12hodinovou světelnou periodou a intenzitou osvětlení 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Pro zefektivnění indukce rhizogeneze byla část výhonů vystavena chladové expozici. Explantátové kultury ve stadiu multiplikace byly přesazeny na čerstvé standardní multiplikační živné médium a 14 dní kultivovány ve standardních kultivačních podmínkách, tj. v klimatizované místnosti při teplotě 24 °C, 16hodinové světelné fotoperiodě a s osvětlením o intenzitě 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Poté byly kultury přeneseny do chladové místnosti a vystaveny po dobu 7 měsíců teplotě 5 °C a snížené intenzitě osvětlení 10 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Po přenesení zpět do standardních kultivačních podmínek a přesazení na čerstvé multiplikační médium došlo k regeneraci kultur, které byly následně přesazeny na zakořeňovací médium a proběhlo standardní výše popsané zakořeňování. Jako kontrolní materiál byly použity výhony stejných klonů kultivované bez chladové expozice. V každém experimentu bylo zakořeňováno nejméně 30 výhonů a pokus byl dvakrát opakován.

Testování cytokininů

a) multiplikace

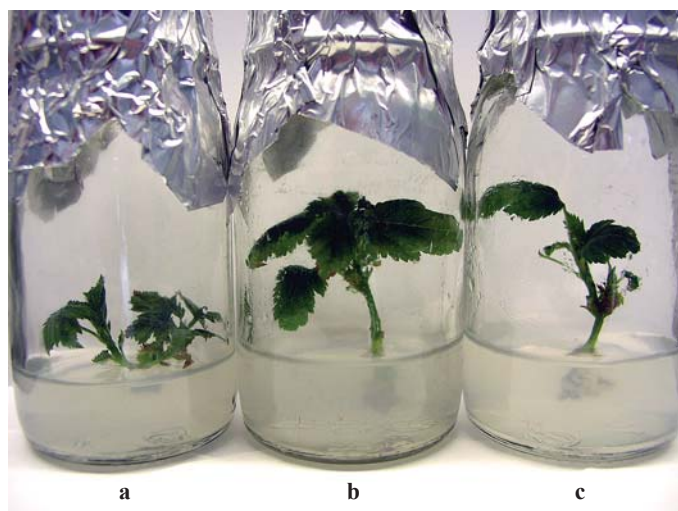
Pro testování vlivu cytokininů byly vybrány 3 klony jeřábu břeku kultivované 12 měsíců na multiplikačním médiu. Od každého klonu bylo odebráno 30 výhonů. Výhony byly rozděleny do 3 skupin a kultivovány na multiplikačním médiu s 3 testovanými cytokininy (BAP v koncentraci 0,2 mg.l⁻¹, mT v koncentraci 0,2 mg.l⁻¹, MeoBAPr v koncentraci 0,125 mg.l⁻¹). Experiment probíhal po dobu 12 týdnů, s 4týdenním intervalem pasážování explantátů na čerstvá živná média se stejným složením, poté bylo provedeno zhodnocení morfologické kvality a rychlosti růstu (počet nově vzniklých výhonů a jejich průměrná délka) na testovaných typech kultivačních médií. Experiment byl 3x opakován a získaná data byla vyhodnocena pomocí testu ANOVA a Duncanovým mnohonásobným pořadovým testem (DUNCAN 1995).

b) zakořeňování

Namnožené výhony po 3měsíční kultivaci na příslušných multiplikačních médiích s různými cytokininy (BAP v koncentraci 0,2 mg.l⁻¹, mT v koncentraci 0,2 mg.l⁻¹, MeoBAPr v koncentraci 0,125 mg.l⁻¹) byly využity k dopěstování kompletních rostlin. Pro indukci zakořeňování bylo 20 výhonů (od jednoho klonu) z každé testované skupiny umístěno na standardní zakořeňovací médium (1/3 koncentrované MS médium) bez cytokininů a s obsahem NAA (14 mg.l⁻¹), výhony byly kultivovány za standardních podmínek, viz výše. Hodnocení efektivnosti zakořeňování bylo provedeno po 6 týdnech kultivace na zakořeňovacím médiu. Experiment byl 3x opakován a získaná data byla vyhodnocena pomocí testu ANOVA a Duncanovým mnohonásobným pořadovým testem (DUNCAN 1995).

Aklimatizace a dopěstování výsadbyschopných sazenic

Ve fázi aklimatizace byly rostliny s vyvinutým kořenovým systémem přesazeny do agroperrlitu a jedenkrát denně zalévány základním roztokem MS ředěným 1 : 10 destilovanou vodou. Aklimatizace probíhala v klimatizované místnosti při teplotě 24 °C a 24hodinové světelné fotoperiodě, s osvětlením o intenzitě 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a při 90% relativní vzdušné vlhkosti. Po 14 dnech byly rostliny přesazeny do nesterilního substrátu tvořeného směsí zeminy, rašeliny, perlitu a poté byly přeneseny do skleníku, kde byly postupně adaptovány na 70% relativní vzdušnou vlhkost. Pro dopěstování byly použity obaly BBC Growing trays, které nebrání rozvoji kvalitního kořenového systému. Výpěstky in vitro byly dopěstovány do výsadbyschopných sazenic na venkovních záhonech v Experimentální školce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., na Baních.



Obr. 2.

Explantátové kultury jeřábu břeku kultivované na médiu s cytokininy BAP (a), MeoBAPr (b) a mT (c)

Explants cultures of wild service tree multiplied on medium with BAP (a), MeoBAPr (b) and mT (c)

VÝSLEDKY

Vliv chladové expozice na zakořeňovací fázi

Po přenesení explantátových kultur kultivovaných 7 měsíců v chladové místnosti zpět do standardních kultivačních podmínek a přesazení na čerstvé multiplikační médium došlo k jejich regeneraci. Po druhé pasáži byly namnožené adventivní výhony přesazeny na zakořeňovací médium. Při zakořeňování výhonů z vícevrcholových kultur vystavených chladové expozici došlo k významnému nárůstu počtu zakořeňovaných výhonů (85% úspěšnost zakořeňování) ve srovnání s kontrolním materiálem (35% úspěšnost zakořeňování).

Experiment s cytokininy

a) multiplikace

Pro indukci adventivních i axilárních pupenů byl mezi testovanými cytokininy nejefektivnější BAP. Nejvyšší multiplikační rychlost, při hodnocení počtu nově vzniklých výhonů na explantátovou kulturu, byla dosažena na médiu doplněném cytokininem BAP (24 ± 4 výhony). Na médiu s MeoBAPrem a mT bylo dosaženo pouze 55 - 60% účinnosti (tab. 1, obr. 2). Klonové rozdíly u explantátů jeřábu břeku nebyly pozorovány a použití rozdílných cytokininů nemělo vliv na morfologickou kvalitu a délku výhonů ($3,2 \pm 0,6$ cm u všech klonů).

b) zakořeňování

Počet zakořeňovaných rostlin byl hodnocen po 6 týdnech kultivace na zakořeňovacím médiu. V tabulce 2 jsou uvedeny počty kořenících výpěstků *in vitro*, nejvyšší počet ($15 \pm 2,5$) byl získán u explantátů kultivovaných nejdříve na médiu s MeoBAPrem a poté na 1/3 koncentrovaném MS médiu s obsahem NAA.

Aklimatizace a dopěstování výsadby schopných sazenic

V průběhu aklimatizace nebyl mezi sledovanými skupinami výpěstků *in vitro* (chladová expozice, použití různých typů cyto-

kininů ve fázi multiplikace) shledán rozdíl v mortalitě, případně morfologii výpěstků. Mortalita se pohybovala kolem 5 % u všech skupin. Růstové charakteristiky výpěstků odpovídaly parametrům 2letých semenáčků uvedených v ČSN 48 2115, změna Z1.

DISKUSE A ZÁVĚR

V současné době se jeřáb břek řadí k cenným listnáčům s velkým potenciálem pro případné využití v lesnictví a lesnické ekologii (DEMESURE et al. 2000). Přestože metodika mikropropagace byla již popsána (DUJÍČKOVÁ et al. 1992, CHALUPA 1992, BATTUT et al. 1993), existují velké klonové rozdíly zejména ve schopnosti rhizogeneze multiplikovaných výhonů. Jednou z hlavních příčin, které brání širšímu využití mikropropagačních technik u mnoha dřevin, je problém se zakořeňováním adventivních nebo axilárních výhonů. (COELHO et al. 2005, MALÁ et al. 2000). Mikropropagace jako vegetativní reprodukce představuje komplexní proces sestávající se z rozdílných vývojových stádií, které jsou ovlivňované rozdílnými endo a exogenními podněty. Tyto podněty regulují také růstové procesy *in vitro* (CENTENO et al. 1996). Dosud nebyl plně prostudován vliv auxinů, cytokininů a ostatních aktivních látek jako polyaminů nebo derivátů fenolických kyselin na morfogenetické procesy probíhající při diferenciaci rostlinných pletiv (ALTAMURA et al. 1993, SCHOLTEN 1998, CVIKROVÁ, HRUBCOVÁ 1999). Bylo např. prokázáno, že formování kořenů probíhá v několika fázích, ve kterých byl v pletivech stanoven vysoký obsah endogenních auxinů a především IAA (NAG et al. 2001). Přítomnost cytokininů je nezbytná i pro indukci buněčného dělení na počátku formování kořenů (DE KLERK et al. 2001), ale na rozdíl od auxinů vyšší obsah cytokininů potlačuje adventivní zakořeňování (BOLLMARK et al. 1988).

V rámci popsaných experimentů byl testován vliv rozdílných derivátů aromatických cytokininů, které se vyznačují silnou organogenní aktivitou a zároveň minimálně inhibují následné zakořeňování explantátů, na multiplikaci a zakořeňování výpěstků *in vitro* jeřábu břeku, a byla porovnávána jejich účinnost s obecně používaným cytokininem BAP. Pro indukci adventivních i axilárních pupenů a pro následnou multiplikaci byl nejefektivnější cytokinin BAP (tab. 1). U explantátů kultivovaných na multiplikačním médiu s BAP bylo po následné 6týdenní kultivaci na zakořeňovacím médiu naopak pozorováno nejmenší procento zakořeňování (35% úspěšnost zakořeňování). Nejlepších výsledků bylo dosaženo po kultivaci na médiu s MeoBAPrem (75% úspěšnost zakořeňování).

Tab. 1.

Srovnání průměrných počtů nově vytvořených výhonů v multiplikační fázi jeřábu břeku na rozdílných typech cytokininů

Comparison of the average numbers of new shoots influenced by different cytokinins (values coupled from 3 experiments)

Cytokinin/ Cytokinin	Průměrný počet nových výhonů $\pm$ SD/ No. of new shoots $\pm$ SD	mT	MeoBAPr	BAP
mT	$14,2 \pm 4,96$	-	N. S.	*
MeoBAPr	$13,3 \pm 4,76$	N. S.	-	*
BAP	$24,3 \pm 4,41$	*	*	-

*) rozdíly na 0,05 hladině významnosti na základě Duncanovu testu/significant according to the Duncan's multiple range test at the 0.05 level
N. S. – not significant; SD – standard deviation

Tab. 2.

Počet kořenících výhonů *in vitro* jeřábu břeku z celkového počtu 20 mikrořízků v závislosti na kultivaci na rozdílných typech cytokininů v průběhu multiplikační fáze (průměr a směrodatná odchylka ze tří opakování)

Comparison of the average number of rooted plantlets from 20 microcuttings (values coupled from 3 experiments)

Cytokinin	Počet zakořeněných mikrořízků ± SD/Number of rooted plantlets ± SD	MeoBAPr	mT	BAP
MeoBAPr	15,3 ± 2,52	-	*	*
mT	8,7 ± 3,51	*	-	N. S.
BAP	7,0 ± 3,00	*	N. S.	-

*) rozdíly na 0,05 hladině významnosti na základě Duncanovu testu/significant according to the Duncan's multiple range test at the 0.05 level

N. S. – not significant; SD – standard deviation

Srovnatelného výsledku při zakořeňování namnožených *in vitro* výhonů jeřábu břeku bylo dosaženo i po chladové expozici zdrojového materiálu (vícevrcholových kultur). Z hlediska efektivity (zkrácení doby nezbytné pro navození indukce rhizogeneze i ekonomická úspora s ohledem na nutnost pořízení chladové místnosti) je však výhodnější využití nového cytokininu MeoBAPr.

Aplikace poznatků o optimální koncentraci endogenních fytohormonů a o vlivu rozdílných exogenních cytokininů používaných v kultivačních médiích při mikropropagaci jeřábu břeku by mohla zlepšit účinnost zakořeňování *in vitro* nejen u jeřábu břeku, ale také u ostatních obtížně kořenících lesních dřevin.

Získané poznatky mohou přispět ke zlepšení účinnosti mikropropagace jeřábu břeku, využívaných při zachování genových zdrojů a u šlechtitelských programů zaměřených např. na zvýšení produkce a kvality dřevní hmoty.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru č. MZE0002070203.

LITERATURA

- ALTAMURA M. M., TORRIGIANI P., FALASCA G., ROSSINI P., BAGNI N. 1993. Morpho-functional gradients in superficial and deep tissues along tobacco stem: polyamine levels, biosynthesis and oxidation and organogenesis *in vitro*. J. Plant Physiol., 142: 543-551.
- BATTUT A., GRENIER E., MARCH G. 1993. Micropropagation de *Sorbus torminalis* L. CRANTZ. Rev. For. Fr., XLV: 284-288.
- BOLLMARK M., KUBÁT B., ELIASSON L. 1988. Variation in endogenous cytokinin content during adventitious root formation in pea cuttings. J. Plant Physiol., 132: 262-265.
- CENTENO M. L., RODRÍGUEZ I., FEITO I., FERNÁNDEZ B. 1996. Relationship between endogenous auxin and cytokinin levels and morphogenic responses in *Actinia deliciosa* tissue cultures. Plant Cell Rep., 16: 58-62.
- COELHO M. T., GRACA DIOGO M., CONSCIENCIA M., MARQUES F., GONCALVES J. C. 2005. Estudos na Fase de Rhizogénese de *Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ Micropropagando. 5 congresso florestal Pascoa, Actas das Comunicacoes: 1-8.
- CVIKROVÁ M., HRUBCOVÁ M. 1999. The role of phenolic substances in the processes of differentiation and morphogenesis. In: Strnad M., Peč P., Beck E. (eds.): Advances in Regulation of Plant Development. Prague, Peres Publications: 213-220.
- DE KLERK G. J., HANEČÁKOVÁ J., JASIK J. 2001. The role of cytokinins in rooting of stem slices cut from apple microcuttings. Plant Biosystems, 135: 79-84.
- DEMESURE B., LEGUERROUÉ B., LUCCHI G., PRAT D., PETIT R. J. 2000. Genetic variability of a scattered temperate forest tree: *Sorbus torminalis* L. (CRANTZ). Ann. For. Sci., 57: 63-71.
- DUJÍČKOVÁ M., MALÁ J., CHALUPA V. 1992. Vegetativní rozmnožování břeku (*Sorbus torminalis* L. CRANTZ) a oskeruše (*Sorbus domestica* L.) *in vitro*. [Vegetative reproduction of *Sorbus torminalis* L. CRANTZ and *Sorbus domestica* L. *in vitro*.] Práce VÚLHM, 77: 27-48.
- DUNCAN D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11: 1-42.
- HEJNÝ S., SLAVÍK B. 1992. Květena České republiky. Praha, Academia.
- CHALUPA V. 1992. Micropropagation of European mountain-ash (*Sorbus aucuparia* L.) and wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Cr.). In: Bajaj Y. P. S. (ed.): High-Tech and Micropropagation. II. Biotechnology in Agriculture and Forestry 18. Berlin, Springer-Verlag: 211-226.
- LETHAM D. S., PALNI L. M. S. 1983. The biosynthesis and metabolism of cytokinins. Ann. Rev. Plant Physiol., 34: 163-197.
- MALÁ J., KÁLAL J., CVRČKOVÁ H., CVIKROVÁ M., EDER J. 2000. The effect of reduction of exuded phenolic substances level on rooting of oak microcuttings. In: Cassels A. C., Doyle B. M., Curry P. F. (eds.): Proc. Int. Symp. Methods and Markers for Quality Assurance in Micropropagation. Acta Hort, 530: 353-360.
- MALÁ J., MÁCHOVÁ P., CVRČKOVÁ H., ČÍŽKOVÁ L. 2005. Využití mikropropagace pro reprodukci genových zdrojů vybraných ušlechtilých listnatých dřevin (*Malus sylvestris*, *Pyrus pyrausta*, *Sorbus torminalis*, *S. aucuparia* a *Prunus avium*). Zprávy lesnického výzkumu, 50: 219-224.
- MURASHIGE T., SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15: 473-497.
- NAG S., SAHA K., CHOUDHURI M. A. 2001. Role of auxin and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. J. Plant Growth Regul., 20: 182-194.
- NOVÁK O., HAUSEROVÁ E., AMAKOROVÁ E., DOLEŽAL K., STRNAD M. 2008. Cytokinin profiling in plant tissues using ultra-performance liquid chromatography – tandem mass spectrometry. Phytochemistry, 69: 2214-2224.
- SCHOLTEN H. J. 1998. Effect of polyamines on the growth and development of some horticultural crops in micropropagation. Sci. Hort., 77: 83-88.
- STRNAD M. 1997. The aromatic cytokinins. Physiol. Plant, 101: 674-688.
- WERBROUCK S. P. O., VAN DER JEUGT B., DEWITTE W., PRINSEN E., VAN ONCKELEEN H. A. 1995. The metabolism of benzyladenine in *S. floribundum* SCHOTT 'Petite' in relation to acclimatization problems. Plant Cell Rep., 14: 662-665.
- WERBROUCK S. P. O., STRNAD M., VAN ONCKELEEN H. A., DEBERGH P. C. 1996. Meta-topolin, an alternative to benzyladenine in tissue culture? Physiol. Plant, 98: 291-297.

OPTIMALIZATION OF WILD SERVICE TREE MICROPROPAGATION

SUMMARY

The wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ) is one of a scarce species among forest trees and occurs in scattered populations at low density in Central Europe. For long-term sustainability of wild service tree genetic resources, micropropagation technologies could prove to be useful. In micropropagation technology, 6-benzylaminopurine (BAP) is widely used as one of the most effective and affordable cytokinins. Nevertheless, it often induces disproportional growth or inhibition of rooting in a number of plant species (WERBROUCK et al. 1995, 1996) including the wild service tree.

The influence of three different aromatic cytokinin derivatives (6-benzylaminopurine, meta-topolin and 6-(3-methoxybenzylamino) purine-9- β -D-ribofuranoside (MeoBAPr)) on *in vitro* multiplication and rhizogenesis of the wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ) was compared. The highest micropropagation rate (24 new shoots per explant after 3 months of cultivation) was achieved on media containing BAP. On the other hand, the best rooting microcuttings were those multiplied on a medium containing MeoBAPr. The lowest percentages of rooted plantlets 6 weeks after transferring shoots on rooting medium were found on explants multiplied on BAP. 85% of rooting rate of microcuttings of the wild service tree was achieved under the cold treatment during multiplication phase.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Pavlína Máchová, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jiloviště, Česká republika
tel.: 257 892 268; e-mail: machova@vulhm.cz

SROVNÁNÍ ROZVOJE MYKORRHIZ NA KRYTÝCH A EXPONOVANÝCH STANOVIŠTÍCH HORSKÝCH SMRČÍN

COMPARISON OF ROOT MYCORRHIZAE FROM EXPOSED AND SHELTERED MOUNTAIN SPRUCE STANDS

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - FRANTIŠEK SOUKUP

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

The study of mycorrhizal levels was carried out in two exposed stands situated in the area of Obří důl: Růžová hora and Sněžka. For comparison two sheltered plots in the area of Tetřeví boudy were selected: Tetřeví vrch and Jelení vrch. All plots are situated in the Krkonoše Mts. National Park. In 2004 - 2007 fructification of macromycetes and tree defoliation were simultaneously studied as well as standard soil samples with roots for further laboratory examination of mycorrhizae taken. Comparison of mycorrhizal densities and other studied parameters from sheltered and exposed stands revealed differences that, as supposed, reflect influence of specific climatic factors.

Klíčová slova: mykorrhizní symbióza, ektotrofní stabilita lesa, druhové spektrum makromycetů, smrk, defoliace, Krkonoše

Key words: mycorrhizal symbiosis, ectotrophic stability in forests, species of macromycetes, spruce, defoliation, Krkonoše Mts.

ÚVOD

I když extrémně silné emise síry byly již na konci 20. století značně zredukovány, je stále imisní situace ve střední Evropě ovlivňována významnými acidifikačními procesy včetně depozice dusíku. Těmto minulým i současným změnám půdního chemismu se přisuzuje zásadní vliv na ústup ektomykorrhizních hub a s tím související rozvoj a distribuci jemných kořenů a mykorrhiz, které tak ve výsledku ovlivňují zdravotní stav lesních porostů. Pro hodnocení míry narušení ektotrofní stability porostů je možné využít jak údaje o druhovém zastoupení mykorrhizních hub, tak i data o zastoupení různých forem mykorrhiz v kořenových sondách (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995), nebo i nepřímé údaje o stavu korun stromů (CUDLÍN et al. 1999) a samozřejmě také z různých kombinací těchto metod.

Dosavadní výsledky výzkumu mykorrhiz ukazují na diagnostický význam stanovení procentuálního podílu mykorrhizních druhů makromycetů vztažených k celkovému množství druhů nebo jen k nemykorrhizním druhům. Tento poměr do jisté míry reflektuje mykorrhizní poměry a jejich nízké zastoupení indikuje narušení ektotrofní stability lesa. Poškození lesa způsobené především v důsledku vzdušného znečištění lze popsat třemi stadii narušení ektotrofní stability lesa (latentní, akutní, letální), jež jsou přímo spojena s určitými fázemi ochuzování houbových společenstev, ale i s případným nárůstem fruktifikace některých specifických druhů (FELLNER 1989).

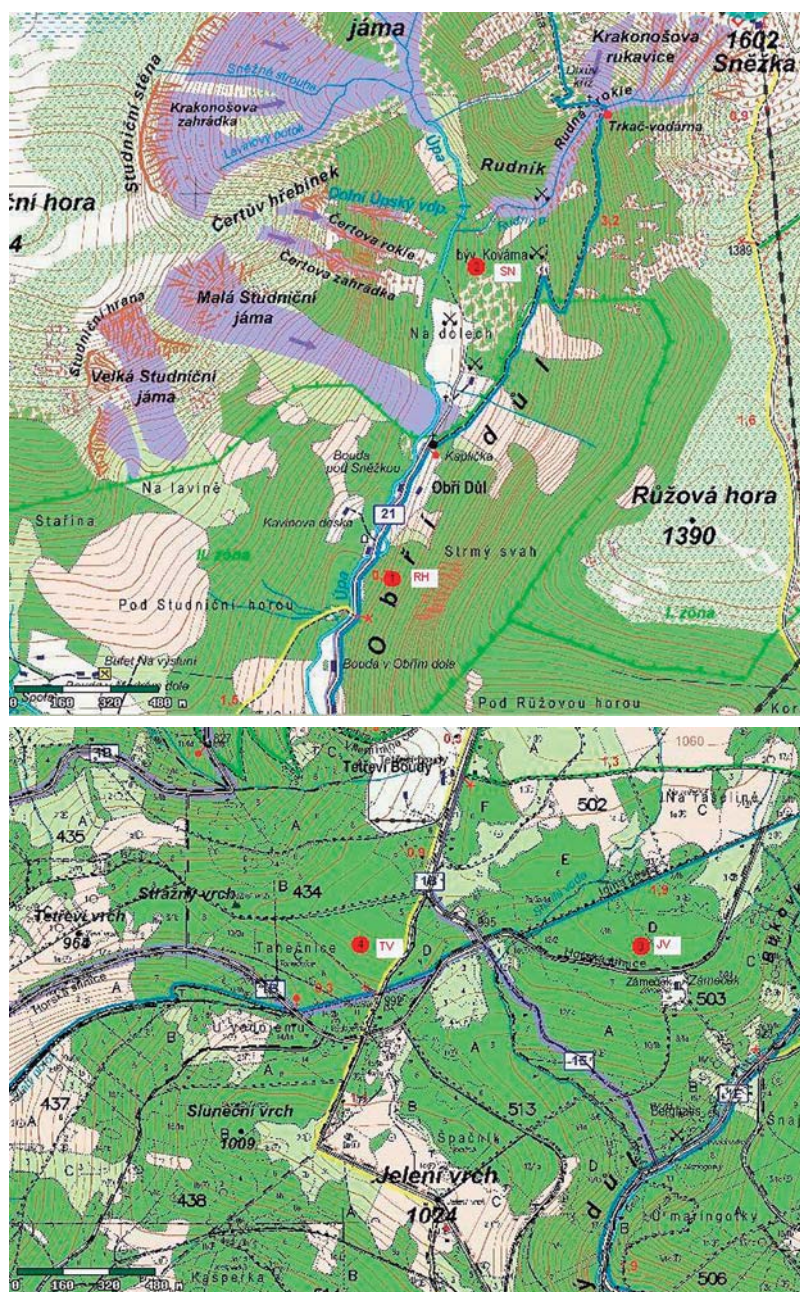
Positivní závislost vztahu mezi „indexem asimilační kapacity produkční části koruny“ jednotlivých stromů a počty plodnic všech ektomykorrhizních druhů hub, nalezených pod průmětem jejich koruny, zjistili statistickými testy v horských smrkových ekosystémech MALENOVSKÝ et al. (2000). Z výsledků studie vyplývá přímý vztah mezi postupným poškozováním asimilačního aparátu a počtem plodnic ektomykorrhizních hub.

Studium jemných kořenů je dalším důležitým zdrojem informací pro pochopení vztahů v lesních ekosystémech. Dynamika rozvoje jemných kořenových systémů a ektomykorrhiz je řízena jednak vnitřními faktory dřeviny, podmínkami půdního prostředí (dostupností vody, aciditou, dostupností minerálních látek, obsahem organické hmoty v půdě atd.) a povětrnostními vlivy. Mykorrhizní kořenový systém lesních dřevin dále poměrně citlivě reaguje na acidifikaci půdy, vápnění a hnojení. Předložená práce vychází z těchto předpokladů, včetně jejich vztahu k druhovému spektru hub a zdravotnímu stavu stromů. Předkládá srovnání mykorrhizních poměrů na rozdílných stanovištích.

MATERIÁL A METODY

K srovnávací studii byly vybrány dvě plochy ležící v oblasti Obřího dolu – Růžová hora (RH), vegetační typ – *Vaccinio-Piceetum* a Sněžka (SN), vegetační typ – *Calamagrostio villosae-Piceetum* (kryté stanoviště) a dvě plochy ležící v oblasti Tetřevích bud – Tetřeví vrch (TV), vegetační typ – *Calamagrostio villosae-Piceetum*, Jelení vrch (JV), vegetační typ – *Calamagrostio villosae-Piceetum* (exponované stanoviště). Plochy se nacházejí na území KRNP, LS Horní Maršov a LS Vrchlabí (obr. 1, tab. 1).

V letech 2004 – 2007 jsme na všech čtyřech plochách souběžně sledovali fruktifikaci makromycetů, defoliaci a především odebírali standardní metodou půdní sondou kořenové vzorky. Na každé ploše bylo vybráno a očíslováno 100 stromů. Během výzkumu se na plochách prováděl ve vegetačním období cca 1x měsíčně sběr makromycetů (podrobnosti viz PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006a) a v jarním a podzimním období byly odebírány kořenovou sondou vzorky kořenů (PEŠKOVÁ 2000). Analýza jarních a podzimních odběrů poskytla data o míře mykorrhizace. Jsou to průměrné hodnoty hustoty (Hu) a procentuálního (%) zastoupení jednotlivých typů mykorrhiz z pěti odebraných sond. Hustota aktivních (Am) a neaktivních (Nm) mykorrhiz byla počítána



Obr. 1.

Situování sledovaných ploch/Location of study plots

Nahore - kryté; dole - exponované/upper - sheltered; lower - exposed

jako průměrná hodnota počtu mykorhiz vztažená na 1 cm délky kořene. Procentuální podíl mykorhiz byl kalkulován jako poměr aktivních a neaktivních mykorhiz z celkového počtu všech nalezených mykorhiz. Základním postupem při analýze byla extrakce a identifikace všech aktivních a neaktivních mykorhizních špiček na standardním vzorku, tj. segmentu kořenu 5 cm dlouhém o průměru do 1 mm. Takto bylo vyhodnoceno 20 základních kořenových segmentů v každé sondě. Počty jednotlivých typů mykorhizních špiček byly určovány pod binokulární lupou podle jejich tvaru a struktury (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006b).

Na plochách byl dále hodnocen zdravotní stav smrků pomocí standardní klasifikace defoliace korun. Defoliace je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání se zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stano-

vištních podmínkách (RÖSEL, REUTHER 1995, FABIÁNEK et al. 2004). Defoliace se vyjadřuje procenticky v intervalech po 5 %. Hodnotila se vizuálně a byla proto zatížena určitou chybou, vyplývající ze subjektivního vlivu hodnotitele. Chyba byla minimalizována tím, že každý strom posuzovali 3 hodnotitelé a použita byla průměrná hodnota. Hodnocení zdravotního stavu smrků bylo na trvalých pokusných plochách prováděno na přelomu srpna a září. Celkem bylo na čtyřech plochách hodnoceno 400 jedinců – 100 vybraných a označených stromů na každé ploše.

Při vyhodnocování druhové diverzity mykorhizních a dalších makromycetů byly vybrané porosty pravidelně sledovány, a to přibližně jedenkrát měsíčně v průběhu fruktifikačního období. Údaje získané při standardním mykologickém monitoringu (celkem 2 500 m² pro každou plochu) zahrnují jména zjištěných druhů makromycetů (nomenklatura převážně podle KREISELA 1987, upravena v některých případech podle LEGONA a HENRICIHO 2005), údaje o abundanci druhu (počet plodnic jednotlivých druhů na ploše) a frekvenci (výskyt druhu na dílčích plochách o velikosti 100 m²) v jednotlivých měsících fruktifikace.

VÝSLEDKY

Mykorhizy

Z dat uvedených v tabulce 2 je patrné, že nejvyšší hodnoty hustoty Am vykazovala plocha Sněžka (2,7 cm⁻¹) na podzim v r. 2007 (obr. 2), rovněž průměrná hustota Am (jaro, podzim) byla na této ploše za čtyři sledované roky nejvyšší (1,19 cm⁻¹). Nejnížší hodnoty vykazoval Tetřeví vrch (0,29 cm⁻¹) na podzim r. 2006, kde byly rovněž hustoty Am (jaro, podzim) za sledované období nejnižší (0,60 cm⁻¹). Porovnáním krytých a exponovaných stanovišť byla nejvyšší hustota na podzim na krytých plochách (1,48 cm⁻¹) a nejnižší na jaře na exponovaných stanovištích (0,87 cm⁻¹). Taktéž roční hustota Am (jaro, podzim) byla na krytých stanovištích výrazně vyšší (1,19 cm⁻¹).

Hustota Nm byla nejnižší na ploše Jelení vrch (0,43 cm⁻¹) na jaře v r. 2007. Nejvyšší byla na podzim v r. 2004 (obr. 3) na ploše Růžová hora (1,7 cm⁻¹). Nejnižší roční hustota Nm (jaro, podzim) za čtyři sledované roky byla zaznamenána na Tetřevím vrchu (0,69 cm⁻¹) a nejvyšší na ploše Růžová hora (1,08 cm⁻¹). Při srovnání krytých a exponovaných ploch byla hustota Nm nižší na exponovaných stanovištích (0,73 cm⁻¹) na jaře a nejvyšší na podzim na krytých plochách (1,32 cm⁻¹). Roční hustota Nm (jaro, podzim) byla nižší na exponovaných plochách (0,75 cm⁻¹).

Procentuální podíl Am byl nejvyšší na ploše Sněžka (79 %) na podzim v r. 2007 (obr. 4), taktéž průměrné procento Am (jaro, podzim) za čtyři sledované roky bylo na ploše Sněžka nejvyšší (60 %). Naopak nejnižší procentuální podíl Am byl registrován na Růžové hoře (29 %) na podzim v r. 2006. Nejnižší roční podíl Am (jaro, podzim) za čtyři hodnocené roky byl zjištěn na Tetřevím vrchu (46 %). Při porovnání procentuálního podílu na obou rozdílných stanovištích jsou vyšší hodnoty na krytých stanovištích

na jaře (54 %) a nižší na podzim na exponovaných stanovištích (49 %). Rovněž roční procentuální podíl je lepší na krytých plochách (53 %).

Porovnáme-li mykorhizní situaci na krytých a exponovaných stanovištích, jsou celkově patrné vyšší hodnoty aktivních mykorhiz na krytých stanovištích. Hodnoty neaktivních mykorhiz jsou na krytých plochách rovněž vyšší, rozdíl není však tak výrazný.

Defoliace

V letech 2004 - 2007 byla průměrná primární defoliace na ploše Růžová hora 45 % a na Sněžce 47 %, na ploše Jelení vrch 44 % a na Tetřevím vrchu 44 %. Porovnáním krytých a exponovaných ploch nebyl registrován rozdíl v defoliacích. Je možné říci, že na všech čtyřech plochách docházelo v průběhu sledování k mírnému nárůstu defoliace (obr. 5). Rozdíl mezi plochami v Obřím dole a na exponovaných stanovištích u Tetřevích bud je minimální, o 2 % je vyšší defoliace na krytých lokalitách.

Makromycety

Výrazné pozitivní změny byly zaznamenány v nárůstu počtu druhů makromycetů i v procentuálním podílu mykorhizních druhů hub (obr. 6). Na ploše Sněžka se průměrný počet druhů zvýšil z původních 30 druhů v r. 2004 na 37 v r. 2007. Na ploše Jelení vrch bylo v r. 2004 zjištěno 40 druhů hub a v r. 2007 již 45. Na Tetřevím vrchu vzrostl jejich počet z 41 na 47 druhů. Pouze na ploše Růžová hora došlo k poklesu z 65 druhů v r. 2004 na 55 druhů v r. 2007. Porovnáním počtu druhů na exponovaných a krytých stanovištích byl vyšší počet druhů na krytých lokalitách.

Průměrný procentuální podíl mykorhizních hub vzrostl na všech sledovaných plochách. Na ploše Sněžka průměrný procentuální podíl mykorhizních hub vzrostl z původních 43 % v r. 2004 na 59 % v r. 2007. Na Jelením vrchu byl nárůst z 50 % na 60 % v r. 2007. Na ploše Tetřeví vrch stoupl podíl mykorhizních druhů z 54 % v r. 2004 na 60 % v r. 2007. Na ploše Růžová hora zůstal podíl mykorhizních hub po čtyřech letech stejný, avšak ze všech čtyřech srovnávaných ploch nejvyšší 71 %. Porovnáním krytých a exponovaných ploch je procentuální podíl mykorhizních druhů hub vyšší na krytých lokalitách, a to o 7 %.

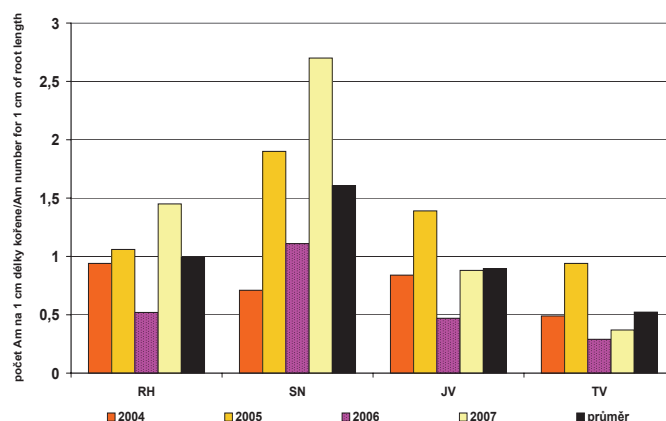
Porovnáním počtu rodů mykorhizních hub byl zjištěn nejvyšší počet na plochách Tetřeví vrch v r. 2004 (12) a Jelení vrch v r. 2005 (12). Nejnižší počet byl na ploše Sněžka v r. 2005 (7) a ploše Růžová hora v r. 2006 (7). Porovnáním krytých a exponovaných stanovišť byl průměrný počet rodů mykorhizních hub v letech 2004 - 2007 na exponovaných stanovištích vyšší (22), na krytých lokalitách nižší (17). Počty nalezených rodů všech makromycetů byly nejvyšší v r. 2005 na Růžové hoře (17), naopak nejméně rodů bylo zaznamenáno v r. 2006 na ploše Sněžka, Jelení vrch (10). Porovnáním krytých a exponovaných stanovišť jsou průměrné počty rodů všech nalezených makromycetů stejné (26).

Průběh počasí

Průběh základních meteorologických dat (průměrné měsíční teploty, měsíční srážkové úhrny) v jednotlivých rocích studia mykologických poměrů k výzkumným plochám nejbližše situované stanici v Peci pod Sněžkou je zaznamenán v tabulce 3.

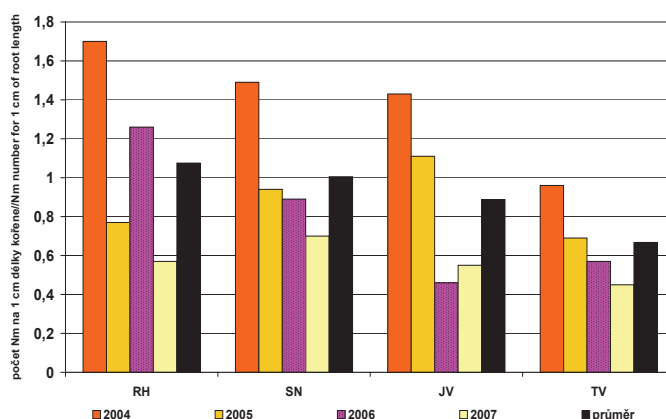
Na základě těchto údajů lze jednotlivé roky charakterizovat následovně:

- rok 2004 – teplotně i srážkově vcelku normální,
- rok 2005 – teplotně ještě v mezích normálu, srážkově normální,



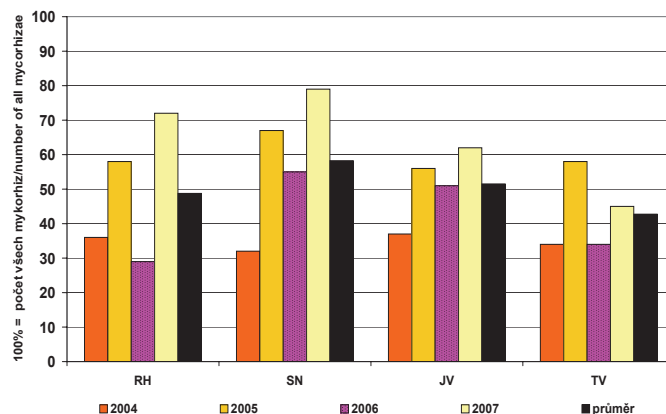
Obr. 2.

Hustota aktivních mykorhiz (Am) z podzimních odběrů
Density of active mycorrhizae (Am) from autumn samples



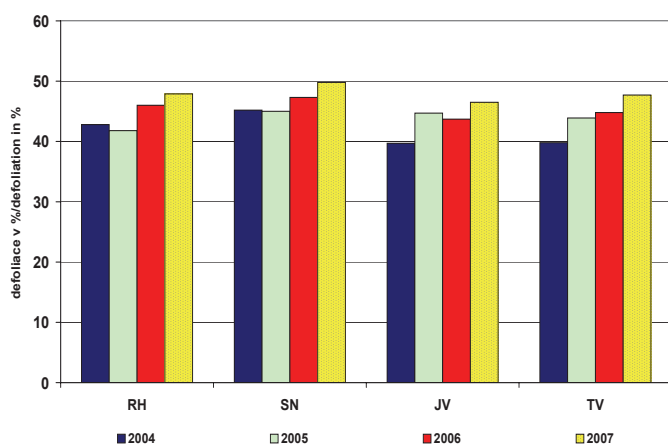
Obr. 3.

Hustota neaktivních mykorhiz (Nm) z podzimních odběrů
Density of non-active mycorrhizae (Nm) from autumn samples



Obr. 4.

Procentuální podíl aktivních mykorhiz (Am) z podzimních odběrů
Relative proportion of active mycorrhizae (Am) from autumn samples



Obr. 5.
Srovnání defoliace na plochách (2004 – 2007)
Values of defoliation in 2004 - 2007

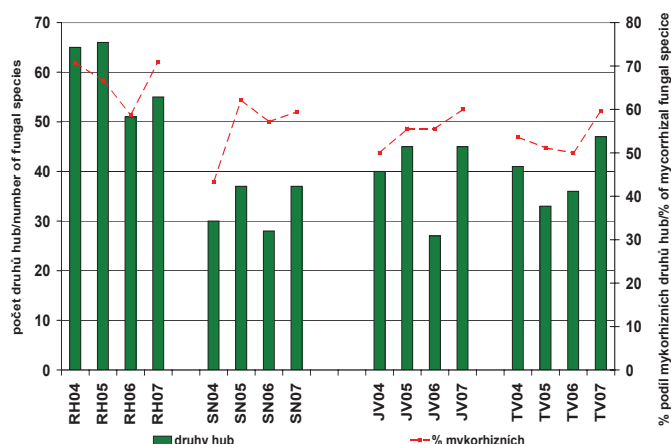
- rok 2006 – teplotně vcelku normální, srážkově mírně podnormální,
- rok 2007 – teplotně výrazně nadnormální, srážkově mírně nadnormální.

Pro rozvoj mykorhiz a především pak fruktifikaci makromycetů jsou rozhodující podmínky ve vegetačním období (zde zhruba od začátku května do konce září) – především pak dostatek srážek. Z tohoto hlediska byl nejméně příznivý průběh počasí v roce 2006, kdy situaci „zachraňoval“ mimořádně na srážky bohatý srpen a jako srážkově a teplotně příznivé (vyrovnané) lze označit měsíce ve vegetační sezoně roku 2007. Na fruktifikaci hub se viditelně (negativně) neprojevil extrémní průběh zimy 2006/2007 (mimořádně teplá, dlouho bez sněhové pokrývky).

Detailnější statistické vyhodnocení dat naráží na několik problémů. Roky se vlivem různých meteorologických podmínek výrazně liší. Data získaná v krátké časové řadě neumožňují využití běžných testovacích postupů. Jako nejvhodnější se proto v této situaci jeví neparametrické srovnání párovaných hodnot z exponovaných a krytých stanovišť ($n = 8$). Tyto testy ukázaly statisticky významné rozdíly (na hladině významnosti 5 %) v zastoupení hustoty aktivních i hustoty neaktivních mykorhiz na podzim a to i tam, kde nepříliš zřetelné rozdíly v průměrných hodnotách pouze naznačovaly tyto možnosti. K zpracování dat byl použit program Statistica 6.0 (Statsoft Inc.).

Tab. 1.
Charakteristika výzkumných ploch
Study plot description

Plocha/ Plot	Dřevina/ Tree species	s. š./n. l.	v. d./e. l.	Nadm. výška/ Elevation	Č. porostu/ Stand no.	Lesní typ/ Forest type	Zakmenění/ Stand density	Stáří porostu/ Stand age
Růžová hora	<i>Picea abies</i>	50°43'	15°44'	1 000 m	210 C12	8N	9	100
Sněžka	<i>Picea abies</i>	50°44'	15°44'	980 m	234 D15	8N	9	90
Jelení vrch	<i>Picea abies</i>	50°40'	15°42'	1 040 m	502 D7	8K	9	80
Tetřeví vrch	<i>Picea abies</i>	50°40'	15°41'	1 010 m	434 B8	8K	9	80



Obr. 6.
Druhová diverzita makromycetů
Species diversity of macromycetes based on their fructification

DISKUSE

Naše data odpovídají teoretickým předpokladům o ovlivnění celé řady základních parametrů lesa exponovaných horských smrčín na celou řadu základních parametrů lesa (VACEK et al. 2007). Potvrzují také zlepšující se situaci smrkových porostů. Jednotlivé aspekty zahrnuté do výzkumu mají svoji specifickou problematiku. Jejich vzájemná porovnání pak naznačují významné souvislosti důležité pro rozvoj smrkových porostů.

Spektrum makromycetů

Řada autorů poukazuje na souvislost mezi narušením mykorhizních poměrů či ústupem mykorhizních hub na jedné straně a vlivy vzdušného znečištění (SCHLECHTE 1986, FELLNER 1989, 1993, TER-MORSHUIZEN, SCHAFFERS 1987, ARNOLDS 1989, GULDEN et al. 1992), případně na vztah s vizuálně hodnotitelným poškozením lesních dřevin (JAKUCS 1986, JANSEN 1991, FELLNER, SOUKUP 1991) na straně druhé. Ochuzování původně bohatého spektra ektomykorhizních hub postupuje s celkovým oslabováním porostů v horských a podhorských oblastech (LEPŠOVÁ et al. 1987).

Námi získané výsledky jsou v souladu s poznatky získanými na dalších lokalitách v Krkonoších (FELLNER, LANDA 2003). Rozšíření makromycetů v krkonošských lesích signalizuje výrazný ná-

růst v druhové diverzitě, abundanci a frekvenci. Týká se to především druhů mykorhizních, významně ovlivňujících výživu lesních dřevin a klimaxových horských smrčín, v minulých desetiletích nejvýrazněji mykorhizně ochuzených i zdravotně postižených. Vysoká citlivost vůči imisím u řady druhů ektomykorhizních hub byla evidentně důvodem jejich ústupu v 80. letech minulého století, kdy se druhová diverzita mykorhizních hub v klimaxových horských smrčínách Krkonoš snížila na méně jak jednu pětinu druhů běžně uváděných z těchto lesů ještě kolem roku 1960 na polské straně Krkonoš (NESPIAK 1971). Současný enormní nárůst hub je ve zřejmé negativní korelaci s hladinami emisí (zejména SO₂) v ČR v průběhu 90. let a zdá se, že převyšuje i údaje o zastoupení hub v Krkonoších na počátku 60. let. Naznačuje to reálnost prognózy výrazného revitalizačního trendu v krkonošských smrčínách (FELLNER, LANDA 2000).

Mykorhizní situace

Hustota mykorhiz je ovlivněna především dlouhodobě existujícími lokálními podmínkami, zatímco procentuální podíl mykorhiz patrně citlivěji reaguje na okamžité změny (FELLNER et al. 1995), jako je např. vláhový stres, změny imisní situace atd. Jiným komplikujícím faktorem může být opakující se silná defoliace způsobená hmyzím žírem, jež může zásadním způsobem redukovat mykorhizní aktivitu v příslušných letech, jak to bylo názorně prokázáno Lastem a jeho spolupracovníky (LAST et al. 1979) při uměle provedeném odlistění mladých bříz.

Vztah mykorhizace a defoliace

Výsledky mykorhizních a mykologických výzkumů v dubových, smrkových a bukových porostech (FELLNER et al. 1991, 1993, 1995, SOUKUP et al. 2001, 2002, 2003) ukazují většinou pozitivní korelaci procentuálního podílu mykorhizních druhů hub (posuzováno podle fruktifikace) k zjištěnému procentuálnímu podílu aktivních mykorhiz získaných z půdních sond. Na většině sledovaných dubových ploch vykazoval procentuální podíl aktivních mykorhiz negativní korelaci s výraznou defoliací stromů. Tento závěr mívá své omezení a platí pouze pro stromy s vysokou mírou defoliace (vyšší než 60 %) a zpravidla na stanovištích vykazujících obdobnou hustotu mykorhiz (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995).

ZÁVĚR

Srovnání mykorhizních charakteristik a dalších parametrů lesa (makromycety, defoliace) na tzv. krytých a exponovaných stanovištích naznačuje, že smrkové porosty situované na víceméně krytých dnech údolí vykazují mírně lepší hodnoty v hustotě aktivních mykorhiz, procentuálním podílu aktivních mykorhiz a v procentuálním podílu mykorhizních druhů hub. Defoliace, hustota neaktivních mykorhiz a počet rodů mykorhizních hub byly překvapivě mírně lepší na exponovaných stanovištích. Početnost rodů všech nalezených makromycetů byla stejná. Je možné konstatovat, že byly zjištěny

Tab. 2.

Hodnoty hustoty a procentuálního podílu mykorhiz letích 2004 - 2007
Density and relative abundance of active and non-active mycorrhizae in 2004 - 2007

Růžová hora	HuAmJaro	HuAmPodz.	HuNmJaro	HuNmPodz.	HuCelk.Jaro	HuCelk.Podz.	%AmJaro	%AmPodz.	%NmJaro	%NmPodz.
2004	0,97	0,94	0,77	1,7	1,74	2,63	56	36	44	64
2005	1,71	1,06	0,74	0,77	2,46	1,82	70	58	30	42
2006	0,59	0,52	1,38	1,26	1,97	1,79	30	29	70	71
2007	0,75	1,45	1,47	0,57	2,22	2,02	34	72	66	28
průměr/average	1,01	0,99	1,09	1,08	2,10	2,07	47	49	53	51
Sněžka	HuAmJaro	HuAmPodz.	HuNmJaro	HuNmPodz.	HuCelk.Jaro	HuCelk.Podz.	%AmJaro	%AmPodz.	%NmJaro	%NmPodz.
2004	1,17	0,71	0,73	1,49	1,9	2,2	62	32	38	68
2005	0,87	1,9	0,92	0,94	1,79	2,84	49	67	51	33
2006	1,22	1,11	0,68	0,89	1,9	1,99	64	55	36	45
2007	1,44	2,7	0,63	0,7	2,07	3,39	70	79	30	21
průměr/average	1,18	1,61	0,74	1,01	1,92	2,61	61	58	39	42
Jelení vrch	HuAmJaro	HuAmPodz.	HuNmJaro	HuNmPodz.	HuCelk.Jaro	HuCelk.Podz.	%AmJaro	%AmPodz.	%NmJaro	%NmPodz.
2004	1,03	0,84	1,09	1,43	2,13	2,27	49	37	51	63
2005	1,71	1,39	0,75	1,11	2,46	2,49	70	56	30	44
2006	0,98	0,47	0,73	0,46	1,71	0,93	57	51	43	49
2007	0,49	0,88	0,43	0,55	0,92	1,42	53	62	47	38
průměr/average	1,05	0,90	0,75	0,89	1,81	1,78	57	52	43	48
Tetřeví vrch	HuAmJaro	HuAmPodz.	HuNmJaro	HuNmPodz.	HuCelk.Jaro	HuCelk.Podz.	%AmJaro	%AmPodz.	%NmJaro	%NmPodz.
2004	0,76	0,49	0,67	0,96	1,44	1,45	53	34	47	66
2005	0,79	0,94	0,56	0,69	1,34	1,63	59	58	41	42
2006	0,35	0,29	0,52	0,57	0,87	0,86	41	34	59	66
2007	0,82	0,37	1,1	0,45	1,92	0,83	43	45	57	55
průměr/average	0,68	0,52	0,71	0,67	1,39	1,19	49	43	51	57

Tab. 3.

Základní meteodata ze stanice Pec pod Sněžkou (2004 – 2007)

Basic meteorological data from the observatory Pec pod Sněžkou (2004 – 2007)

2004			2005			2006			2007		
měsíc ¹	teplota ² (°C)	srážky ³ (mm)	měsíc ¹	teplota ² (°C)	srážky ³ (mm)	měsíc ¹	teplota ² (°C)	srážky ³ (mm)	měsíc ¹	teplota ² (°C)	srážky ³ (mm)
1	-6	182,4	1	-3	189,7	1	-6,2	31,8	1	0,2	335,3
2	-2,6	129,7	2	-5,9	125,7	2	-4,8	90,4	2	-0,4	148,8
3	-0,3	83,9	3	-2	103	3	-2,5	116,3	3	1,8	118,4
4	4,6	77	4	4,6	39,2	4	3,8	87,3	4	6,7	2,5
5	8,1	93	5	9,6	83,4	5	9,2	64,8	5	10,9	86,3
6	12,3	98	6	12,9	103,1	6	14,1	48,8	6	14,5	143,8
7	13,7	95	7	15	218,1	7	18,8	30,1	7	13,9	185
8	14,3	101,6	8	12,7	100,9	8	12,4	432,8	8	13,9	109,2
9	8,8	103,9	9	10,8	197	9	12,4	53	9	8,2	189,1
10	6,1	96,2	10	6,5	22,3	10	7,6	85	10	4,8	38,9
11	0,6	206	11	-0,4	68,9	11	2,8	147,5	11	-1,1	129,6
12	-3,1	80,8	12	-3,6	122,6	12	0,9	80,5	12	-2,7	196,9
Průměr ⁴	4,71		Průměr ⁴	5,41		Průměr ⁴	4,71		Průměr ⁴	5,89	
Suma/Sum		1 347,50	Suma/Sum		1 373,90	Suma/Sum		1 268,30	Suma/Sum		1 683,80

¹month; ²temperature; ³precipitation; ⁴average

rozdíly v některých sledovaných parametrech, jako je mykorhizace a zastoupení mykorhizních druhů hub na krytých a exponovaných plochách Krkonoš, které odpovídají předpokládanému vlivu specifických klimatických faktorů.

Poznámka:

Mykorhizní charakteristiky na krytých a exponovaných stanovištích byly sledovány a hodnoceny v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ARNOLDS E. 1989. The changing macromycete flora in the Netherlands. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 90: 391-406.
- CUDLÍN P., CHMELÍKOVÁ E., MALENOVSKÝ Z., ZEMEK F., HEŘMAN M. 1999. Zjišťování vztahů mezi fruktifikací ECM hub a stanovištními faktory na trvalých výzkumných plochách pomocí „MINI GIS“. In: Jankovský L., Krejčíř R., Antonín V. (eds.): *Houby a les. Sborník referátů*, MZLU, Brno: 27-30.
- FABIÁNEK P. (ed.) 2004. *Monitoring stavu lesa v České republice 1984 – 2003*. Praha, MZe ČR, VÚLHM Jíloviště-Strnady: 20-35.
- FELLNER R. 1989. Mycorrhizae - forming fungi as bioindicators of air pollution. *Agric. EcoSyst. Environm.*, 28: 115-120.
- FELLNER R. 1993. Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe. In: Pegler D. N., Boddy L., Ing B., Kirk P. M. (eds.): *Fungi of Europe: Investigation, recording and conservation*. Royal Botanic Gardens, Kew: 239-250.
- FELLNER R., KOUBA F., LANDA J., PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., JAVŮREK M. 1995. Monitorování vlivu vápnění a kapalného hnojení na mykorhizní poměry ve smrkových porostech v Krkonoších – 4. Etapová zpráva za léta 1992 – 199]. *Jíloviště-Strnady, VÚLHM*: 186 s.
- FELLNER R., LANDA J. 2000. Změny v rozšíření hub (makromycetů) v krkonošských lesích v posledních desetiletích. *Opera Corcontica*, 36: 446-452.
- FELLNER R., LANDA J. 2003. Mycorrhizal revival: case study from the Giant Mts., Czech Republic. *Czech Mycol.*, 54/3-4: 193-203.
- FELLNER R., PEŠKOVÁ V. 1995. Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. *Can. J. Bot.*, 73 (Suppl. 1): 1310-1315.
- FELLNER R., SOUKUP F. 1991. Mycological monitoring in the air-polluted regions of the Czech Republic. *Commun. Inst. Forest. Cech.*, 17: 125-137.
- GULDEN G., HOILAND K., BENDIKSEN K., BRANDRUD T. E., FOSS B. S., JENSSEN H. B., LABER D. 1992. Fungi and air pollution. *Mycocoenological studies in three oligotrophic spruce forests in Europe. Biblioth. Mycol.*, 144: 1-81.
- JAKUCS P., MESZAROS I., PAPP B. L., TOTH J. A. 1986. Acidification of soil and decay of sessile oak in the „Sikfokut project“ area (N-Hungary). *Acta Bot. Hung.*, 32: 303-322.
- JANSEN A. E. 1991. The mycorrhizal status of Douglas fir in the Netherlands: its relation with stand age, regional factors, atmosphere pollutants and tree vitality. *Agric. EcoSyst. Environm.*, 35: 191-208.
- KREISEL H. (ed.) 1987. *Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik. Basidiomycetes*. Jena.

- LAST F. T., PELHAM J., MASON P. A., INGLEBY K. 1979. Influence of leaves on sporophore production by fungi forming sheathing mycorrhizas with *Betula* spp. *Nature* (London) 280: 168-169.
- LEGON N. W., HENRICI A. 2005. Checklist of the British & Irish Basidiomycota. Kew, Royal Botanic Gardens.
- LEPŠOVÁ A., CUDLÍN P., KRÁLOVÁ M. 1987. Ektomykorrhizní houby smrku ztepilého v imisních oblastech Šumavy, Krušných hor a Krkonoš. In: *Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub. Sborník referátů*. Pardubice, DT ČSVTS: 104-119.
- MALENOVSKÝ Z., CUDLÍN P., ZEMEK F. 2000. Vzájemné vztahy faktorů a složek horských smrkových ekosystémů v Krkonoších analyzované metodou „MINI GIS“. *Opera Corcontica*, 36: 492-498.
- NESPIAK A. 1971. Grzyby wyzsze regła górnego w Karkonoszach. *Acta Mycol.*, 7/1: 87-98.
- PEŠKOVÁ V. 2000. Odběry a rozborů kořenů pro studium mykorrhizních poměrů v lesních porostech. *Zpravodaj ochrany lesa*, VI, (8): 9-10.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2006a. Houby v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách. Metodické přístupy k studiu jejich role. In: Neuhöferová, P. (eds.): *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy, ČZU v Praze a VS Opočno*: 127-133.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2006b. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. *Review. Zprávy lesn. výzkumu*, 51/4: 61-68.
- RÖSEL K., REUTHER M. 1995. Differentialdiagnostik der Schäden an Eichen in den Donauländern. *Neuherberg, GSF-Bericht*, 403 s.
- SCHLECHTE G. 1986. Zur Mykorrhizapilzflora in geschädigten Forstbeständen. *Mykol.*, 52: 225-232.
- SOUKUP F., LIŠKA J., KNÍŽEK M., PEŠKOVÁ V. 2001. Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Výroční zpráva projektu NAZV QD 0332. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 23 s.
- SOUKUP F., PEŠKOVÁ V., LIŠKA J., KNÍŽEK M. 2002. Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Výroční zpráva projektu NAZV QD 0332. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 32 s.
- SOUKUP F., PEŠKOVÁ V., LIŠKA J., KNÍŽEK M. 2003. Zdravotní stav dubů v ČR a jeho ohrožení houbovými a hmyzími škůdci. Závěrečná zpráva projektu NAZV QD 0332. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 45 s.
- TERMORSHUIZEN A. J., SCHAFFERS A. P. 1987. Occurrence of carpophores of ectomycorrhizal fungi in selected stands of *Pinus sylvestris* in the Netherlands in relation to stand vitality and air pollution. *Pl. & Soil*, 104: 209-217.
- VACEK S., MATĚJKA K. 1999. The state of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976 - 1997. *J. For. Sci.*, 45: 291-315.
- VACEK S., MATĚJKA M., SIMON J., MALÍK V., SCHWARZ O., PODRÁZSKÝ V., MINX T., TESAŘ V., ANDĚL P., JANOVSKÝ L., MIKESKA M. 2007. Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší. *Folia Forestalia Bohemica. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*, s. r. o., 4: 216 s.

COMPARISON OF ROOT MYCORRHIZAE FROM EXPOSED AND SHELTERED MOUNTAIN SPRUCE STANDS

SUMMARY

Despite the fact that intensive emissions of the sulphur were reduced during the last decades of the 20th century the area of central Europe is still influenced by acidification processes including deposition of nitrogen. Past and also recent immissions that changed soil chemistry have still important influence on reduction of ectomycorrhizal fungi and subsequently also on development of thin roots. This is reflected in health status of recent forests.

Comparison of mycorrhizal levels and also other parameters (occurrence of macromycetes, defoliation) found on sheltered and exposed study plots reveals generally slight amelioration of active mycorrhizae densities, higher ratio of active mycorrhizae and higher proportion of mycorrhizal species. Defoliation and density of non-active mycorrhizae was moderately higher in exposed plots. Number of identified macromycetes genes was similar.

We can conclude that differences in studied parameters reflect supposed influence of specific climatic factors of the stands. More detailed statistic evaluation is limited. Summary data from short time series (four years) is notably affected by weather fluctuations within years. The most appropriate test was non-parametric comparison of paired values from exposed and sheltered stands ($n = 8$). These tests showed statistically significant differences (level $< 5\%$) in densities of active and also non-active mycorrhizae in autumn.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 299; e-mail: peskova@vulhm.cz

VLIV LESNÍCH CEST NA ODTOKY Z HORSKÝCH LESNATÝCH POVODÍ

THE IMPACT OF FOREST ROADS ON THE WATER RUN-OFF WITHIN THE SMALL FORESTED WATERSHEDS

ZDENĚK VÍCHA - MILAN JAŘABÁČ - ZUZANA OCEÁNSKÁ - MILAN BÍBA

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

Modern methods of forest renewal using mechanized technologies with skidding lines, sorting platforms and timber transport roads surely influence changes of water regime in the forest environment. Based on forest-hydrological research in the Beskydy Mts. since 1953 provided this contribution presents only a small part of new experiences about affect of forest road networks. Forest transportation network in the Czech Republic is surveyed and influence of road network on hydrological elements of run-off in the researched catchments discussed. More attention is recommended to give to the forested and populated landscape regeneration aimed at effective protection against damage by floods in future.

Klíčová slova: lesnická hydrologie, malá bystřinná povodí, vodní účinky lesních cest, ochrana před povodněmi a erozí

Key words: forest hydrology, small watersheds, water effects of forest roads, floods and erosion protection

ÚVOD

Při obecném hodnocení vodních účinků lesů bývá obecně věnována menší pozornost vlivům lesních cest. Obdobně tak i vlivům druhotné bystřinné sítě na vznik povodňových vln v malých lesnatých povodích. Kulminace povodňových vln v těchto podmínkách nastávají po místních prudkých lijácích nebo po dlouhotrvajících a vydatných krajinných deštích. Důkladný přehled poznatků ze zahraniční literatury byl uveřejněn v brožurě z kolokvia v Německu (IRSLINGER 2005). V ní je nejobsáhlejší úvodní informace (MENDEL - 344 autorských titulů) o průtokových vlnách v malých lesnatých povodích v letech 1910 až 2005 se zřetelným ovlivněním lesními cestami. Tyto byly označeny jako liniové struktury rušící celistvost lesní půdy, které přispívají k vzniku a průběhu povrchového i podpovrchového odtoku zrychlujícího půdní erozi. Podle (KREŠLA 1990 in SKOUPIL 2006) působí dopravní síť na vodní bilanci a oběh vody v lesních porostech převážně negativně. Odlesněním pruhu porostu pro cestu se snižuje intercepce a transpirace a tím se zvyšuje potenciální množství vody pro odtok. Dochází k narušení svahového nesoustředěného odtoku a k jeho převedení na soustředěný, čímž se urychluje odtok vody z povodí a zvyšují se kulminační průtoky úměrně k hustotě cestní sítě, resp. rozestupu svahových cest. U zpevněných lesních cest snižuje vozovka však a zvyšuje odtokový součinitel. Odvodňovací objekty cest (přikopy, trubní propustky) zvyšují rychlost odtékající vody nad hodnotu krajní nevymilající rychlosti a následně dochází k erozním jevům.

Lesní cestní síť je „hydrologická diskontinuita“. V zářezech do terénu působí vývěry půdní vody a její koncentraci. Spolu s povrchovým odtokem a ve vztahu k podílu přímo na cestní povrch dopadajících dešťů soustřeďuje a zrychluje odtok z povodí. V excerptu studie je uvedeno, že podle místních podmínek mohou být vrcholy průtokové křivky odtoků zvýšeny o 40 až 90 %. Zatímco v horních částech povodí podél rozvodnice více vody zasakuje, zvětšuje

se na svazích podíl rychlého podpovrchového odtoku. Na úpatích se potom dočasně vytvoří vydatné prameny zvětšující průtoky v bystřinných korytech. Podíly povrchové a podpovrchové odtékající vody a její perkolace do hlubších horizontů vždy závisí nejen na intenzitě a vydatnosti deště, ale též na četných pedologických, geologických, geomorfologických i vegetačních spolupůsobících činitelích, jejichž vzájemné vztahy se liší podle místních podmínek. Z toho vyplývá, že se zmenšující se rozlohou povodí je modelování těchto jevů obtížnější. Proto je tak důležitá jejich verifikace naměřenými daty. To je časově náročné, protože četnosti povodňových vln, jejich kulminací i průběhů, jsou značně rozkolísány.

Při přibližování dříví způsoby šetrnými k půdě v lese blížícím se přírodnímu optimu nevzniká povrchový odtok a vrcholy průtoků za těchto podmínek nevzrůstají. Při používání liniových přibližovačů a odvozních struktur se však tyto podmínky mění. Rozhodujícími jsou hustota této sítě, tlaky na půdu a způsoby jejího odvodňování. Na svazitém terénu je doporučována hustota sítě 40 až 60 m/ha



Obr. 1.

Po vydatném krajinném dešti vzniká i na lesní půdě povrchový odtok (6. 7. 1997)

Surface runoff appeared on forest soil after heavy regional rain (June 6, 1997)

**Obr. 2.**

Soustředěně odtékající voda s velkou kinetickou energií vytváří erozní rýhu
Concentrated runoff water creates erosive furrow due to its great kinetic energy

nek. Bývá uváděno, že na počátku vzestupu vlny bývá průkazným předvrchol vytvořený dopadem deště nejen na bystřinnou síť, ale i na lesní cesty. Pro vlny jsou důležité tzv. vodou nasycené plochy povodí (Sättigungsflächen), které se nejprve tvoří na úpatích svahů počátkem vydatného deště (lijáku) a zvětšují se dále až k rozvodnici v povodí. Mohou pokrývat od 8 %, 35 %, 65 % až krátce a výjimečně 100 % plochy povodí. Kromě soustředování povrchového odtoku nejen v síti bystřin, ale též v prohlubních a rýhách přírodního i umělého původu, jejichž podíl v kritických situacích se 3krát i vícekrát zvětšuje, vodou nasycené plochy výrazně přispívají k tvorbě průtokových vln. Důležitým činitelem toho jevu je rychlý podpovrchový odtok (Zwischenabfluss), který je na povrch přiváděn stopami po jízdách mechanismů, cestními příkopy, přírodními poklesy a rýhami v terénu, zářezy cestních svahů. Po průtoku cestními propusty může voda opět vsáknout do lesní půdy nebo až po delším soustředěném odtoku, který může pokračovat až do vodního toku. Na dění spolupůsobí sklony terénu a cesty, podloží, zarůstání povrchu cesty bylinami. Jev je velmi proměnlivý podle druhu deště i stanoviště. Z naměřených dat bylo vypočítáno, že zrychlené odtoky v malých povodích snižují půdní vlhkost i výpary.

Vlivy technologických linií i lesních cest na povrchové odtoky a vrcholy vln dávají rozdílná data. Bylo zjištěno, že na sečích provedených půdu šetřícími způsoby včetně přibližování a odvozů dříví není odtokový režim podstatně změněn. Výjimku tvoří přibližovací linie, na nichž se může vytvořit povrchový odtok. V jiných podmínkách sečí se vrcholy průtokových vln mohou násobně zvýšit. Naopak byly zaznamenány případy snížení vrcholů vln, ale tam by bylo nutné podmínky odtoků zvlášť vyšetřit. Je prokázáno, že změny vln odtoků jsou ztlumeny ponecháváním těžebních zbytků a rychlou obnovou bylinné vegetace. Nepříznivým činitelem tvorby průtokových vln je surový humus. Jízdami mechanismů bývají

s odvodněním cestními příkopy pod svahem a s propusty vzdálenými podle místních podmínek 30 až 60 m, ne více než 150 m. Podle hydrologického hlediska využívajícího GIS je potřebná statistika s prvky: zápoj porostu (druh, stáří), vlastnosti půdy (druh, mocnost), lesní cesta (typ, substrát, nárůst, profil, odvodnění), jízdní stopy, odvodňovací příkopy, sklony terénu a cesty.

Zvýšení vrcholů průtokových vln vlivem cest bývá různými autory uváděno mezi 12,5 až 90 %. Předpověď je nejistá, musí být změřena data a vyčíslena podle místních podmínek.

**Obr. 3.**

Lesní cesta se zpevněným povrchem nepřekáží horskému vodnímu proudu
Forest road with paved surface does not stop mountain water stream

půdy zhutněny na 30 až 40 let, což nepříznivě hydrologicky působí. Tání sněhu působí na sečích rozdílně, nikoli však katastrofálně.

Průvodním projevem průtokových vln je intenzita půdní eroze. Naměřené hodnoty velmi kolísají podle místních podmínek. Je jisté, že nešetné obnovní způsoby zvyšují objemy i vrcholy vln, soustřeďují odtoky a zvyšují specifické hodnoty, erodují půdu, zvětší pohyb splavenin v bystřinných korytech, a pohyby tzv. spláví. To se promítá do morfogeneze bystřinné sítě i do výše povodňových škod. I tyto rozdíly je nutno zahrnout do hydrologických modelů.

Lesní cesty jsou důležité liniové struktury, protože umožňují:

- transport dříví i jiných hmot, osob, materiálů a strojů;
- zpracování, třídění a manipulace s dřívím i jiných lesních produktů;
- prostorové rozčlenění lesů, pro plánování, kontroly, organizaci provozu i orientaci;
- ochranu lesa proti vnějším organismům i ohni;
- rekreační činnost v lese (turistika, cyklistika, jízda na koních).

Na lesní cesty se soustřeďuje občasná doprava lesních mechanismů i turistika. Podle rozsahu provedených stavebních prací a následné péče mají jen omezenou vodní retenci. Z cestního povrchu se zpevněným povrchem odtéká až 100 % dešťové vody, z jiných jen asi polovina. Hustotou cest a způsobem jejich odvodňování může být odtok usměrňován. Hustota cest má být co nejmenší a jejich vodní účinky mají být prověřovány (SCHÜLER in IRSLINGER 2005).

Na území ČR zatím nebyly vodní účinky lesních cest podrobněji prozkoumány, ale udržování vhodných podmínek pro srážkově-odtokový proces je v zásadě respektováno, např. ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť (HANÁK 2003).

MATERIÁL

Lesní dopravní síť na území České republiky a v Moravskoslezských Beskydech

Přehled o struktuře lesní dopravní sítě v lesním hospodářství ČR bez zřetele na vlastnictví byl uveřejněn (KLČ 2007) s rozdělením na třídy a kategorie:



Obr. 4.

Nezpevněná svážnice je značným zdrojem splavenin
Unpaved slope road is a great source of sediments



Obr. 5.

Čerstvá erozní rýha po příválové srážce
Fresh erosive furrow after torrential rain

- lesní cesty 1. a 2. třídy umožňující prostorovým uspořádáním a technickou vybaveností celoroční nebo i sezonní provoz návrhových vozidel. Mají délku 46 800 km a hustotu 18,00 m/ha.
- trvalé přibližovací cesty 3. třídy sloužící k vývozu a přibližování dřeva měří úhrnem 41 700 km a mají hustotu 15,76 m/ha.
- lesní cesty 4. třídy jsou přibližovací cesty a přibližovací linky k pohotovému soustředování vytěženého dřeva z porostů. Měří 71 500 km a mají hustotu 42,67 m/ha.

Výměra všech lesů na území České republiky v roce 2006 byla 2 649 000 ha (VACEK 2003). Z nich připadalo na horské lesy (6. - 9. LVS) 459 570 ha, tj. 17,45 %. Je třeba uvést, že v této publikaci nebyl uveden podíl lesní dopravní sítě, který je na této ploše. Kromě toho interval rozčlenění je nutno považovat za polootevřený – nelze vyloučit, že podíl sítě rozložené v pahorkatinách se může, byť jen omezeně, rovněž podílet na hydrologických parametrech povodňových vln. Úhrn všech lesních cest na území ČR činí 160 000 km s průměrnou hustotou 60,31 m/ha. Průměrná hustota odvozních cest v České republice dosahuje 22 m/ha a jejich šířka je v průměru 5 m. Průměrná hustota přibližovacích cest činí 75 m/ha při šířce 3 m (BENEŠ 1986).

Toto rozdělení však postrádá posouzení jejich vodních účinků na odtoky vody z lesního prostředí. Mělo by být specifikováno se zře-

telem k rozdílu mezi horskými oblastmi, pahorkatinami a nížinami, a též i podle klimatických prvků, geologického a pedologického působení s hydrologickými účinky. Proto má pro posuzování vodní bilance prostředí pomocný význam.

Orientačním a plánovacím podkladem pro lesní hospodářství jsou oblastní plán rozvoje lesů – PLO. Beskydský lesnicko-hydrologický výzkum souvisí s částí OPRL-PLO číslo 40 – Moravskoslezské Beskydy (HOLUŠA 2000). Neobsahuje však data týkající se účinků lesů na opakování, trvání a vrcholy průtokových vln způsobené lesní dopravní sítí. Jiným, podrobnějším podkladem jsou lesní hospodářské plány, které plánují a optimalizují lesní dopravní síť pro provozní potřeby, ale rovněž se blíže nezabývají jejími vodními účinky.

Lesnicko-hydrologický výzkum ve dvou malých, beskydských, výzkumných povodích (Červík - CE) a (Malá Ráztoka - MR) (BÍBA et al. 2006, 2008) měří a vyhodnocuje prvky vodní bilance, jejich vztahy a rozkolísanost nejen pro hospodaření v lesích, ale též pro opatření doporučená k podpoře ekosystému. Dlouhodobý výzkum v obou povodích prokázal nejen jeho užitečnost, ale též metodickou i fyzickou náročnost. V rámci výzkumných měření byly vyhodnocovány i prvky vzniků, opakování, intenzit a vrcholů průtokových vln, při nichž bylo pamatováno na předpokládané hydrologické účinky

lesní dopravní síť. Rozbor naměřených dat ukázal, že počty a síly průtokových vln v kalibraci výzkumu, při a po následující zrychlené porostní obnově s částečnou úpravou dřevinné sklady i ve znečišťovaném ovzduší (více v MR), nevytvorily soubor dat potřebný pro statistické výpočty (CHLEBEK 1987).

V povodí CE bylo před rokem 1965 postaveno 3,5 km lesních cest 1L a 2,0 km 2L s průměrnou hustotou 29,73 m/ha, a to zejména v dílčím povodí CE-A, do kterého byly směřovány intenzivní těžby, protože podpovodí CE-B bylo zachováno bez úmyslných hospodářských zásahů. V povodí MR to bylo 11,5 km cest typu 2L s hustotou 55,56 m/ha (OPRL 40 – Moravskoslezské Beskydy). Cesty klasifikace 3L a 4L zaznamenány nebyly a lze předpokládat, že jejich vodní účinky, protože byly jen dočasnými a pomocnými liniemi, jsou nyní neprůkazné. Po dokončení stavby této dopravní sítě v obou malých povodích do poloviny 60. let minulého století již tato nebyla rozšiřována ani v ní nebyla provedena větší údržba. Přibližováním dříví koňmi nebo místy i lanovkou tam nevznikly erozní rýhy. Přesto by soustředěně odtékající vodě měla být věnována pozornost, zaměřená na tlumení místně zrychlené eroze.

DISKUSE A VÝSLEDKY

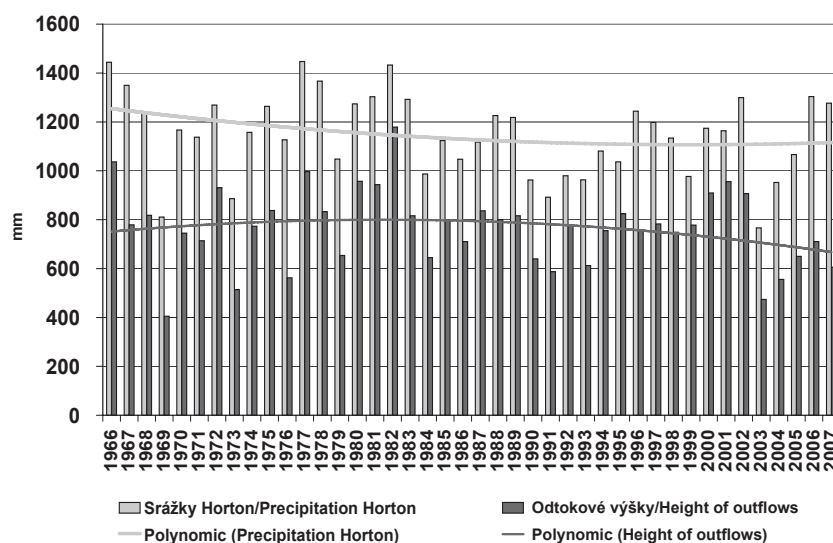
Diskuse o vlivech cestní sítě ve zkoumaných povodích na hydrologické prvky odtoků

Z rozborů naměřených dat bylo zjištěno, že porostní obnova v CE a MR statisticky nezvýšila vrcholy průtokových vln (CHLEBEK 1987). Je pravděpodobné, že vlivy lesních cest na odtoky z povodí byly málo výrazné v komplexitě průtokových vln, hodnotíme-li je v rámci časově stanovené úrovně měření. Nezávisle na statistickém hodnocení je z naměřených dat viditelný rozdíl mezi jednotlivými dílčími povodími, kdy na podpovodí CE-A došlo od zahájení těžeb k mírnému nárůstu odtoků (obr. 6), který nebyl způsoben zvýšením úhrnu srážek (obr. 7). Tento trend nárůstu vrcholů kolem roku 1982, ale není nikterak významný. Tento nárůst se na podpovodí CE-B neprojevil, došlo naopak k poklesu odtoků. V tomto podpo-

vodí se neprováděly těžby a nebyly nově budovány žádné kategorie cest. Naopak na CE-A byla výstavba cest intenzivní od roku 1965 do roku 1982, což koresponduje s mírným nárůstem odtoků pouze na tomto dílčím povodí. Také SKOUPIL (2006) podrobně zkoumal a uvádí, že v obdobích se zvýšenou těžebně dopravní činností na Červíku docházelo ke zvýšení podílu povrchového odtoku vody z povodí. To znamená, že v těchto obdobích byl nižší však a tím také nižší retence vody v povodí. Navýšení podílu odtoku však bylo velice nízké, činilo 4,7 %. Z toho nevyplývá, že porostní seče lze provádět výkonnými mechanizmy bez obav z narušování ekologické stability subsystému lesa (obr. 8), ale to, že v něm lze s přiměřenou tolerancí bezpečně provádět nutné lesnicko-hospodářské práce. Je však třeba brát ohled na cílevědomou ochranu a podporu stabilizujících vztahů mezi prvky toho prostředí, ovšem s přiměřeným zvýšením nákladů. Povodí CE je částí pásma hygienické ochrany vodárenské nádrže Šance. Pod povodím MR je prováděn stálý odběr do místního systému pitné vody.

Pro správu subsystému vody jsou důležité některé poznatky a skutečnosti: deště jsou nejdůležitějšími hydrometeory vytvářejícími odtoky z povodí. V horách jsou místně rozdílnými nejen podle druhů, ale též podle reliéfu, expozice a nadmořské výšky (SEVRUK 2004). Pro hodnocení vzniků a průběhů vrcholů průtokových vln musí být měřena a zaznamenávána jejich intenzita v intervalech 1 až 2 minut nebo i kratších. V této fázi prevence nebezpečných vln odtoků je důležité hodnotit právě v nejkratších časových úsecích retenční kapacitu povodí vztahem mezi současnými srážkovou intenzitou a specifickým odtokem z povodí q (v $\text{m}^3/\text{s.km}^2$). Z toho plyne velká retenční kapacita v povodích. Ta však může být pomístně narušena lidskou činností včetně stavby lesních cest. Následkem jsou potom větší povodňové škody.

Výše intercepce a evapotranspirace v průběhu vrcholů průtokových vln ještě nebyla detailně vyhodnocena. Početnějšími jsou data o vsaku do půdy, která však závisí i na nasycenosti povodí vodou. Povrchový odtok je klasifikován na lesní půdě jako výjimečný jev s krátkým trváním. Lze jej zjistit při bouřkových lijácích i po velmi dlouho trvajících a vydatných krajinných deštích jako např. počát-



Obr. 6.

Roční sumy srážek a odtoků na dílčím povodí CA

Annual sums of precipitations on the partial catchment

kem července 1997 (obr. 1). Soustředí vodu odtékající vodu do prohlubní a tvoří rýhy, v nichž vodní proudy nabývají kinetickou energii a erodují půdní povrch (obr. 2 - 4). Část vody, která vsákla, se soustřeďuje do rychlého podpovrchového odtoku, podle půdní struktury a sklonitosti terénu již od rozvodnice po svazích. Na jejich úpatích jsou patrné výrony vody značně zvětšující množství odtékající průtokovou vlnou. Tento podíl odtoku trvá zpravidla jen několik hodin, nejvýše dnů. Hydrologicky důležitou je perkolace vody do hlubších horizontů, které zůstávají zdrojem odtoku vody v mezidešťových obdobích, zejména až po minimální průtoky.

Z toho plyne, že lesní dopravní síť ovlivňuje nejvíce povrchový i podpovrchový odtok. Lesní cesty a s nimi související manipulační plochy mají v povodích jen malý plošný podíl. V CE to je méně než 3 % a v MR 2 % z plochy povodí. Při deštích je na této ploše okamžitě nulový vsak, voda odtud odtéká mimo a teprve tam vsakuje do lesní půdy. Podle procentního podílu nasycených ploch v povodí úměrně přispívá ke vzniku podpovrchového odtoku. Teprve při mimořádných deštích nastává koncentrace povrchového odtoku se silnější erozí a pohybem splavenin. Je patrné, že tento jev je výraznějším jen na menších plochách a v malém povodí, ale se zvětšujícími se plochami a se snížením podélného sklonu terénu se postupně ztrácí. U lesních cest je významné jejich zařazení do svahů terénu zpravidla doplněné odvodňovacími příkopy, které liniově narušuje průběh podpovrchového odtoku vody, soustřeďuje ji a odvádí rychleji do vodoteče k odtoku z povodí, což je nutno hodnotit jako vodohospodářsky nepříznivé. Manipulaci s těmito složkami odtoku z povodí se lesník může do určité míry podílet na tvorbě, výši, trvání a objemu průtokových vln.

Cílevědomá opatření proti vznikům, velikostem a četnosti povodňových vln již od prameniště bystřinných toků mají podíl na protipovodňové a protierozní ochraně níže po toku. Tento prvek patrně není doceněn. Složky hydrologických prvků toho procesu ve svém souhrnu škodí nejvíce v podhůří, kde navíc narůstá zastavěnost a intenzita lidského využívání území. Proto není dostačující provádět ochranná opatření v nižších částech povodí bez zřetele na stav ochrany proti tokům až k prameništím. K tomu náleží též i péče o hydrologické vlastnosti a účinky lesní dopravní sítě.

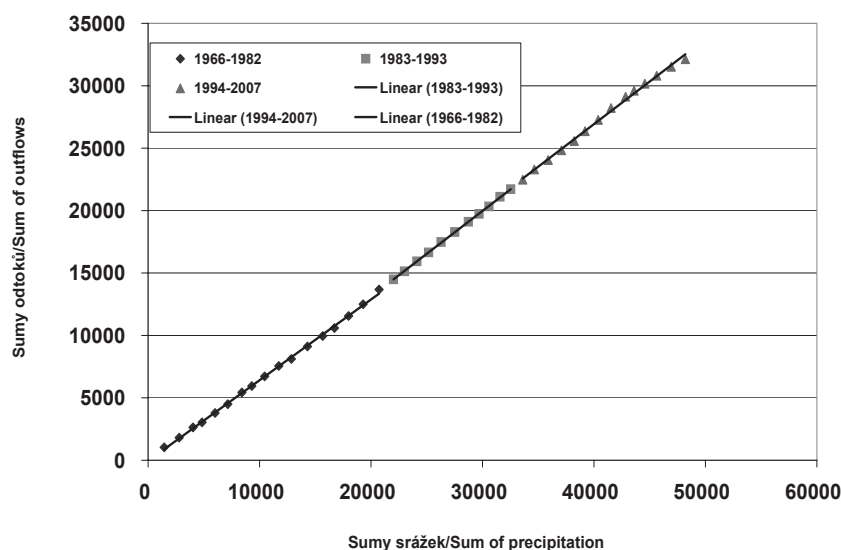
Vznik průtokových vln

V každém roce se obvykle vytvoří i několik průtokových vln, z nichž však většina nepřesáhne bezpečnou kapacitu průtočnosti sítě bystřinných toků. V roce 2003 nebyl ani v teplém období žádný silný déšť, který by v řadě od roku 1954 tuto podmínku překročil. Po celou dobu výzkumu tam nebyla měřena půdní vlhkost, protože se předpokládalo, že specifický odtok vždy vyjadřuje nasycenost povodí vodou. Měřeními v obou malých povodích bylo zjištěno, že denní úhrny převyšující 60 až 80 mm se teprve tam stávají příčinou povodně. Výjimkou byl bouřkový liják v CE dne 1. 8. 1971, při němž za 1 hodinu spadlo 60,2 mm a z toho 44,2 mm za 20 minut. Vrchol průtokové vlny následoval 20 minut po největší intenzitě lijáku a specifický odtok byl 2,6 m³/s.km². Průtoková vlna trvala jen 4 hodiny a průtok se vrátil na stejnou hodnotu jako na počátku lijáku. Průběh byl zaznamenán jen klasickými přístroji, takže největší intenzitu bylo možné odhadnout jen na 2,2 mm/min, a to svědčí o velké retenční schopnosti tohoto malého povodí. Ze záznamů však nelze určit ovlivnění dat cestní sítě.

Na obrázku 1 ze dne 5. 7. 1997 je patrný povrchový odtok na lesní půdě po regionálním dešti v povodí Střední Opavy (Hrubý Jeseník). Soustředěný povrchový odtok tam vytvořil erozní rýhy bez bylinné vegetace (obr. 2 a 3). Snímky pořízené 10 let po této katastrofální povodni ukazují, že přírodní revitalizace jen zčásti odstranila následky s dlouhodobějšími účinky. Řešení toho problému je nutné vždy vyhledat podle místních podmínek. Preventivní opatření jsou nutná, ale současně i značně nákladná, a to i při uplatnění biotechnických metod.

ZÁVĚR

Interakce srážek, zejména bouřkových přivalových lijáků a déle trvajících krajinných dešťů s velkými úhrny na odtoky z horských (pahorkatinných), malých, lesnatých povodí je stále hodnocena jen podle obecných poznatků a zkušeností bez hlubších analýz naměřených dat, z nichž by plynula opatření pro potřebnou protipovodňovou a protierozní ochranu. Tato data velmi chybí. Místní poznatky z lesnicko-hydrologických výzkumů a dílčí rešerše k tomuto tématu dovolují, byť jen omezeně, dát zásady pro účelná měření



Obr. 7.

Dvojitá součtová čára z dílčího povodí CA
Double total line from the partial catchment

těchto jevů k užítku i pro lesnicko-hospodářskou politiku: „ovládání už kapky, z celého stromu se to sotva podaří“ (LUDWIG 1966 in IRSLINGER 2005). Pro zjišťování retenčních možností v malých povodích je nutné v kratších úsecích času měřit dešťové intenzity – nejméně v minutových, ale až v sekundových intervalech pro porovnávání těch dat se specifickým průtokem ($\text{m}^3/\text{s.km}^2$) informujících o vstupech vody do lesního subsystému v době vrcholů průtokových vln.

Cílem ochranných opatření má být co největší zadržování vody v horském lese – existující a při obnovách lesa zachovávané. Lesní dopravní síť, byť její plošný podíl z celého povodí může někde zrychlovat odtoky, přispívá ke zvyšování průtokových vln a intenzity eroze. To lze ovšem vyhodnotit jen jednotlivě podle místních podmínek. Povrchové odtékající a soustředěná voda má být všude odváděna k opětovnému vsaku do lesní půdy. Málo používané cesty s nižší kategorií mohou být po úvaze zrušeny a ponechány k zarůstání. Je třeba pamatovat, že stlačení půdy mechanismy zůstává zachovávané desítky let. Proto šetrné nasazování strojů je nutné. Cesty mají být vzdáleny minimálně 25 metrů od koryt toků a odtoky co nejméně gravitačně zrychlovat. Propusty musí být postaveny v nevelkých vzdálenostech 30 až 50, výjimečně 150 metrů. Musí být chráněny před ucpáváním klemem nebo splaveninami. S větší četností lesnických prací v povodích rostou náklady na údržbu cestní sítě. Je třeba důsledněji odstraňovat odtokové rýhy převážně materiály z místních zdrojů, využívat přelivné hrádky v terénu a malé nádržky v prostředí s retenční a retardační funkcí odtoků včetně transportů splavenin a splávi (organického původu). Povodňová ochrana musí počínat už v nejhorejších částech povodí s prameništěmi. Každý kubický metr vody zadrženy již u rozvodnice je přínosem pro snížení povodňových škod v údolích, což dává hospodářsky největší užítky (SCHAUPP 2001 in IRSLINGER 2005). Bylo vyjádřeno (ZELENÝ 1960), že okamžitý odtok z povodí vyjadřuje obecně míru jeho nasycení vodou.

LITERATURA

- BENEŠ J. 1986. Předpoklady zpřístupňování lesa. 1. vyd. Brno, FOLIA VŠZ: 66 s.
- BÍBA M. et al. 2006. Poznatky z padesátiletého lesnicko-hydrologického výzkumu v beskydských experimentálních povodích. Zprávy lesn. výzkumu, 51: 44-56. ISSN 0322-9688.
- BÍBA M. et al. 2008. Vyhodnocení odtoků z malých lesnatých povodí v oblasti Moravskoslezských Beskyd. In: Sborník Hydrologie malého povodí. Praha, ÚH AV ČR: 19-22 s. ISBN 978-80-87-117-03-3.
- HANÁK K. Zpřístupňování lesa. Odvodňovací objekty na lesních cestách. Brno, MZLU: 108 s. ISBN 80-7157-658-1.
- HOLUŠA J. et al. 2000. Oblastní plán rozvoje lesů – PLO 40 – Moravskoslezské Beskydy. Brandýs n. L., ÚHÚL., Frýdek-Místek, Bob.: 225 s.
- CHLEBEK A. 1987. Malá Ráztoka a Červík – Vyhodnocení 32letých řad měření srážek a odtoků. Atestační práce. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 109 s.
- IRSLINGER R. (ed.) 2005. Dezentraler Hochwasserschutz in kleinen bewaldeten Einzugsgebieten Rottenburg.
- KLČ P. 2007. Vozovky lesních cest. In: Konference krajinné inženýrství. Praha, ČSKI: 131-146.
- MENDEL H. G. Elemente des Wasserkreislaufs - Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Bundesamt für Gewässerkunde, Analytica Verlag: 248 s.
- MENDEL H. G. 2005. Hochwasser in bewaldeten Einzugsgebieten - Eine Bestandsaufnahme. In: Irslinger R. (ed.): Dezentraler Hochwasserschutz in kleinen bewaldeten Einzugsgebieten Rottenburg: 3-50.



Obr. 8.

Důsledek použití lesní cesty v nevhodnou dobu (po jarním tání) těžkou mechanizací
Use of forest road for heavy mechanization in the wrong time (after spring thawing)

- SCHÜLER G. 2005. Hochwasserminderungmassnahmen in kleinen bewaldeten Einzugsgebieten Rheinland-Pfalz. In: Irslinger R. (ed.): Dezentraler Hochwasserschutz in kleinen bewaldeten Einzugsgebieten. Rottenburg: 58-72.
- SKOUPIL J. 2006. Optimalizace tvorby a rekonstrukce lesní dopravní sítě z hlediska integrovaných funkcí lesa. Disertační práce. Brno, MZLU: 99 s. + příl.
- VACEK S. et al. 2003. Horské lesy České republiky. Praha, MZe ČR: 320 s. ISBN 80-7084-239-3.
- ZELENÝ, V. 1960. Příspěvek ke studiu příčin odtokové rozkolísanosti v Beskydech. Vědecká práce VÚZLM, s. 39-56

THE IMPACT OF FOREST ROADS ON THE WATER RUN-OFF WITHIN THE SMALL FORESTED WATERSHEDS

SUMMARY

For forest functions utilization the forest needs to be accessible which is ensured by forest roads of different density and quality. Among the forest functions logging, transport of timber and regeneration operations are the most important reasons for building forest roads. There are forest roads of different categories projected with respect to logging and regeneration, and there are some roads, mainly the skidding trails, that are defunct.

Density of the forest roads is quite high in the Czech Republic, thus their impact on other forest functions, mainly on water management and soil protection, is to be respected. Literature available confirms that the impact of forest roads on the forest ecosystem has begun to be evaluated in the recent years, when forest was considered as one of the poly-function elements of the landscape. In general, the authors interesting have taken the impact of forest roads on hydrology and soil erosion as negative. The roads change the under-surface water run-off to the surface, speed up run-off water instead of its penetration to the soil, and cause decrease of retention capacity of the watershed, and so they in fact create a secondary hydrological network concentrating the run-off. Mainly due to concentration of water run-off and enhanced speed, the soil is transported and eroded.

However, the impact of forest roads can be significantly affected by the choice of suitable logging and skidding technologies that eliminate their negative effect. In the region of the Moravskoslezské Beskydy Mts., with flysh and steep slopes, very sensitive to soil erosion, hydrological regime in general was not disturbed by forest roads built for logging and fast regeneration. The results of 55-year research did not prove statistically significant changes in water regime after building of the forest roads for skidding and timber transport. Certain change is visible only in slightly increased run-off during the culmination of logging operations, in the partial watershed CE-A only with the dense network of roads. In the partial watershed CE-B, left without any intentional management operations, such trend was not observed. In spite of these results, there are still many reasons, why the forest roads are considered to be an element disturbing the forest ecosystem, and a great attention must be paid to planning of forest roads and suitable management technologies.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Zdeněk Vícha, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
pracoviště Frýdek-Místek, Nádražní 2811, 73 801 Frýdek Místek, Česká republika
tel.: 558 433 324; e-mail: vicha@vulhm.cz

RŮST A FORMOVÁNÍ OŘEŠÁKU KRÁLOVSKÉHO POD OCHRANOU STROMŮ A KEŘŮ V JIŽNÍ ANGLII

Ořešák královský (*Juglans regia* L.) představuje cenný dřevoprodukční druh a proto se ve Velké Británii stal v nedávné době předmětem výzkumu. Jeho růst a vývoj byl sledován na třech pokusných plochách o rozloze 1 ha nacházejících se v jižní Anglii. Cílem sledování bylo vyhodnocení růstu ořešáku královského pod ochrannou vegetací (stromy, keře) a bez ní a v porostech dřevin vázajících dusík.

Plochy byly osazeny sazenicemi na jaře v roce 2000 ve sponu 5 x 5 m. Ochranné stromy byly vsázeny ve stejném sponu mezi ořešáky, zatímco keřové patro alternovalo v řadách tak, aby obklopovalo cílovou dřevinu. Na ploše bylo celkem 2 000 dřevin na hektar, z toho 500 sazenic ořešáku královského, 500 ochranných stromů (olše, bříza bělokorá, třešeň ptačí, cedr) a 1 000 keřů (líška, bez, olivovník). Buřeň byla odstraňována jednou ročně postřikem.

Ze středu každé plochy bylo vybráno šest stromů ořešáku královského, u kterých byla hodnocena míra přežití jeden rok po výsadbě; jejich výška byla měřena během druhé a šesté vegetační sezony, byl hodnocen zápoj, větvení a olistění dřeviny.

Vývoj ořešáku královského byl sledován po dobu šesti vegetačních období. Na všech třech pokusných plochách přežilo 99 % jedinců ořešáku královského. Naproti tomu byla sledována dosti vysoká mortalita stromů ochranných porostů, hlavně břízy bělokoré a třešně ptačí. Růst ořešáku královského se lišil v závislosti na tom, v jakém typu keřového pokryvu se nacházel, rovněž koncentrace dusíku v listech byly velmi rozdílné při různém složení porostu, v kterém ořešák královský rostl.

Výsledkem výzkumu bylo zjištění, že ořešák královský prosperuje ve všech výzkumných variacích, ale nejlépe roste ve směsi keřového charakteru ve srovnání s výsadbou ve stromovém porostu. Nejeefektivnější se ukázala směs ořešáku královského s olivovníkem (*Elaeagnus umbellata*). Tento keř ovlivňuje pozitivně výšku ořešáku, a to zlepšením mikroklimatu v porostu, zvýšenou dostupností dusíku a omezením růstu buřene, omezením světla podporuje přímý růst dřeviny. Vysazování monokultur ořešáku královského se na základě tohoto výzkumu zdá neefektivní.

Forestry, 2008, 81, č. 5, s. 631-644.

Kp

VLIV STRUKTURY ZÁPOJE NA PŘÍJEM ŽIVIN V POROSTNÍ SMĚSI BUKU LESNÍHO A SMRKU ZTEPILÉHO VE STŘEDNÍ EVROPĚ

Buk lesní, který v minulosti převládal v lesích střední Evropy, byl v posledních dvou stoletích postupně nahrazován monokulturami porosty smrku ztepilého, které však nejsou příliš odolné vůči nepříznivým klimatickým stresům. Současný cílem lesního hospodářství je docílit takový porost smíšeného lesa, který by byl stabilnější, a obnovit biodiverzitu lesních ekosystémů.

Ve smíšených porostech buku a smrku v oblasti středního Německa byl sledován a hodnocen vliv zápoje na složení hrabanky a podkorunových srážek. Studie se uskutečnila v časovém úseku květen 2005 – červenec 2006 v Sollingském lese v Dolním Sasku (250 – 300 m n. m., roční průměrná teplota 6,5 °C, průměrné roční

srážky 1 090 mm). V pokusném porostu se nachází směs buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.). Většina buků ve věku 125 – 150 let pochází z přirozeného zmlazení, smrk zde byl vysazen uměle, ale regeneruje přirozeně a jeho věk je mezi 90 – 125 lety.

Pokus probíhal na dvou rozdílných plochách o rozloze 300 m², na kterých byl smrk ztepilý a buk lesní zastoupen v různém poměru. Byly stanoveny čtyři kategorie zápoje: čistý smrkový, smíšený smrkový a bukový, čistý bukový a světliny. V průběhu pokusu byly zachycovány podkorunové srážky a odebírána hrabanka a prováděna chemická analýza získaného materiálu.

Složení porostu a hlavně jeho zápoj ovlivňují množství zachycovaných srážek, vlastnosti hrabanky i půdy. Ve smrkovém porostu byl objem podkorunových srážek nižší a vyšší spad prvků než v bukovém porostu. Příjem jednotlivých živin je závislý na vlastnostech zápoje a nesouvisí s druhovým zastoupením stromů ve smíšeném porostu. Naopak srážky ovlivňují více prostředí v bukovém porostu. Zápoj je určujícím prvkem ovlivňujícím množství podkorunových srážek i množství prvků, které se dostanou do půdy. Na obou plochách se do půdy dostávaly do půdy sodík, draslík a síra s podkorunovými srážkami, zatímco vápník se nacházel v hrabance. Dusík a hořčík se dostávaly do půdy jak podkorunovými srážkami, tak hrabankou.

V oblasti chudé na živiny, jako je Solling, znamená vyšší zastoupení buku ve smrkovo-bukovém porostu zlepšení půdních podmínek, a zvláště pak podporu oběhu vápníku.

Eur. J. For. Res., 2009, 128, č. 1, s. 13-25.

Kp

VÝSKYT A PATOGENITA HUB V NEKROTICKÝCH A NESYMPOMATICKEJŠÍCH VÝHONCÍCH CHŘADNOUCÍHO JASANU ZTEPILÉHO VE ŠVÉDSKU

Na konci minulého století došlo k velkoplošnému chřadnutí jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) v Litvě a Polsku, lokálně bylo také pozorováno v severovýchodním Německu a jižním Švédsku. V létě roku 2004 se však napadení porostů jasanu ztepilého začalo šířit ve velkém měřítku z jihu a jihovýchodu Švédska na západ a do střední část země. Následné chřadnutí až úhyn porostů byly podnětem pro výzkum jeho příčin a průběhu.

Pro výzkum příčin chřadnutí byly vybrány čtyři lokality ležící převážně v jižní části Švédska, na nichž se nacházely 20 – 30 let staré smíšené porosty s převažujícím zastoupením jasanu ztepilého, jehož koruna vykazovala symptomy poškození. V červnu roku 2004 a 2006 byly ze tří až pěti stromů každého porostu odříznuty napadené výhonky a laboratorně zpracovány. Cílem výzkumu bylo určení a studium houbových společenstev v odumírajících korunách a jejich možný vliv na úhyn jasanu ztepilého.

V laboratoři byly houby během 24 hodin izolovány, roztříděny, byl proveden test patogenity a výsledky statisticky vyhodnoceny. Z 24 druhů se houby *Gibberella avenacea*, *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum* a *Aureobasidium pullulans* nacházely na všech čtyřech lokalitách, z celkového počtu zjištěných hub pouze druhy *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum*, *Chalara fraxinea* a *Phomopsis* sp. vyvolávají symptomatickou nekrózu kůry a kambia.

Konečné srovnání výsledků výzkumu přineslo překvapivě závěry. Některé z izolovaných hub se sice vyskytovaly ve velké míře na jasanu ztepilém, ale přesto byly stromy vizuálně hodnoceny jako zdravé. *Chalara fraxinea* je vysoce patogenní houba, ale v přírodě se vyskytuje sporadicky, jiné známé patogenní houby nebyly schopny vyvolat nekrózu u mladých stromů. Na základě tohoto zjištění je třeba zvažovat, zda patogenita některých hub není závislá na vlastnostech prostředí, nebo zda nemůže být výsledkem výskytu a působení několika druhů hub současně. Na základě pozorování jiných autorů se zdá, že příčinou chřadnutí jasanu ztepilého mohou být také extrémní klimatické faktory, hlavně sucho a mráz.

Tato studie odhalila bohatá společenstva hub, která se nacházela jak na symptomatických, tak i nesymptomatických výhoncích, a která by byla schopna vyvolat nekrózu u jasanu ztepilého. Nicméně na základě vizuálního hodnocení se většina stromů zdála zdravá. V tomto případě je pravděpodobné, že podmínky, v kterých se porosty nacházejí, jsou natolik příhodné, že je napadení houbami neohrožuje.

Eur. J. For. Res., 2009, 128, č. 1, s. 51-60.

Kp

DOSTUPNOST SVĚTLA A JEHO VLIV NA RŮST, MORFOLOGII LISTŮ A STAVBU ODROSTKŮ BUKU LESNÍHO, JAVORU KLENU A JASANU ZTEPILÉHO

Dostupnost světla v porostu je jedním z důležitých činitelů, které kromě půdy, vody a živin spolupůsobí při růstu stromů a mohou být různými pěstebními zásahy ovlivněny. Dopady světelných podmínek byly předmětem pokusu, který probíhal ve smíšeném listnatém porostu v Dolním Sasku (nadmořská výška 151 – 200 m, průměrné roční srážky 780 mm, roční průměrné teploty 7,8 °C). V porostu převažoval buk ve stáří 120 let, v porostu se v poslední 10 letech netěžilo dřevo ani nebyl jinak poškozen.

Reakce na dostupnost světla byly sledovány u buku lesního (*Fagus sylvatica* L.), javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.) a jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior* L.). Vzorky pro analýzu byly odebrány v roce 2006 ze 129 náhodně vybraných stromů, které nejevily známky poškození a vyskytovaly se v různých světelných podmínkách, a zahrnovaly 43 vzorků z javorů, 41 z buku a 45 z jasanu. U každého vzorku byly zaznamenávány tyto údaje: celková výška a šířka odrostku, rozsah koruny, délka posledních pěti výhonků a tloušťka v 10 cm nad zemí. Dostupnost světla byla kvantifikována na základě fotografií pořízených uprostřed léta těsně nad nejvyšší vrstvou olistění porostu. Každý odrostek byl rozdělen na 5 sekcí, z kterých bylo odebráno po 50 listech, které byly po 3 dny vysoušeny a potom zváženy.

Růst všech tří druhů zkoumaných listnatých stromů byl významně rychlejší v případě lepších světelných podmínek jak u druhu, který snáší zastínění, tak u světlomilných stromů, také plocha listů se zvětšovala v závislosti na přístupu ke světlu. Buk se vzhledem k rozložení svých listů snáze přizpůsobuje nedostatku světla než jasan a javor. Jasan a javor jsou stromy světlín, v zastínění mají tendenci k zvýšenému olistění korun.

Na základě výzkumu, který se soustředil na určení specifické struktury buku, javoru a jasanu a jejich růstu ve vztahu k světelným podmínkám a na srovnání adaptabilní schopnosti těchto tří listnatých druhů, lze odvodit doporučení pro pěstební praxi.

Eur. J. For. Res., 2009, 128, č. 1, s. 61-74.

Kp

RŮST A OCHRANA SMRKU ZTEPILÉHO A BUKU LESNÍHO V ČISTÝCH A SMÍŠENÝCH POROSTECH

Celé jedno číslo časopisu European Journal of Forest Research je věnováno účinkům ozonu a sucha na kompetiční vztahy ve smíšených porostech buku a smrku. Problémem se od roku 1998 zabývalo 20 výzkumných týmů pod vedením výzkumného střediska „Sonderforschungsbereich 607“ se sídlem v Mnichově a Freisingu. Výzkum byl prováděn ve smíšeném lese, kde se nacházely 55 let staré porosty smrku ztepilého a 62 let staré bukové porosty. Od roku 2000 byly pozorovány účinky ozonu na skupinkách buků a smrků experimentálně vystavených ozonové fumigaci. Některé práce se zabývají následky působení ozonu v kombinaci se suchem, které byly zvláště patrné v období extrémního sucha v létě 2003, jiní autoři si všimají vlivu fruktifikace na růst dospělých smrků. Byl modelován scénář dopadu různých klimatických změn na pohyb uhlíku ve smíšených porostech. Vývoj nadzemní biomasy byl sledován jak ve smíšených porostech, tak smrkových monokulturách. (RUST S., ROLOFF A.)

Publikace obsahuje 10 původních článků zabývajících se především vlivem ozonu:

- Účinky extrémního sucha v roce 2003 na půdní respiraci ve smíšeném porostu (NIKOLOVA P. S. et al.)
- Změny působení obranných metabolitů v listech dospělých buků a smrků: sledování hospodaření s uhlíkem (HÄBERLE K. H. et al.)
- Ozon ovlivňuje šikmátové dráhy a skladbu monomerického ligninu buku lesního (BETZ G. A. et al.)
- Obsah živin a růst bukových a smrkových odrostků ovlivněných kompeticí a působením O₃/CO₂ (RODENKIRCHEN H. et al.)
- Vliv výživy během extrémního léta 2003 při pokusné fumigaci vzdušným ozonem v Kranzbergském lese (GÖTTLEIN A. et al.)
- Meziroční růstová reakce dospělého smrku a buku na pokusné zvýšení vzdušného ozonu (WIPFLER P. et al.)
- Kombinace tomografie a světelné mikroskopie při využití pro analýzu vodivosti dřevní hmoty kořenů buku lesního a smrku ztepilého (NIKOLOVA P. S. et al.)
- Vliv fruktifikace na produkci biomasy a s tím spojený genetický dopad na smrk ztepilý (SEIFERT T., MÜLLER-STARCK G.)
- Modelování podzemní a nadzemní dynamiky uhlíku ve smíšeném bukovém a smrkovém porostu ve vztahu ke klimatu (RÖTZER T. et al.)
- Transgresivní výtěžnost ve smíšeném porostu smrku ztepilého a buku lesního ve srovnání s monokulturami ve střední Evropě: sledování na porostní úrovni a popis jednotlivých stromových úrovní (PRETZSCH T., SCHÜTZE G.)

Eur. J. For. Res., 2009, 128, č. 2, s. 85-204.

Kp