

7 ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

REPORTS OF FORESTRY RESEARCH



VĚDECKÝ RECENZOVANÝ ČASOPIS
SCIENTIFIC REVIEWED JOURNAL

3/2010

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 55

ČÍSLO 3/2010

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, CSc.; doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; doc. Ing. Pavol Klč, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; prof. RNDr. Ing. Michal V. Marek, DrSc.; prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; prof. Ing. Marek Turčáni, CSc.

Od roku 2009 je časopis zpracováván v Elsevier Bibliographic Databases.

OBSAH - CONTENT

VRATISLAV BALCAR - DUŠAN KACÁLEK - ONDŘEJ ŠPULÁK - IVAN KUNEŠ - DAVID DUŠEK - MARTIN BALÁŠ - JIŘÍ NOVÁK

Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách

Prosperity of pioneer broadleaves and spruce under mountain conditions

149

DUŠAN KACÁLEK - JIŘÍ NOVÁK - VLADIMÍR ČERNOHOUS - MARIAN SLODIČÁK - JAN BARTOŠ - VRATISLAV BALCAR

Vlastnosti nadložního humusu a svrchní vrstvy půdy pod smrkem, modřínem a olší v podmínkách bývalé zemědělské půdy

Forest-floor humus and topsoil properties under spruce, larch and alder on former agricultural soils

158

ONDŘEJ ŠPULÁK - JIŘÍ SOUČEK - JAN BARTOŠ - DUŠAN KACÁLEK

Potenciál mladých porostů s dominancí břízy vzniklých sukcesí na neobhospodařované orné půdě

Potential of young stands with birch dominance established by succession on abandoned agricultural land

165

ONDŘEJ ŠPULÁK - JIŘÍ SOUČEK - JAN BARTOŠ

Růst a prosperita prosadeb buku a kleny v mladých porostech smrku ztepilého a smrku pichlavého

Growth and prosperity of beech and sycamore maple plantings in young Norway spruce and blue spruce forest stands

171

JANA ŘEZNÍČKOVÁ - LENA BEZDĚČKOVÁ - ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

Sběr a zpracování šišek, skladování, předosevní příprava a kvalita semen jedle bělokore (Abies alba): literární rešerše

Cone collection and processing, storing, pre-sowing treatment and quality of European silver fir (Abies alba) seeds: a literature review

180

PAVEL TAUCHMAN - VLASTIMIL HART - JIŘÍ REMEŠ

Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii /MIRBEL/FRANCO) s porostem smrku ztepilého (Picea abies L.)

a stanovištěně původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy

Comparison of production of Pseudotsuga menziesii /MIRBEL/FRANCO stand with Picea abies L. KARST.

stand and original mixed broadleaved stand of middle age in the territory of School Training Enterprise Kostelec nad Černými lesy

187

JAN BARTOŠ - JIŘÍ SOUČEK - DUŠAN KACÁLEK

Porovnání vlastností dřeva padesátiletých smrkových porostů na stanovištích s různou historií využití půdy

Comparison of wood properties of 50-year-old spruce stands on sites experiencing different land use in the past

195

VLADIMÍR ŠVIHLA - VLADIMÍR ČERNOHOUS - FRANTIŠEK ŠACH

Hydrologická bilance elementární odtokové plochy lesního povodí v Orlických horách

Hydrological balance of elementary runoff area within forest watershed in the Orlické hory Mts.

201

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - MAREK TUMA

Ověření vlivu mykorrhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic

Influence of artificial mycorrhization on development of spruce seedlings at Jablunkov (forest district)

211

JAN BOMBA - MARTIN BÖHM - PŘEMYSL ŠEDIVKA

Analýza malých a středních pilařských podniků v ČR

Analysis of small and medium-sized sawmills in CR

221

LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS

PAVEL ROTTER

Kvantitativní vyjádření stability lesních ekosystémů

Quantitative expression of forest ecosystems stability

233

PROSPERITA PIONÝRSKÝCH LISTNATÝCH DŘEVIN A SMRKU V HORSKÝCH PODMÍNKÁCH

PROSPERITY OF PIONEER BROADLEAVES AND SPRUCE UNDER MOUNTAIN CONDITIONS

VRATISLAV BALCAR¹ - DUŠAN KACÁLEK¹ - ONDŘEJ ŠPULÁK¹ - IVAN KUNEŠ² - DAVID DUŠEK¹ - MARTIN BALÁŠ² - JIŘÍ NOVÁK¹

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

²Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Praha

ABSTRACT

Large area of spruce forest had declined in the summit parts of Czech mountains before air pollution load was reduced in the 1990s. To restore forest, clear-cuts were planted with exotic coniferous species (blue spruce prevailed). Later, decreased air pollution load allowed planting Norway spruce and autochthonous broadleaves. However, the broadleaved plantations often failed (microclimate, game, mice), mainly those consisting of target species, such as European beech and sycamore maple. Therefore, diversification of pure coniferous stands in terms of tree species composition is still highly desirable. Silver birch, Carpathian birch, Silesian willow, European aspen and rowan plantations are native pioneer species potentially applicable to diversification or conversion of coniferous stands under conditions of harsh environment of the Jizerské hory Mts., Northern Bohemia. In addition to broadleaves, Norway spruce was also planted within the experiment. The species mean heights were compared using the mean heights reached in the 14th year after planting. Carpathian birch performs the best having significantly greater mean height (244 – 253 cm) and high survival (78 – 94%). Silver birch has similar height (235 – 273 cm) though its survival is much lower (ca 25%). Both birches have comparable height with Norway spruce (221 – 287 cm). As for mean height, these three species differ significantly ($p = 0.05$) from the other broadleaves (rowan, aspen and willow). Silesian willow is of lesser importance to create productive stands, however the species is able to survive (78 – 90%) well at the high altitude (975 m a. s. l.).

Klíčová slova: pionýrské listnáče, smrk ztepilý, umělá obnova, bývalá imisní holina, Jizerské hory

Key words: pioneer broadleaves, Norway spruce, artificial regeneration, formerly air-polluted area, Jizerské hory Mts.

ÚVOD

Jizerské hory patří mezi pohorí, jejichž lesy byly těžce poškozeny imisní zátěží (VACEK et al. 2003). Škodliviny zde v 70. a 80. letech minulého století rozvrátily lesní porosty na rozsáhlých územích o celkové výměře asi 12 000 ha (BALCAR 1998). Po odeznění akutní imisní kalamity byla většina holin v průběhu 90. let 20. století díky úsilí lesnického provozu znovu zalesněna. Nová generace porostů je však opět dominantně jehličnatá, ve vyšší míře se při obnově uplatnil smrk ztepilý, z introdukovaných dřevin pak smrk pichlavý. Nicméně tyto mladé, převážně smrkové porosty potřebují diverzifikaci, a to nejen strukturní a věkovou, ale také druhovou (HUŠEK 1999, BŘEZINA et al. 1997). Vnášení dřevinných druhů obohacujících smrkové lesní porosty je však v podmínkách vrcholového plató obtížné a na mnoha místech v minulosti selhalo. Cílové listnáče jsou citlivější vůči klimatu a mají větší nároky na půdní chemismus (SLODIČÁK et al. 2005); navíc bývají zvýšenou měrou poškozovány spárkatou zvěří. Je zde rovněž značné riziko poškození myšovitými hlodavci (FLOUSEK 1999). Poškození myšovitými bylo doloženo i na sazenicích jeřábu (EL-KATEB et al. 2004) a břízy bělokoré (HEROLDVÁ et al. 2008).

Pionýrské dřeviny horských poloh (bříza, jeřáb, olše, osika, aj.) svým charakterem lépe snášejí mikroklimatické podmínky holin. Jak dokládají práce některých autorů, jako přípravné porosty mohou prospívat úpravou půdního chemismu (PODRÁZSKÝ et al. 2005, ULBRICHOVÁ et al. 2005) i předpokládaným krytem výsadb cílových dřevin. U vybraných pionýrských dřevin zvláště v nižších polohách je popisován i jejich nezanedbatelný produkční význam z hlediska akumulace biomasy. Akumulací biomasy v porostech jeřábu a břízy v horských podmínkách se zabývali např. VACEK (1992), MORAVČÍK a PODRÁZSKÝ (1992, 1993) a VACEK et al. (1995). Na holinách tak pionýrské dřeviny mohou vytvářet významnou alternativu k výsadbě jehličnanů zejména tam, kde je žádána úprava půdy pro vnášení cílových dřevin. Z hlediska zvýšení biodiverzity je žádoucí i jejich zastoupení v cílové druhové skladbě porostů. Ve vyšších horských polohách mezi ně patří např. bříza, jeřáb a olše (MZE 1997).

V rámci našeho výzkumu jsme se zaměřili na hodnocení prosperity pěti druhů pionýrských listnatých dřevin v podmínkách vrcholových partií hor včetně posouzení, jak testované listnáče prosperují ve srovnání se smrkem ztepilým v prostředí bývalé imisní holiny.

MATERIÁL A METODIKA

Ve vrcholové části Středního Jizerského hřebene, odlesněného v důsledku likvidace imisní kalamity na počátku 90. let minulého století, byly založeny experimentální výsadby listnatých dřevin: břízy karpatské (*Betula carpatica* WILLD.) a bělokoré (*Betula pendula* ROTH) v roce 1993 a topolu osiky (*Populus tremula* L.), jeřábu ptačího olýsalého (*Sorbus aucuparia glabrata* CAJANDER) a vrby slezské (*Salix silesiaca* WILLD.) v roce 1996. Výsadba smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.), který pro účely naší studie slouží jako srovnávací dřevina, byla založena ve stejném roce jako výsadby bříz. Pro výsadby byly použity zejména prostokořenné sazenice. Pouze v případě břízy bělokoré se jednalo o sadební materiál krytokořenný - Nisula (tab. 1). Všechny dřeviny byly vysazeny na nesmíšených parcelách o výměře 100 m² v pravidelném sponu 2 x 1 m (tj. iniciální počet ca 50 jedinců) ve třech opakováních (obr. 1). Výsadby se nachází v horní části rozsáhlého demonstračního objektu Jizerka (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994) v nadmořské výšce zhruba 975 m n. m. na stanovišti řazeném do souboru lesních typů kyselá smrčina (8K). Vrchol hřebene představuje plochý, mírně k jihozápadu skloněný terén. Převažujícím půdním typem vyvinutým na zvětralíně biotitického granodioritu jsou podzoly s významnou akumulací humusu. Půdy vrcholového plató jsou sezonně pod vlivem vysoké hladiny podzemní vody.

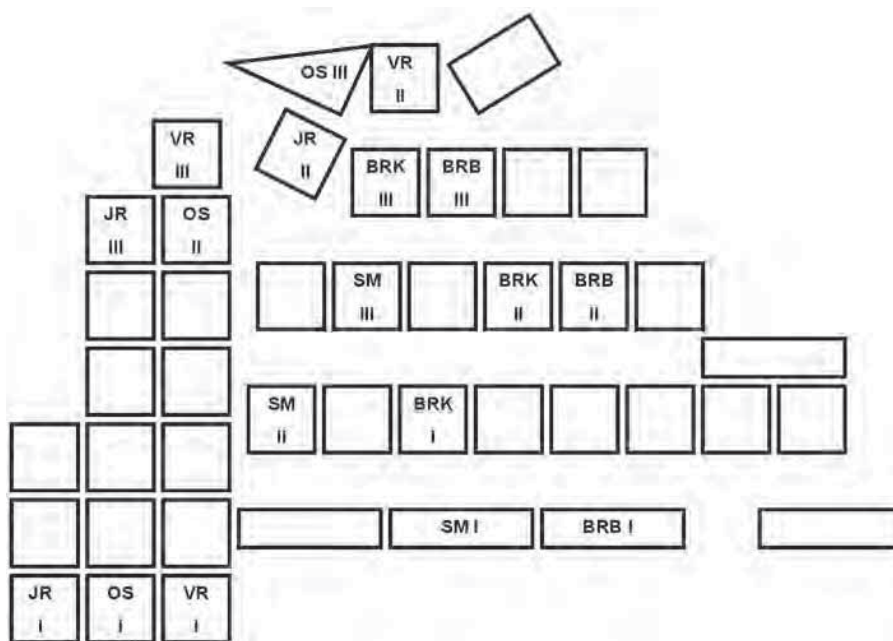
Dřeviny jsou od založení každoročně měřeny a je sledován jejich zdravotní stav. Základními hodnocenými charakteristikami prosperity bylo procento přežívajících jedinců a vývoj průměrné výšky

v rámci jednotlivých opakování. Každoročně zaznamenávané výšky výsadeb byly při měření porovnávány s hodnotami dosaženými v předchozím roce. V případě, že výška jedince v aktuálním roce měření byla z jakýchkoliv důvodů (např. mechanické poškození) nižší než výška dosažená v předchozím období, byla za účelem eliminace efektu „záporného přírůstu“ do výpočtu zahrnuta dřive dosažená vyšší hodnota.

Procento přežívajících jedinců bylo vypočteno jako počet prokazatelně přítomných živých jedinců v jednotlivých letech v poměru k iniciálnímu počtu jedinců v roce výsadby. Porovnání výškového růstu jednotlivých dřevin mezi sebou bylo z důvodu různého věku provedeno na základě průměrných výšek dosažených dřevinami ve čtrnáctém roce od výsadby, tj. v roce 2006 pro břízy se smrkem a v roce 2009 pro osiku, vrbu a jeřáb. Statistické porovnání bylo zpracováno v programu NCSS aplikací hierarchické analýzy rozptylu (ZAR 2009) na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY

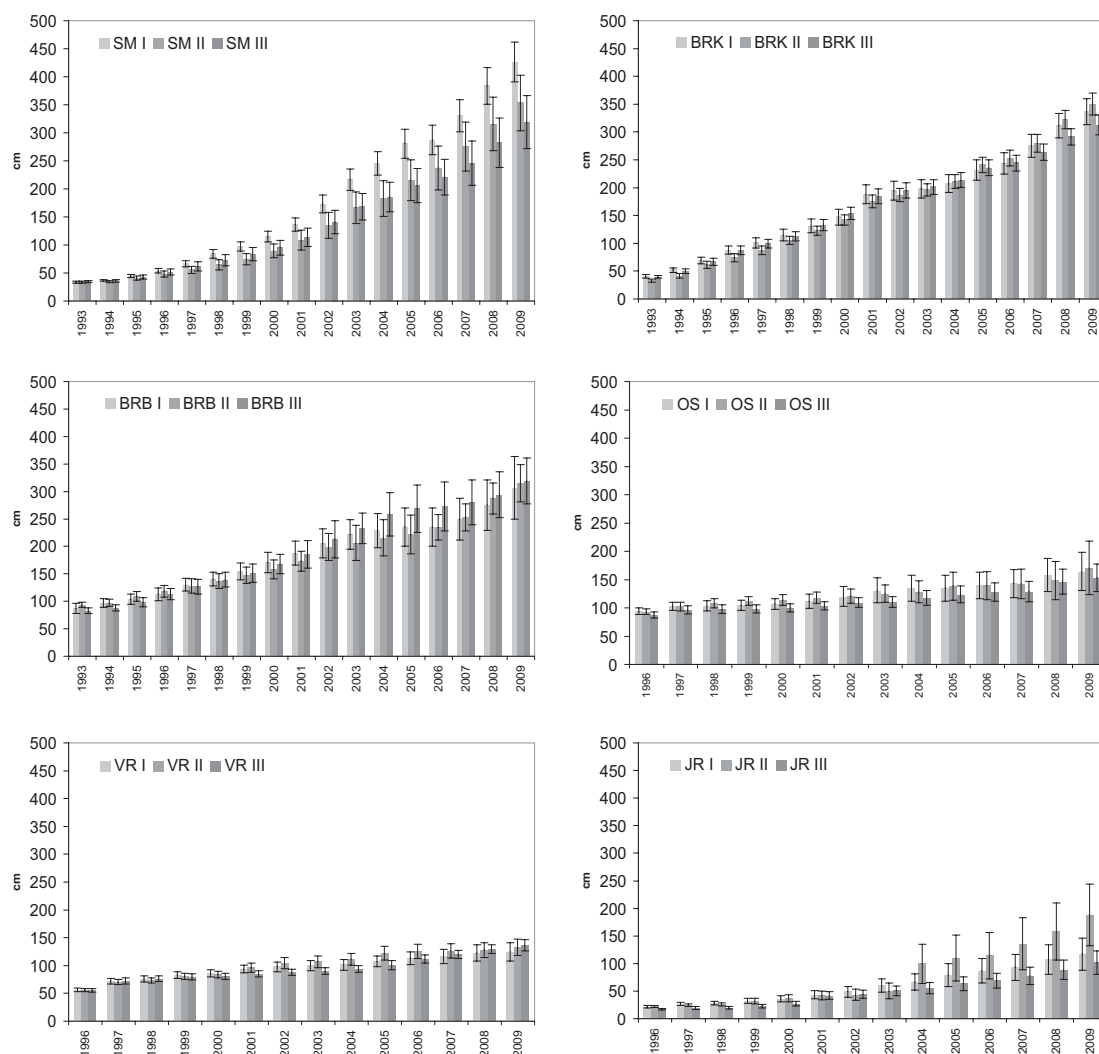
Obě břízy se v průběhu sledovaného období vzájemně výrazně lišily mortalitou. Z výsadby břízy bělokoré přežívalo na jednotlivých parcelách v roce 2006 25 – 30 % z původního výsadbového počtu, zatímco u břízy karpatské to bylo 78 – 94 % (tab. 2). Nejvyšší mortalita u břízy bělokoré byla zaznamenána v prvních 4 letech po výsadbě; k dalšímu poklesu procenta přežívajících jedinců došlo i mezi lety 2006/09 (na 25 – 26 %). U břízy karpatské v tomto obdo-



Obr. 1.

Uspořádání hodnocených experimentálních výsadeb smrku a pionýrských listnáčů s trojím opakováním (I, II, III) na výzkumné ploše Jizerka. Jednotlivé parcely mají výměru 1 ar. Vysvětlivky: JR – jeřáb ptačí; OS – topol osika; VR – vrba slezská; BRK – bříza karpatská; BRB – bříza bělokorá; SM – smrk ztepilý. Prázdné parcely reprezentují výsadby, které nebyly v rámci studie hodnoceny.

Design of three-times replicated (I, II, III) experimental plantations of spruce and pioneer broadleaves. Experimental plots represent area of 1 are. Captions: JR – rowan; OS – European aspen; VR – Silesian willow; BRK – Carpathian birch; BRB – silver birch; SM – Norway spruce. Blank patches denote the other experimental plantations which are not relevant to the study.



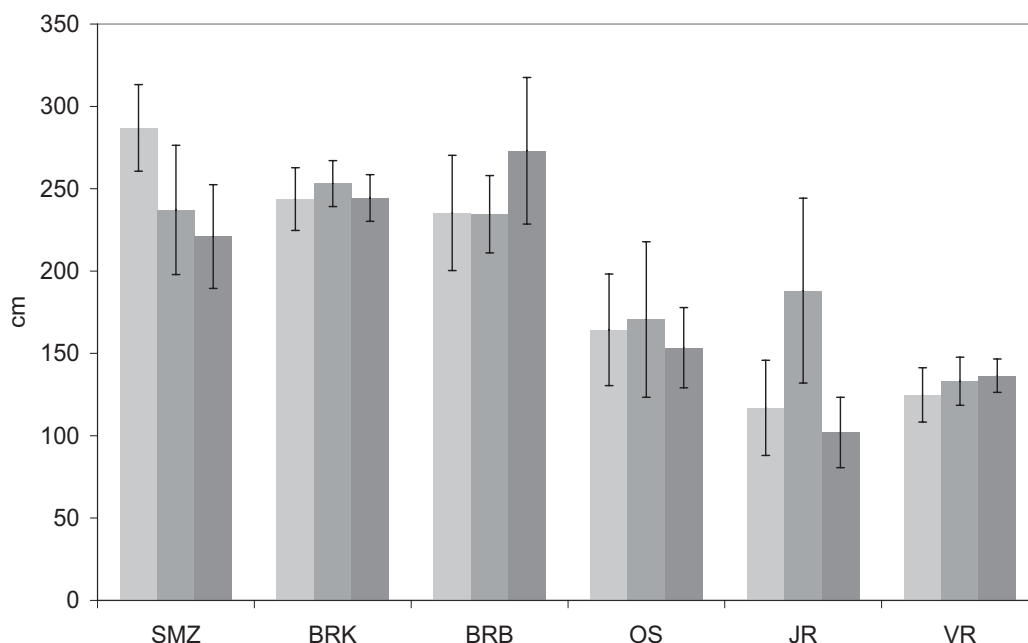
Obr. 2.

Vývoj průměrné výšky dřevin v rámci tří opakování výsadb (I, II, III). Zkratky: SM – smrk ztepilý; BRB – bříza bělokorá; BRK – bříza karpatská; VR – vrba slezská; OS – topol osika; JR – jeřáb. Chybové úsečky představují intervaly spolehlivosti na 95% hladině významnosti. Mean height development of tree species (three-times replicated, see I, II, III) achieved in particular years after planting. Captions: SM – Norway spruce; BRB – silver birch; BRK – Carpathian birch; VR – Silesian willow; OS – European aspen; JR – rowan (mountain ash). Error bars denote confidence intervals at 95% significance level.

bí již k poklesu nedošlo. U osiky na parcelách přežívá ve čtrnáctém roce vývoje 29 – 48 % jedinců, která tak má druhou nejvyšší mortalitu po bříze bělokoré. Kromě třetího opakování se maximální část mortality soustředila do prvních 5 let po výsadbě. Naopak vrba slezská vykazovala podobně vysoké procento přežívání (78 – 90 %) jako bříza karpatská, mortalita v prvních letech po výsadbě byla zanedbatelná. Nejvyšší variabilita mezi parcelami byla zjištěna v případě výsadby jeřábu: v rámci jedné parcely přeživalo pouze 20 % z původního výsadbového počtu, zatímco na zbylých dvou opakováních bylo nalezeno 55 a 62 % živých jedinců. Také procento přežití referenční dřeviny smrku ztepilého se na jedné parcele vyvíjelo výrazně odlišně. Už po třech letech od výsadby zde přeživalo pouze mírně nad 50 % jedinců a po čtrnácti letech od výsadby to bylo 46 %, zatímco na zbylých dvou parcelách 69 a 74 %.

Podle výsadbové výšky lze hodnocené dřeviny rozdělit do 4 skupin. Sazenice břízy bělokoré a osiky měly průměrnou výšku v roce výsadby okolo 90 cm, vrba slezská 50 cm, sazenice smrku a břízy karpatské 40 cm a nejmenší byl jeřáb (cca 20 cm, obr. 2). U většiny dřevin (břízy, smrk, vrba, osika) byl průměrný růst na jednotlivých parcelách (opakováních) v průběhu celého hodnoceného období srovnatelný. Statisticky významně vyšší průměrná výška od roku 2008 v rámci jednoho opakování jeřábu (JR II, obr. 2) je v přímém vztahu k prudkému snížení počtu živých jedinců na parcele mezi roky 2003 – 2004.

Ve čtrnáctém roce vývoje byla průkazně nejvyšší průměrná výška všech jedinců konstatována u břízy karpatské (rozmezí průměrných hodnot mezi parcelami 244 – 253 cm) a břízy bělokoré (235 – 273 cm). Kromě toho, že se obě břízy výškou vzájemně nelišily, jejich výška byla srovnatelná také se smrkem



Obr. 3.

Průměrné výšky dřevin dosažené v rámci tří opakování ve čtrnáctém roce po výsadbě. Zkratky: SMZ – smrk ztepilý; BRK – bříza karpatská; BRB – bříza bělokorá; OS – topol osika; JR – jeřáb ptačí; VR – vrba slezská. Chybové úsečky představují intervaly spolehlivosti na 95% hladině významnosti.

Tree species mean heights reached in three replications (grey columns) in the 14th year after planting. Captions: SMZ – Norway spruce; BRK – Carpathian birch; BRB – silver birch; OS – European aspen; JR – rowan; VR – Silesian willow. Error bars denote confidence intervals at 95% significance level.

(221 – 287 cm). Všechny tři dřeviny se nicméně statisticky významně lišily od průměrných výšek osiky, vrby a jeřábu dosažených v roce 2009, tj. také ve čtrnáctém roce vývoje. Osika vykazovala na konci referenčního období průměrnou výšku 153 – 171 cm, což představuje mírně vyšší hodnotu ve srovnání se stejně starými výsadbami vrby slezské (125 – 136 cm), nicméně rozdíly nebyly průkazné (obr. 3). Průměrná výška jeřábu na parcelách po čtrnácti letech od výsadby činila 102 – 188 cm.

DISKUSE

Přežívání a prosperita výsadeb je dána souběhem vnitřních (genetika a fyziologický stav sazenic) a vnějších faktorů (kvalita výsadby, mikrostanořiště, vývoj počasí). Zachování technologického postupu výsadby, na který byl při zakládání pokusných kultur kladen důraz, je nutným, avšak ne konečným předpokladem následného odrůstání. Obecně lepší předpoklad přežití mají potomci místních populací dřevin než vzdálenější populace. To se projevilo i v naší studii: výsadbový materiál břízy karpatské a vrby slezské, vykazující nejmenší ztráty, pocházel přímo z Jizerských hor. Nicméně kromě horizontální vzdálenosti výsadby od zdroje se zde uplatňuje také aspekt vzdálenosti vertikální. Varianta s břízou bělokorou pochází také z Jizerských hor, ale zdroj osiva se nacházel v nadmořské výšce zhruba 600 metrů (tab. 1). Jak dokazuje sledování sporadické přirozené obnovy oplocených lokalit na bývalých

velkoplošných holinách, pro zajištění odrůstání výsadeb pionýrských listnatců je na lokalitách, kde tvoří minoritní složku porostů, nutná jejich ochrana před zvěří.

Nížší prosperita a vyšší náchylnost k poškození u břízy bělokoré v horských polohách se projevila v Krušných horách již po zimě 1995/96 (FABIÁNEK et al. 1997). Jako důsledek extrémního zimního počasí začaly následně břízy hromadně odumírat (BÄUCKER, EISENHAUER 2001, ŠRÁMEK et al. 2001, 2008, MAUER et al. 2005). Také MARTINKOVÁ et al. (2001) upozorňuje na nebezpečí používání nevhodné provenience břízy bělokoré v souvislosti s výskytem poškození a odumírání bříz v Krušných horách. Tato práce konstatovala zvýšené poškození břízy bělokoré oproti bříze pýřité (*Betula pubescens* agg., tedy zahrnující jedince se znaky *Betula pubescens* EHRH. i *Betula carpatica* WILLD.). Autoři se domnívají, že jedním z důvodů, proč je bříza bělokorá více poškozována, je její setrvalý stromový růst. Naopak schopnosti keřovitěho růstu u jedinců skupiny *Betula pubescens* agg. připisují význam pro zjištěné nižší procento poškození.

Prosperita břízy karpatské v naší studii má souvislost s odlišnými ekologickými nároky tohoto druhu. Její porosty vykazují dobrý zdravotní stav, který je opět v protikladu k růstově deformovaným jedincům břízy bělokoré. Sklon břízy karpatské ke keřovité formě růstu, jak ho popisuje MARTINKOVÁ et al. (2001), se u námi studovaných výsadeb neprojevil. Výsledky jsou v souladu se zjištěními BALCARA (2001), který také hodnotil prosperitu těchto dvou druhů v Jizerských horách. LOKVENC (1988) již dříve doporučoval

Tab. 1.

Charakteristika výsadby hodnocených dřevin
Planting stock origin and type

Dřevina ¹⁾	Původ a nadmořská výška ²⁾	Sadba ³⁾	Stáří a druh sazenic ⁴⁾
Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i> ROTH)	Jizerské hory (600 m)	1993	3+1 krytokořenné
Bříza karpatská (<i>Betula carpatica</i> W. et K.)	Jizerské hory (850 m)	1993	1+0 prostokořenné
Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) KARST.)	Šumava (1 050 – 1 350 m)	1993	1+2 prostokořenné
Jeřáb ptačí olýsalý (<i>Sorbus auc. glabrata</i> CAJANDER)	Krkonoše (1 300 m)	1996	1+0 prostokořenné
Vrba slezská (<i>Salix silesiaca</i> WILD.)	Jizerské hory (950 m)	1996	2+3 prostokořenné
Topol osika (<i>Populus tremula</i> L.)	Krušné hory (900 – 1 100 m)	1996	2+0 prostokořenné

Captions: ¹⁾Tree species, ²⁾Origin with altitude above sea level, ³⁾Planting year, ⁴⁾Age and type of seedlings (krytokořenné = containerized, prostokořenné = bare root seedlings)

**Obr. 4a.**

Bříza karpatská vykazuje dobrou prosperitu (BRK III, červen 2009)
Carpathian birch performs well (BRK III, June 2009)

břízu bělokorou jako vhodnou dřevinu pro výsadbu v nadmořských výškách do 900 m a břízu karpatskou i na stanovištích vyšších než 1 000 m n. m. CEITEL a ISZKUŁO (2000) na základě hodnocení stavu přirozené obnovy břízy bělokoré na polské straně Jizerských hor konstatovali, že hlavním faktorem negativně ovlivňujícím hustotu porostů a výškový růst je zvyšující se nadmořská výška. Autoři připouštějí význam přirozené obnovy pionýrské břízy pro produkci na stanovištích do 800 m n. m. za předpokladu, že hustota přirozeně vzniklého porostu je vyšší než 1 000 jedin-

ců na hektar. Obě břízy sledované v rámci naší studie se z hlediska dosažené výšky nelišily od smrku, nicméně se lišily pouze vyšší (bříza bělokorá) nebo nižší (bříza karpatská) mortalitou (obr. 4). Srovnatelný růst, produkci a vitalitu mladých porostů břízy a smrku konstatovali v Krušných horách EL-KATEB et al. (2004), přičemž mortalitu břízy shledali vyšší. Vyšší mortalitu břízy bělokoré z výsadeb 1993 přičítáme velkému rozdílu nadmořských výšek zdroje osiva (600 m) a výsadbového experimentu (975 m).



Obr. 4b.

Bříza bělokorá vykazuje nejvyšší mortalitu (BRB III, červen 2009)

Silver birch has the lowest survival (BRB III, June 2009)

Prosperitu osiky z výzkumné výsadby limitují značné ztráty. Přestože v Krkonoších osika vystupuje až na 1 300 m nad mořem, její nejhojnější zastoupení je soustředěno v rozmezí výšek 300 – 700 m n. m. (ÚRADNÍČEK et al. 2009). Pionýrský charakter této dřeviny i ve vyšších horských polohách však dokládají naše zkušenosti z výzkumných ploch: osika, stejně tak jako vrba slezská, se v podmínkách holin dokáže jednotlivě pomístně zmlazovat, aniž by se v blízkém okolí nacházely mateřské stromy. S ohledem na výraznou světloplnost je tedy schopna se na holinách a v porostních světlinách přirozeně obnovovat.

Hospodářské využití vrby slezské je minimální. Přestože se jedná o dřevinu se sklonem k převážně keřovitému vzrůstu, která dorůstá výšky 2 až 4 m, na příznivých lokalitách i více metrů (SVOBODA 1957, ÚRADNÍČEK et al. 2009), byly již dříve učiněny pokusy o hodnocení objemu kůry a konstrukci objemových tabulek pro několik druhů vrb včetně *Salix silesiaca* (DORIN 1955, 1956). Lze předpokládat, že tento druh může mít svůj hlavní pozitivní význam na kyselých půdách vyšších poloh jako prostředek biologické meliorace půdy opadem nadzemní biomasy, která je u vrb obecně dobře rozložitelná. Vzhledem k tomu, že se o ní jako o meliorační dřevině uvažuje (ÚRADNÍČEK et al. 2009), zasloužila by si tato otázka bližší výzkum. V horách, kde spontánně dochází k vytvoření horní hranice stromové vegetace, je součástí subalpinských křovinových společenstev v rámci svazu *Salicion silesiacae*, jak v západních Karpatech (Fatra) dokládá např. VESELÁ (1995). Jako světloplná dřevina snášející i slabší zástin a upřednostňující kamenité, čerstvě vlhké půdy chladných poloh může ve vrcholových podmínkách Jizerských hor prosperovat zejména podél bystrin a na stanovištích, kde smrk již není schopen vytvářet zapojené porosty.

Od jeřábu ptačího je na daném stanovišti očekávána funkce meliorační a zpevňující dřeviny (Vyhláška č. 83/1996 Sb., příloha č. 4). Mírné zlepšení půdních vlastností pod jeřábovými porosty v Krkonoších v porovnání se smrkem ztepilým popisují např. PODRÁZSKÝ a MORAVČÍK (1992). PODRÁZSKÝ et al. (2006) ale na příkladu horních partií Krušných hor dokládá, že účinnost jeřábu jako dřeviny zlepšující stanoviště je menší než u břízy, a to hlavně s ohledem na množství opadu, přestože bříza je na těchto stanovištích řazena pouze mezi dřeviny přimíšené a vtroušené (Vyhláška č. 83/1996 Sb., příloha č. 4). Zlepšující vliv obou těchto dřevin na stav půdního sorpčního komplexu popisují ve vrcholové části Orlických hor CHLÁDEK a NOVOTNÝ (2007).

Prosperitu listnatých přípravných dřevin ve vrcholových partiích hor hodnotil NEBE (1997). V letech 1995/96 v důsledku imisní a klimatické situace pozoroval opětovné poškození smrku v Krušných horách. Bříza (*Betula* sp.) a vrba (*Salix* sp.) měly sice značné obsahy síry v listech, ale nevykazovaly žádné známky poškození. Na obsahu síry v listech jeřábu se zvýšený obsah síry v ovzduší vůbec neprojevil. Rychlou reakci břízy bělokoré na pokles znečištění ovzduší ve smyslu snížení obsahu síry v listech doložili v Krušných horách také HRDLÍČKA a KULA (2009). V současné době je imisní situace stabilizovaná, význam vůči imisím odolnějších dřevin pro obnovu lesa tedy není tak aktuální a ve vrcholových partiích Krušných hor je smrk ztepilý dřevinou, která opět nachází uplatnění při obnově lesa (KUBÍK, MAUER 2009). Smrk v rámci našeho experimentu (8 K – *Piceetum acidophilum*) je stanovištěně původní dřevinou a je vyhláškou (č. 83/1996 Sb., příloha č. 4) definován jako základní dřevina pro cílové hospodářské soubory jak v hospodářských, tak i v ochranných lesích.

Tab. 2.

Procento přežívajících jedinců na variantách v jednotlivých letech po výsadbě
Survival (%) of individuals within variants recorded in years after planting

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*	2007	2008	2009**
SM I	100	90	88	85	85	83	83	83	83	79	79	79	71	69	63	63	63
SM II	100	64	56	54	52	52	52	52	50	48	46	48	46	46	42	42	42
SM III	100	93	89	80	78	78	78	78	76	76	76	76	74	74	63	63	63
BRK I	100	100	100	98	98	98	98	96	96	96	96	96	96	94	94	94	94
BRK II	100	96	88	88	86	82	82	82	80	80	80	80	80	78	78	78	78
BRK III	100	98	94	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	84	84	84	84
BRB I	100	85	79	66	55	51	40	40	40	38	32	32	30	30	28	28	26
BRB II	100	70	56	46	42	42	42	40	40	34	26	26	26	26	26	26	26
BRB III	100	88	77	58	44	42	35	31	31	29	27	27	25	25	25	25	25
OS I	-	-	-	100	100	68	61	56	54	46	46	46	46	46	46	44	44
OS II	-	-	-	100	100	71	53	50	44	44	41	35	35	35	35	35	29
OS III	-	-	-	100	100	98	98	98	98	81	73	67	63	60	60	56	48
VR I	-	-	-	100	100	98	98	98	94	90	84	84	82	78	78	76	78
VR II	-	-	-	100	100	100	98	98	96	96	96	94	94	92	92	92	90
VR III	-	-	-	100	100	100	98	98	98	98	98	96	90	90	90	86	86
JR I	-	-	-	100	82	78	73	73	67	65	59	59	55	55	55	55	55
JR II	-	-	-	100	98	92	90	90	84	80	69	27	24	24	22	22	20
JR III	-	-	-	100	96	91	89	89	87	82	76	73	73	69	67	67	62

Poznámka: BRB – bříza bělokorá; BRK – bříza karpatská; SM – smrk ztepilý; JR – jeřáb ptačí; OS – topol osika; VR – vrba slezská; Římské číslice (I, II, III) reprezentují opakování. 2006*; 2009** - 14. rok vývoje výsadeb 1993 a 1996

Captions: BRB – silver birch; BRK – Carpathian birch; SM – Norway spruce; JR – rowan (mountain ash); OS – European aspen; VR – Silesian willow; Roman numerals (I, II, III) denote replications. 2006*; 2009** - 14th year of plantations established in 1993 and 1996 respectively

Porosty pionýrských dřevin mohou mít svůj význam pro dvojfázové vnášení citlivých cílových dřevin v podmínkách holých sečí. Mají k tomu předpoklad svými požadavky na světlo i relativní krátkověkosti. Pozitivní význam pro úpravu mikroklimatu holin je však třeba skloubit s obecně zvýšenými požadavky cílových dřevin na světlo, resp. teplo (např. HERING, IRRGANG 2005) ve vyšších horských polohách. LOKVENC a CHROUST (1987) poukazují na význam ekologického krytu břízy i pro citlivější smrk zvláště na kalamitních holinách. Při pěstování však doporučují spíše pásové nebo skupinové smíšení; v případě individuálního smíšení je totiž nutná redukce, popř. i likvidace břízy v době, kdy začíná smrk výrazně zastiňovat. Popisují, že při dlouhodobějším zastínění dochází k sníženému procentu přežití a nežádoucím narušení horizontální i vertikální struktury smrku. K obdobnému závěru dospěl i MAREŠ (1991) při hodnocení vlivu jeřábu na odrůstání smrku.

ZÁVĚRY

- Na základě dosavadních výzkumných šetření lze konstatovat, že z testovaného výběru listnatých dřevin jsou bříza karpatská, jeřáb ptačí, vrba slezská a osika schopné prosperovat i v drsném prostředí bývalých imisních holin.
- Bylo potvrzeno, že bříza bělokorá s ohledem na vysoké ztráty a deformace růstu není k výsadbě do vyšších horských poloh vhodná.
- Nejlepší prosperity (dobrý růst při současně minimálních ztrátách) dosahovala bříza karpatská, jejíž dosavadní růst je srovnatelný se smrskem.
- U osiky a vrby slezské se vzhledem k relativně četnému výskytu jejich přirozeného zmlazení na lokalitách chráněných před vlivem zvěře, jako alternativní cesta k navýšení jejich zastoupení v dřevinné skladbě obnovovaných porostů jeví sje.

Poděkování:

Příspěvek byl vypracován s podporou projektu NAZV – QH92087 a výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203.

LITERATURA

- BALCAR V. 1998. Obnova lesů v Jizerských horách. Lesnická práce, 77/9: 338-340.
- BALCAR V. 2001. Some experience of European birch (*Betula pendula* ROTH) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 47, Special Issue: 150-155.
- BALCAR V., PODRÁZSKÝ V. 1994. Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39/2: 1-7.
- BÄUCKER B., EISENHÄUER D. R. 2001. Damage to common birch (*Betula pendula* ROTH) in higher altitudes of the Ore Mts. (Erzgebirge). Journal of Forest Science, 47, Special Issue: 156-163.
- BŘEZINA P. et al. 1997. Plán péče CHKO Jizerské hory. Liberec: 131 s.
- CEITEL J., ISZKUŁO G. 2000. Zastępcze zbiorowiska brzozy (*Betula pendula* ROTH) w strefie zamierania lasu w Górach Izerskich. Sylwan, 144/9: 33-43.
- DORIN T. 1955. Proportia cojii la salcii. Revista Padurilor, 70/1: 15-22.
- DORIN T. 1956. Tabele de cubaj la salcia capreasca. Revista Padurilor, 71/2: 111-112.
- EL-KATEB H., BENABDELLAH B., AMMER C., MOSANDL R. 2004. Reforestation with native tree species using site preparation techniques for the restoration of woodlands degraded by air pollution in the Erzgebirge, Germany. European Journal of Forest Research, 123/2: 117-126.
- FABIÁNEK P. et al. 1997. Ore Mountains, winter 1995/1996. Prague, Forestry and Game Management Research Institute: 31 s.
- FLOUSEK J. 1999. Hraboš mokřadní a lesní hospodářství v Krkonoších. In: Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z konference v Bedřichově v Jizerských horách 13. – 14. 9. 1999. Opočno, VÚLHM VS: 49-53.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. Journal of Forest Science, 51: 519-525.
- HEROLDOVÁ M., SUCHOMEL J., PURCHART L., HOMOLKA M. 2008. Impact intensity of rodents on the forest regeneration in artificial plantations in the Smrk - Kněhyně area. Beskydy, 1: 33-35.
- HRDLÍČKA P., KULA E. 2009. The content of total sulphur and sulphur forms in birch (*Betula pendula* ROTH) leaves in the air-polluted Krušné hory mountains. Trees: Structure and Function, 23/3: 531-538.
- HUŠEK J. 1999. Program záchrany genofondu lesních dřevin 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. Praha, VÚLHM: 19-23.
- CHLÁDEK J., NOVOTNÝ P. 2007. Srovnání potenciálu různých druhů přípravných dřevin pro využití v podmínkách imisní oblasti Orlických hor. Zprávy lesnického výzkumu, 52/3: 226-233.
- KUBÍK P., MAUER O. 2009. Current possibilities of using Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) in forest regeneration in the air-polluted region of the northeastern Krušné hory Mts. Journal of Forest Science, 55/8: 376-386.
- LOKVENEC T. 1988. Možnosti využití autochtonních dřevin pro zalesňování v horských oblastech. In: Možnosti obnovy a zvýšení stability lesních porostů v oblastech pod vlivem imisí. Sborník z celostátní konference 13. – 14. 10. 1988. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS: 38-45.
- LOKVENEC T., CHROUST L. 1987. Vliv břízy na odrůstání smrkové kultury. Lesnictví, 33/11: 993-1010.
- MAREŠ V. 1991. Vliv jeřábu na vitalitu mladých smrkových porostů. Zprávy lesnického výzkumu, 36/4: 7-9.
- MARTINKOVÁ M., MADĚRA P., ÚRADNÍČEK L. 2001. Strategy of birch (*Betula* L.) survival in substitute stands of the Krušné hory Mts., air-polluted region. Journal of Forest Science, 47, Special Issue: 87-95.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E., RYCHNOVSKÁ A., MAUER P. 2005. Dřeviny porostů náhradních dřevin – současný stav (r. 2004) a perspektivy. In: Mauer O. (ed.): Obnova lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. Sborník referátů z konference, 2. 6. 2005, Hora Svatého Šebestiána: 5-18.
- MORAVČÍK P., PODRÁZSKÝ V. 1992. Nadzemní biomasa a zásoba živin mladých jeřábových porostů v imisní oblasti Krkonoš. Práce VÚLHM, 77: 49-73.
- MORAVČÍK P., PODRÁZSKÝ V. 1993. Akumulace biomasy v porostech břízy a smrku pichlavého a jejich vliv na půdu. Zprávy lesnického výzkumu, 38/1: 4-7.
- MZE ČR 1997. Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů (rozpracování vyhlášky č. 83/1996 Sb.) Příloha čas. Lesnická práce č. 1: 48 s.
- NEBE W. 1997. Zur Baumartenwahl in den Kamm- und Hochlagen des Erzgebirges. Forst und Holz, 52/12: 336-338.
- NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, Česká zemědělská univerzita a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: 78 s.
- PODRÁZSKÝ V., MORAVČÍK P. 1992. Akumulace biomasy a živin v jeřábových porostech na lokalitě Pomezní boudy v Krkonoších. Opera Corcontica, 29, 123-137.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2006. Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 51/4: 230-234.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., MOSER W. K. 2005. Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 50: 76-78.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové a Jiloviště-Strnady, Lesy České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 232 s.
- SVOBODA P. 1957. Lesní dřeviny a jejich porosty, část III. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 125-126.
- ŠRÁMEK V., SLODIČÁK M., LOMSKÝ B., BALCAR V., KULHAVÝ J., HADAŠ P., PULKRÁB K., ŠIŠÁK L., PĚNIČKA L., SLOUP M. 2008. The Ore Mountains: will successive recovery of forests from lethal disease be successful. Mountain Research and Development, 28, 3/4: 216-221.
- ŠRÁMEK V., ŠEBKOVÁ V., KUČERA J., LOMSKÝ B. 2001. Birch dying in the Ore Mts. in 1997 - probable causes and new developments. Journal of Forest Science, 47, Special Issue: 110-116.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. 2005. Soil forming role of birch in the Ore Mts. Journal of Forest Science, 51, Special Issue: 54-58.

- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍZEK J. 2009. Dřeviny České republiky. 2. přepracované vydání. Lesnická práce, s. r. o.: 366 s.
- VACEK S. 1992. Struktura a vývoj mladých jeřábových a březových porostů. Opera Corcontica, 29, 85-121.
- VACEK S. et al. 2003. Mountain forests of the Czech Republic. Prague, Ministry of Agriculture of the Czech Republic: 320 s.
- VACEK S., TESAŘ V., LEPŠ J. 1995. The composition and development of young mountain ash and birch stands. In: Tesař V. (ed.): Management of forest damaged by air pollution. Proceedings of the workshop IUFRO ... Trutnov, Czech Republic, June 5 - 9, 1994. Prague, Ministry of Agriculture: 87-96.
- VESELÁ M. 1995. *Salix silesiaca* communities in the Fatra Mts. (Central Slovakia). Folia Geobotanica et Phytotaxonomica, 30/1: 33-52.
- Vyhlaška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.
- ZAR J. H. 2009. Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall: 944 s.

PROSPERITY OF PIONEER BROADLEAVES AND SPRUCE UNDER MOUNTAIN CONDITIONS

SUMMARY

Among Czech mountains, the Jizerské hory Mts. belong to those areas which were the most heavily affected by anthropogenic air pollution in the past. Totally 12,000 ha of spruce-dominated forests had been destroyed before air-pollution load was reduced at the beginning of the 1990s. Later on, all large clearings were successfully reforested by local foresters. However, the new forest stands are composed mostly of conifers again and therefore they need to be diversified in terms of both age structure and tree species composition (restoration of broadleaves). This task seems to be rather complicated since climax broadleaves are generally prone to be affected by harsh climate, game (deer, hare) and mice under conditions of mountain plateau. In addition to these impeding factors, the rapidly growing young conifers have been achieving a height advantage. Our study aims to investigate prosperity of five broadleaves and to compare their performance with Norway spruce situated under the same growing conditions. Research activities address following questions: Do pioneer broadleaves plantations cope with environment of formerly air-polluted clearings? And: Do these broadleaves perform well compared to Norway spruce?

The experimental plantations of five pioneer broadleaves and spruce were established in a summit part of a mountain ridge (975 m a. s. l.): silver birch, Carpathian birch and Norway spruce were planted in 1993, whereas Silesian willow, European aspen and rowan were planted in 1996. Except for silver birch (containerized seedlings), bare-root seedlings were used for planting. All species (variants) were placed at spacing 2 by 1 meters within a plot of 100 m² area (Fig. 1). Each variant is three-times replicated. The experimental plots are situated on acidic, granite-derived soil (podzols – FAO 1998, spodosols – Soil Taxonomy 1999, source – NĚMEČEK et al. 2001) that is typical of accumulated humus layer. To reveal tree species prosperity, we investigated development of mean height and survival. Survival rate is based on number of individuals being found alive at the end of vegetation season that is expressed as percentage of the initial number of individuals. As for height development, once achieved height of tree individual is used to calculate mean-height values, even if the real height is lower compared to previous year (for example due to breakage of stem). The former height is put to use till the real height exceeds former value or the tree dies. The approach was chosen to avoid an effect of negative increment. Considering the fact that both birches and spruce are three years older compared to the other broadleaves, all variants are compared using mean height reached in fourteen-year-old plantations. Nested design ANOVA (NCSS software) was used to test for differences between variants (tree species).

Principal results of our study are:

- Carpathian birch, rowan, Silesian willow and European aspen are able to survive and to perform well under conditions of former air-pollution-affected clearing;
- Among broadleaves, Carpathian birch performed the best (favourable ratio of height and survival) being comparable with Norway spruce (Fig. 3);
- As for both willow and aspen, further research in terms of finding more convenient regeneration methods (e. g. sowing or natural regeneration) is needed;
- In spite of its mean height reached in the 14th year, silver birch has very low survival; therefore it is not a suitable species to be planted under conditions such as summit of the mountains.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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

VLASTNOSTI NADLOŽNÍHO HUMUSU A SVRCHNÍ VRSTVY PŮDY POD SMRKEM, MODŘÍNEM A OLŠÍ V PODMÍNKÁCH BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY

FOREST-FLOOR HUMUS AND TOPSOIL PROPERTIES UNDER SPRUCE, LARCH AND ALDER ON FORMER AGRICULTURAL SOILS

DUŠAN KACÁLEK - JIŘÍ NOVÁK - VLADIMÍR ČERNOHOUS - MARIAN SLODIČÁK - JAN BARTOŠ - VRATISLAV BALCAR
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Forest floor and topsoil properties of two 50-year-old stands (larch and spruce, alder and spruce) were compared under conditions of former agricultural land in the Orlické hory Mts. (East Bohemia). The results showed, that amount of forest floor did not differ between larch (75 t.ha⁻¹) and spruce (66 t.ha⁻¹) whereas forest floor of alder origin showed significantly higher weight (121 t.ha⁻¹) compared to spruce (77 t.ha⁻¹). The upper layer of forest floor of larch origin was higher in both Ca (2,543 mg.kg⁻¹) and Mg (296 mg.kg⁻¹) than under spruce (Ca – 1,056 mg.kg⁻¹, Mg – 103 mg.kg⁻¹). Lower larch forest floor layer (FH) and topsoil showed lower concentrations of K (155 and 44 mg.kg⁻¹ respectively) whereas topsoil was higher in P (17 mg.kg⁻¹) compared to spruce (7 mg.kg⁻¹). The topsoil under larch was also significantly lower in percent of both total C (3.3%) and N (0.2%) and in C/N ratio (14). Topsoil was higher in Ca (152 mg.kg⁻¹) under alder. Both K (4,142 mg.kg⁻¹) and P (209 mg.kg⁻¹) were found to be significantly higher in the upper forest floor (LF) compared to spruce (K – 659 mg.kg⁻¹ and P – 102 mg.kg⁻¹). The trend of higher K was confirmed also in topsoil under alder. The LF horizon of alder origin consisted mainly of N-enriched leaves having significantly lower C/N ratio (15) compared to spruce (27). The topsoil had lower C/N under alder as well. It can be concluded that both larch and alder are able to form the nutrient-enriched forest floor layers. However, we do not recommend use alder to establish large stands. This species had very low C/N ratio of forest floor; the lower C/N, the higher risk of nitrate leaching. The C/N ratio was significantly lower in alder topsoil (12; $p \leq 0.01$) though the value under spruce seemed to be similar (13).

Klíčová slova: nadložní humus, lesní půda, zemědělská půda, modřín, olše, smrk, obnova lesního prostředí
Key words: forest floor, forest soil, agricultural soil, larch, alder, spruce, forest environment restoration

ÚVOD

Zemědělská půda byla v horských a podhorských podmínkách získávána převážně kultivací lesní půdy. Hory s velkou částí přilehlého podhůří byly na území našeho státu po dlouhou dobu prakticky neosídlené a kolonizace příznivějších oblastí byla poměrně řídká až do konce 12. století. Počátky zemědělské činnosti v oblasti Orlických hor byly těsně spojeny s existencí cisterciáckého kláštera Svaté Pole založeného roku 1149 (NOŽIČKA 1957, HORÁK 1963). Během staletí vznikla v zájmové oblasti rozsáhlá zemědělsky využívaná území. Nicméně některé hospodářsky hůře využitelné pozemky byly později znovu zalesňovány (PODRÁZSKÝ et al. 2009). Významným důvodem byla aplikace výnosově pokročilejších metod zemědělského hospodaření. Největší výměra pozemků vrácených k plnění funkcí lesa je v rámci zájmové oblasti doložena z období poválečného zalesňování (HATLAPATKOVÁ et al. 2006, HATLAPATKOVÁ 2009).

Viditelným rysem obnovy lesního půdního prostředí je zformování povrchových organických horizontů vznikajících opadem a rozkladem nadzemní rostlinné biomasy (KACÁLEK et al. 2007). Tyto akumulované organické vrstvy označované jako nadložní

humus (BRIGGS 2004) jsou významným rysem odlišujícím lesní půdy od zemědělských (TORREANO 2004) a navíc vývoj vrstev nadložního humusu představuje z ekosystémového hlediska příjem uhlíku (PINNO, BÉLANGER 2008). V rámci naší studie nás zajímalo, zda jsou vlastnosti povrchového humusu závislé spíše na druzích dřevin tvořících lesní porosty, nebo na vlastnostech svrchní minerální půdy. Porosty na zalesněné zemědělské půdě byly ke studiu zvoleny zejména proto, že humus akumulovaný na povrchu půdy je výsledkem existence první generace lesa, a tudíž žádná jeho část není dědictvím po předchozím lesním porostu. Za účelem srovnání půd pod různými dřevinami v předpokládaných srovnatelných podmínkách prostředí byly vybrány párové lokality (smrk ztepilý – modřín evropský a smrk ztepilý – olše lepkavá) v padesátiletých porostech první generace lesa v blízkosti obce Neratov v Orlických horách.

Cílem studie bylo zjistit, jaké jsou vlastnosti nadložního humusu a svrchní minerální půdy pod různými dřevinami v porostech první generace lesa.

Tab. 1.

Lokality odběrů vzorků nadložního humusu a půdy
Description of sampled localities

Lokalita ¹	Dřeviny (Věk) ²	Hornina/Půda ³	SLT ⁴	Nadmořská výška (m) ⁵	GPS
Neratov I	SM (50), MD (50)	glaukonitický pískovec/podzol, kambizem	6S	750	50°13'16.024"N, 16°32'7.352"E
Neratov II	SM (50), OL (50)	svor/kambizem	6O	710	50°13'10.035"N, 16°32'48.743"E

Zkratky: SM – smrk ztepilý; MD – modřín opadavý; OL – olše lepkavá, SLT – soubor lesních typů

Captions: ¹Locality; ²Tree species (Age); ³bedrock/soil (glaukonitický pískovec – glaukonitic sandstone; svor – mica schist; kambizem – cambisol; podzol – haplic podzol (FAO 1998); spodosol (Soil taxonomy 1999, NĚMEČEK et al. 2001); ⁴site (6S - *Piceeto - Fagetum mesotrophicum*; 6O - *Piceeto - Abietum variohumidum trophicum*, VĚWEGH et al. 2003); ⁵ – Altitude. Species symbols: SM – Norway spruce; MD – European larch; OL – alder;

Tab. 2.

Biometrické charakteristiky sledovaných porostů (věk 50 let)
Biometric characteristics of the investigated stands (age of 50 years)

Lokalita ¹	Dřeviny ²	N (ks.ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	d _{1,3} (cm)	h _{dom} (m)	Zakmenění ³	Gtab
Neratov I	SM	700	49,4	28,7	27,2	1,04	47,5 (bon. 1 – 34) ⁺⁺
Neratov I	MD	480	34,4	29,6	26,2	1,19	29,0 (bon. 36) ⁺
Neratov II	SM	550	51,4	34,3	29,3	1,04	49,2 (bon. +1 – 36) ⁺⁺
Neratov II	OL	1 040	36,1	20,6	21,1	1,44	25,0 (bon. 28) ⁺

Zakmenění stanoveno podle poměru G a Gtab (tabulková hodnota výčetní základny odpovídající bonity určené podle věku a horní výšky, +ÚHÚL, VÚLHM 1990, ++ČERNÝ et al. 1996). Captions: ¹Locality; ²Tree species; ³Stocking calculated by ratio between G and Gtab (basal area from the tables by the site index which was determined by age and top height, +ÚHÚL 1990, ++ČERNÝ et al. 1996), N – Number of trees per ha, G – Basal area, d_{1,3} – diameter at breast height (DBH), h_{dom} – mean height of dominant trees, SM – Norway spruce; MD – European larch; OL – black alder

METODIKA

Řešení problematiky bylo realizováno v objektech začleněných do experimentální základny Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice v Opočně situovaných v přírodní lesních oblastech Orlické hory. Obě lokality reprezentovaly ca 50 let zalesněnou zemědělskou půdu v sousedících porostech pod různými dřevinami. (Neratov I a II; tab. 1). Analyzovány byly vzorky horizontů nadložního humusu z porostů smrku (*Picea abies* (L.) KARST.) a sousedních porostů modřínu (*Larix decidua* MILL.) na lokalitě Neratov I a olše (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTNER) na lokalitě Neratov II. Dvojice porostů smrk – modřín je situována na souboru lesních typů 6S (svěží smrková bučina) a dvojice smrk – olše na souboru lesních typů 6O (svěží smrková jedlina, OPRL 2009). Modřín se smrkem patří do cílového hospodářského souboru (HS) 55 – Hospodářství živých stanovišť vyšších poloh. Olše se smrkem se nachází v rámci cílového hospodářského souboru 57 – Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh. Modřín pro hospodářský soubor 55 a olše pro 57 jsou vyhláškou č. 83/1996 Sb. stanoveny jako vhodné přimíšené a vtroušené dřeviny.

Na všech lokalitách byla provedena biometrická šetření v porostech. Na zkusných plochách o velikosti 0,1 ha byla zjišťována hustota porostů (N), střední výčetní tloušťka (d_{1,3}), výčetní základna (G) a horní výška porostu (h_{dom}). Z porovnání s tabulko-

vými hodnotami (ÚHÚL, VÚLHM 1990, ČERNÝ et al. 1996) pak bylo stanoveno zakmenění porostů (tab. 2).

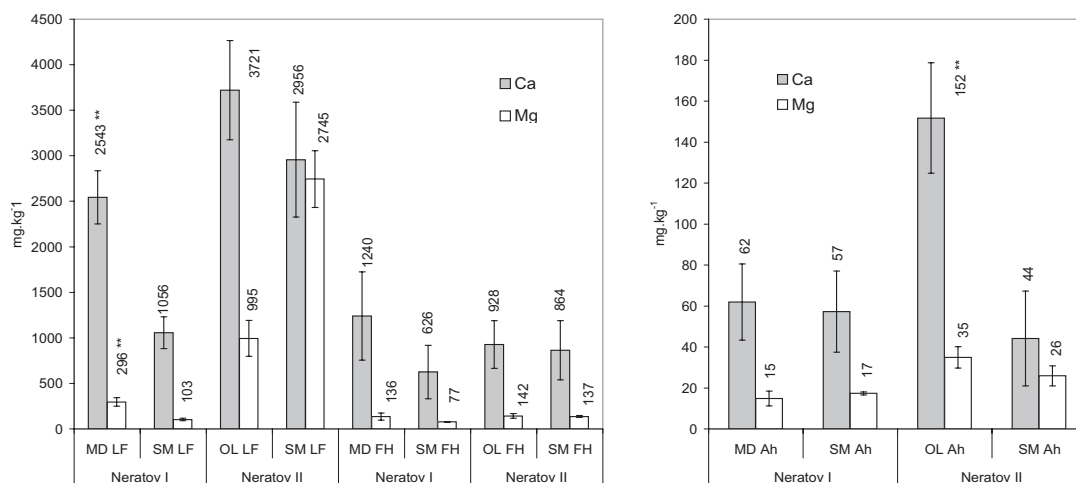
Vzorky pokryvného humusu (směsi horizontů L + F a F + H) byly odebírány pomocí kovového rámečku 25 x 25 cm za účelem kvantifikace množství sušiny na jednotku plochy (tuny na hektar). Svrchní část minerální půdy (horizont Ah) byla odebírána do hloubky 10 cm. V rámci jedné varianty (dřeviny) byl paralelně proveden odběr ve třech opakováních za účelem statistického vyhodnocení dat. Půdní typy ve vykopaných sondách byly hodnoceny podle platné klasifikace půd (NĚMEČEK et al. 2001). Odebrané půdní vzorky byly analyzovány v laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Strnadlech těmito metodami: příprava půdního vzorku pro fyzikální a chemický rozbor; stanovení sušiny sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti; příprava půdního výluhu 1 mol/l chloridem amonným; příprava půdního výluhu slabým roztokem kyselin pro stanovení přístupného fosforu; stanovení celkového uhlíku a dusíku v půdním vzorku spalovací metodou, stanovení výměnných kationtů (Ca, Mg, K) metodou AAS v půdních výluzích, stanovení přístupného fosforu spektrometricky v půdním výluhu a stanovení hmotnosti suchého vzorku. Analyzované hodnoty koncentrací výměnných kationtů a přístupného fosforu byly hodnoceny podle kritérií doporučených ICP Forests (FABIÁNEK et al. 2004). Pro statistické testování byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (mnohonásobná porovnávání, Tukey-test). Výpočty byly provedeny v statistickém programu UNISTAT®.

VÝSLEDKY

Neratov I (smrk a modřín)

Kvantitativně se vrstvy nadložního humusu (suma LFH) pod modřínem (průměrně 75,4 t.ha⁻¹; Sx 14,6) a pod smrkem (průměrně 65,5 t.ha⁻¹; Sx 12,8) od sebe signifikantně nelišily. Svrchní vrstva rostlinného materiálu (směs L + F) vykazovala statisticky vysoce významně ($p \leq 0,01$) vyšší koncentraci vápníku (2 543 mg.kg⁻¹) v modřínovém porostu ve srovnání s porostem smrku (obr. 1). V případě směsných vzorků drti a měli (F + H) a svrchní vrstvy minerální půdy (Ah) se koncentrace vápníku pod modřínem a smrkem nelišily. Koncentrace rostlinám přístupného fosforu se mezi porosty smrku

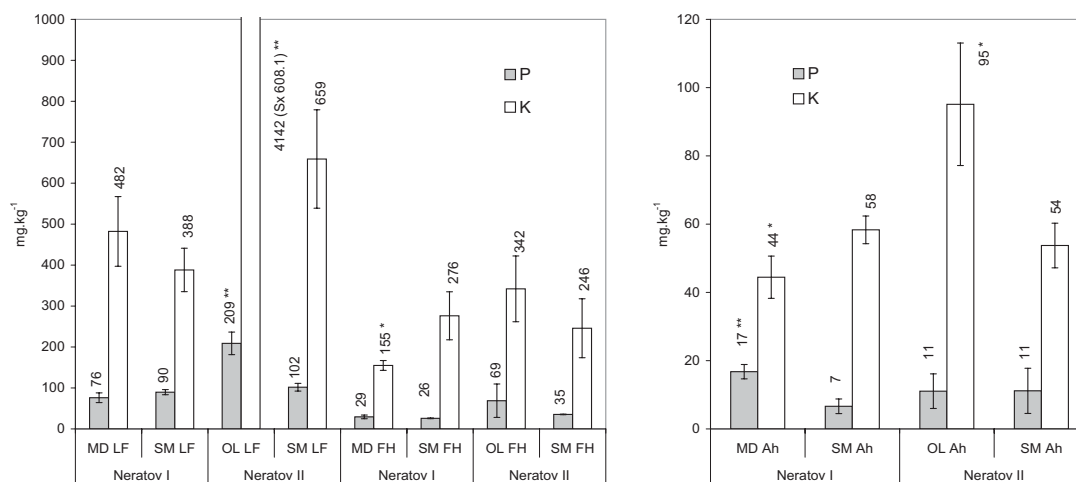
(7 mg.kg⁻¹) a modřínu (17 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,01$) vysoce významně lišily pouze ve svrchní minerální půdě vyšší hodnotou pod modřínem. V nadložním humusu nebyl v tomto srovnání rozdíl nalezen. Koncentrace draslíku byla signifikantně nižší pod modřínem (44 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,05$) než pod smrkem (58 mg.kg⁻¹) v minerální půdě a v hlubší části (FH) nadložního humusu (MD – 155 mg.kg⁻¹, $p \leq 0,05$; SM – 276 mg.kg⁻¹). Procento celkového uhlíku a dusíku se mezi smrkem a modřínem nelišilo. Také hodnota poměru C/N obou vrstev nadložního humusu pod modřínem (LF – 24,3; FH – 20,9) a smrkem (LF – 23,1; FH – 19,6) byla bez signifikantních rozdílů. Ve vrstvě svrchní minerální půdy byl poměr C/N oproti smrkem (15,8) významně nižší pod modřínem (14,0; $p \leq 0,05$).



Obr. 1.

Průměrné koncentrace rostlinám přístupného vápníku a hořčíku v nadložním humusu (zvláště LF a FH) a svrchní vrstvě minerální půdy (Ah). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky. Vysvětlivky: MD – modřín, SM – smrk, OL – olše. Statisticky významné rozdíly mezi variantami: * $p \leq 0,05$ a ** $p \leq 0,01$.

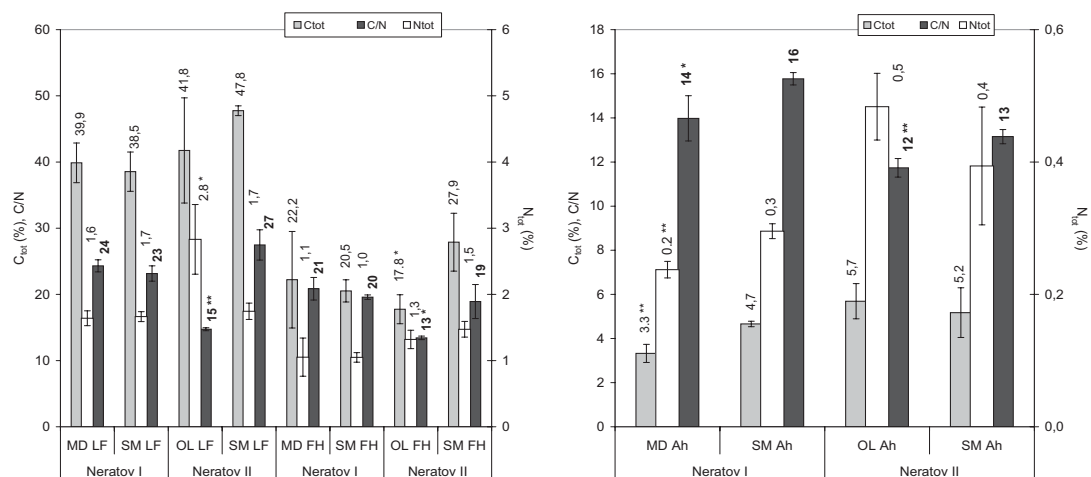
Mean concentrations of plant-available calcium and magnesium in forest floor (LF and FH separately) and topsoil (Ah). Error bars denote standard deviations. Captions: MD – larch, SM – spruce, OL – alder. Significant differences between variants: * $p \leq 0.05$ and ** $p \leq 0.01$.



Obr. 2.

Průměrné koncentrace rostlinám přístupného fosforu a draslíku v nadložním humusu (LF, FH) a svrchní vrstvě minerální půdy (Ah). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky. Vysvětlivky: MD – modřín, SM – smrk, OL – olše. Statisticky významné rozdíly mezi variantami: * $p \leq 0,05$ a ** $p \leq 0,01$.

Mean concentrations of plant-available phosphorus and potassium in forest floor (LF and FH separately) and topsoil (Ah). Error bars denote standard deviations. Captions: MD – larch, SM – spruce, OL – alder. Significant differences between variants: * $p \leq 0.05$ and ** $p \leq 0.01$.



Obr. 3.

Celkový uhlík, dusík a poměr C/N v nadložním humusu (LF, FH) a svrchní vrstvě minerální půdy (Ah). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky. Vysvětlivky: MD – modřín, SM – smrk, OL – olše. Statisticky významné rozdíly mezi variantami: * $p \leq 0,05$ a ** $p \leq 0,01$. Total carbon, nitrogen and C/N ratio in forest floor (LF and FH separately) and topsoil (Ah). Error bars denote standard deviations. Captions: MD – larch, SM – spruce, OL – alder. Significant differences between variants: * $p \leq 0.05$ and ** $p \leq 0.01$.

Neratov II (smrk a olše)

V rámci lokality byl konstatován signifikantní rozdíl v kvantitě nadložního humusu (suma LFH) pod olší (v průměru 121,3 t.ha⁻¹; Sx 19,3) ve srovnání s bezprostředně sousedícím porostem smrku (v průměru 77,1 t.ha⁻¹; Sx 14,9). Nebyl nalezen rozdíl v koncentraci vápníku a hořčíku v horizontech nadložního humusu olše a sousedícího smrku. Na druhou stranu jsme konstatovali signifikantně vyšší koncentraci vápníku pod olší (152 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,01$) ve svrchní vrstvě minerální půdy než pod smrkem (44 mg.kg⁻¹). Pokud jde o koncentrace rostlinám přístupného fosforu, jeho vysoce významně vyšší koncentrace (209 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,01$) byly prokázány v méně rozloženém opadu s drtí (LF) pod olší. Směsný vzorek drtí a měli (FH) pod olší se od smrkového významně nelišil a svrchní vrstva minerální půdy pod oběma dřevinami vykazovala prakticky totožné koncentrace P (obr. 2). Signifikantně vyšší byla koncentrace draslíku pod olší než pod smrkem ve vrstvě LF (4 142 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,01$) i Ah (95 mg.kg⁻¹; $p \leq 0,05$). Významně nižší hodnoty poměru C/N u olše jsme našli nejen v obou skupinách vzorků nadložního humusu (LF – 15; $p \leq 0,01$; FH – 13; $p \leq 0,05$), ale také ve svrchní minerální půdě (12; $p \leq 0,01$; obr. 3).

DISKUSE

V našem příspěvku jsme se zaměřili na hodnocení organického krytu půdy včetně svrchní vrstvy minerálního profilu, protože předpokládané změny půdního chemismu vlivem nadložního humusu různých dřevin jsou ve svrchních půdních horizontech nejlépe identifikovatelné, jak to již dříve doložili např. BINKLEY a VALENTINE (1991) nebo HAGEN-THORN et al. (2004). Na základě porovnání koncentrací vápníku, hořčíku a rostlinám přístupného fosforu v nadložních organických vrstvách a v minerální půdě obou lokalit Neratov (I a II) jsme zjistili, že ačkoliv ve svrchní mine-

rální půdě (Ah) pod srovnávanými dřevinami byly zjištěny prakticky shodné koncentrace vápníku a hořčíku, v nadložním humusu (vrstvy LF a FH) byly koncentrace obou živin u modřínu a fosforu u olše významně vyšší ve srovnání se dvěma jim blízkými smrkovými skupinami. Na druhou stranu se vyšší koncentrace vápníku v půdě pod olší a vyšší koncentrace fosforu v půdě pod modřínem nijak neprojevovaly v obou sledovaných vrstvách humusu. Vliv smrku nemusí mít vždy stejnou roli v procesu vlivu na půdní vlastnosti. To bylo patrné zejména v případě opadu (LF) smrku srovnávaného s olší, kde jsme konstatovali vyšší koncentrace vápníku, hořčíku a draslíku ve srovnání se smrkem vedle modřínu. Koncentrace rostlinám přístupných živin v humuso-minerálním Ah horizontu byly podle kritérií publikovaných FABIÁNKEM et al. (2004) ve většině případů na nízké úrovni. Střední úroveň dosáhl pouze draslík pod olší. Minerální půda pod oběma smrkovými porosty se jinak výrazněji lišila pouze nižší hodnotou C/N pod smrkem vedle olše. V horizontech FH a Ah se z hlediska koncentrací rostlinám přístupných živin obě smrkové plochy prakticky shodovaly. PODRÁZSKÝ a ŠTĚPÁŇÍK (2002) konstatovali srovnatelné množství pokrývného humusu pod smrkem a modřínem (ca 45 t.ha⁻¹). Ačkoliv efekt snížení pH našli pod všemi porosty, nejvýraznější acidifikaci konstatovali pod modřínem. MENŠÍK et al. (2009) nehodnotil zcela čisté porosty; ve smrkem i modřínem byla příměs buku. Nicméně pH všech vrstev nadložního humusu (L, F, H) se mezi těmito dřevinami nelišilo. Naše srovnání modřínu se smrkem ukázalo vyšší koncentrace vápníku v nadložním humusu modřínu při prakticky identických hodnotách v minerální půdě pod modřínem i smrkem.

Na plochách zalesněné zemědělské půdy experimentu Neratov I se množství nadložního humusu pod srovnávaným modřínem a smrkem nelišilo, což koresponduje s výsledky PODRÁZSKÉHO a ŠTĚPÁŇÍKA (2002). Naopak MENŠÍK et al. (2009) našli významně vyšší množství nadložního humusu pod směsí modřínu s bukem ve srovnání směsi smrku s bukem. Tento rozdíl byl nicméně způso-

ben významně vyšším množstvím horizontu H, které autoři považovali za pozůstatek humusu po předchozí generaci lesa. Právě z tohoto důvodu je výhodné studovat formování nadložního humusu v první generaci lesa po zalesnění bývalé zemědělské půdy.

Pod olší jsme konstatovali signifikantně vyšší množství organického materiálu kryjícího půdu ve srovnání se sousedním smrkem. Důvodem může být nadměrné zakmenění (1,44) olšového porostu (tab. 2) nebo skutečnost, že odběry byly provedeny standardně na počátku listopadu v době probíhajícího masivního opadu listů.

Velmi významnými ukazateli půdních změn je množství uhlíku a dusíku. Vrstva olšového opadu ukázala významně vyšší procento celkového dusíku ve srovnání s opadem smrkovým. V případě obou ploch Neratov byly hodnoty C/N minerální půdy významně nižší u modřínu i olše ve srovnání se smrkem (obr. 3). Na druhou stranu hodnoty C/N opadu (LF) a nadložního humusu (FH) byly proti smrku signifikantně nižší pouze u olše. Podle kritérií ICP Forests (FABIÁNEK et al. 2004) je C/N minerální půdy pod smrkem (16) v sousedství modřínu těsně nad hranici nízké hodnoty C/N (15). Na lokalitě Neratov II byla nízká hodnota C/N konstatována v minerální půdě pod olší i pod smrkem. Nízká hodnota C/N (LF 15, FH 13) u olšového opadu a humusu byla dosažena i přes vyšší kvantitu organického materiálu vzhledem k obohacení listů dusíkem. GUNDERSEN et al. (2006) uvádí hodnotu C/N okolo 25 jako prahovou pro zvýšené vyluhování nitrátů. Autoři v této studii dále konstatují, že vyluhování nitrátů z olšového nadložního humusu souvisí s fixací dusíku. Ve větším měřítku se zvýšené vyplavování nitrátů může objevit i ve velmi mladých porostech (do 10 let), kde je olše pouze příměsí, jak to na příkladu hodnocení povodí s různě starými porosty doložili CAIRNS a LAJTHA (2005). Důvod zvýšeného obsahu dusíku spočívá ve známé schopnosti olší hostit v kořenových hlízkách aktinomycety rodu *Frankia* sp., které jej jsou schopné získávat přímo z atmosféry (MÖLLEROVÁ 2004, GRYNGLER et al. 2004), v důsledku čehož mají olšové listy vysoký obsah této živiny (ORCZEWSKA 2009). Tato vlastnost byla dokumentována i u jiných druhů olší. Například KLOPATEK (2002) konstatoval významně vyšší koncentraci a zásobu dusíku pod 40 let starým porostem douglasky (*Pseudotsuga menziesii* (MIRBEL) FRANCO) s 33% příměsí olše (*Alnus rubra* BONG.). U olše zelené (*Alnus viridis* (CHAIX) DC.) dokumentují na základě podrobného rozboru literatury schopnost fixace N₂ symbiotickými hlízkovými bakteriemi ŠACH a ČERNOHOUS (2009). Vliv desetiletého porostu olše zelené na zvýšení obsahu dusíku ve svrchních vrstvách nadložního humusu (L + F) byl např. konstatován i v hřebenové poloze Jizerských hor (PODRÁZSKÝ, ULRICOVÁ 2003, BALCAR 2005). V nižší humusové vrstvě (H) nebyl v době šetření rozdíl v obsahu N patrný. Poměr C/N opadu a nadložního humusu u modřínu a smrku se nelišil; významně nižší hodnota pod modřínem (obr. 3) byla pouze ve svrchní vrstvě minerální půdy. MENŠÍK et al. (2009) konstatoval pro mladší (25 let) smíšené porosty smrk-buk a modřín-buk stejné hodnoty C/N pro horizonty nadložního humusu (L, F, H) pod oběma variantami. Na druhou stranu doložil vyšší C/N minerální půdy pod porostem s účastí modřínu.

ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Na základě šetření provedeného v 50letých porostech smrku, modřínu a olše na lokalitách Neratov I a II v Orlických horách lze konstatovat, že porost modřínu a porost smrku se průkazně lišily:

- vyšší koncentrací vápníku a hořčíku ve svrchní vrstvě nadložního humusu (LF) pod porostem modřínu;
- nižší koncentrací draslíku v FH vrstvě nadložního humusu a ve svrchní vrstvě minerální půdy pod modřínem a vyšší koncentrací fosforu v minerální půdě pod modřínem;
- významně nižšími hodnotami procenta celkového uhlíku, dusíku a poměru C/N pod modřínem než pod smrkem ve svrchních 10 cm minerální půdy.

Porost olše a porost smrku se průkazně lišily:

- vyšší koncentrací vápníku ve svrchní minerální půdě pod olší;
- vyšší koncentrací fosforu a draslíku ve svršku nadložního humusu (LF) pod olší než pod smrkem. Tento trend byl konstatován v případě draslíku i ve svrchní minerální půdě.
- vyšším procentem celkového dusíku a následně nižší hodnotou C/N svrchní vrstvy nadložního humusu (LF) pod olší. U hlubší vrstvy humusu (FH) bylo příčinou sníženého poměru C/N pod olší nižší procento celkového uhlíku. Pod olší byl snížený poměr C/N konstatován také v minerální půdě.

Podobný trend vlastností nadložního humusu a minerální půdy byl nalezen pouze v případě nižších koncentrací draslíku pod modřínem než pod smrkem a vyšších koncentrací draslíku pod olší než pod smrkem. Také hodnota C/N byla jak v humusu, tak v půdě nižší pod olší než pod smrkem.

Výsledky šetření potvrzují, že modřín a olše nejsou v podmínkách hodnocených porostů nejvhodnějšími melioračními dřevinami. Zejména velmi nízké hodnoty C/N u nadložního humusu olše jsou pro proces obnovy lesního prostředí méně příznivé. Je tomu tak proto, že opuštěné kultivované půdy mohou mít snížené C/N již v iniciálním stadiu při zalesnění, zatímco zvýšení této hodnoty je v procesu obnovy lesního prostředí žádoucí.

Poděkování:

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu NAZV QH 910 72 „Role lesních dřevin a pěstebních opatření v procesu formování půdního prostředí lesního ekosystému“ a projektu MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BALCAR V. 2005. Olše zelená a borovice blatka v Jizerských horách. Lesnická práce, 84: 178-180.
- BINKLEY D., VALENTINE D. 1991. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. Forest Ecology and Management, 40: 13-25.
- BRIGGS R. D. 2004 The Forest Floor. In: Encyclopedia of Forest Sciences, Vol. 3. Oxford. Elsevier: 1223-1227.
- CAIRNS M. A., LAJTHA K. 2005. Effects of succession on nitrogen export in the west-central Cascades, Oregon. Ecosystems, 8/5: 583-601.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub). Jílové u Prahy. IFER: 245 s.
- FABIÁNEK P. et al. (ed.) 2004. Monitoring stavu lesa v České republice 1984 – 2003. Praha. Ministerstvo zemědělství ČR a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 431 s.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁTKA M. 2004. Mykorhizní symbióza – O soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- GUNDERSEN, P., SCHMIDT, I. K., RAULUND-RASMUSSEN, K. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests - effects of air pollution and forest management. Environmental Reviews, 14: 1-57.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K., NIHLGÅRD B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. Forest and Ecology Management, 195: 373-384.
- HATLAPATKOVÁ L. 2009. Rychlost obnovy lesního prostředí po zalesnění marginálních zemědělských pozemků. Teze disertační práce. Praha, Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská: 82 s.
- HATLAPATKOVÁ, L., PODRÁZSKÝ, V., VACEK S. 2006. Výzkum v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách v oblasti Deštného a Neratova v PLO 25 – Orlické hory. In: Neuhöferová P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy: KPL FLE ČZU v Praze a VÚLHM Jíloviště-Strnady, VS Opočno: 185-191.
- HORÁK K. 1963. Historický průzkum lesů LHC Opočno. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů ve Zvoleni, pobočka Žďár nad Sázavou: 323 s., mapové přílohy.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 334-340.
- KLOPATEK J. M. 2002. Belowground carbon pools and processes in different age stands of Douglas-fir. Tree Physiology: 197-204.
- MENŠÍK L., FABIÁNEK T., TESAŘ, V., KULHAVÝ J. 2009. Humus conditions and stand characteristics of artificially established young stands in the process of the transformation of spruce monocultures. Journal of Forest Science, 55: 215-223.
- MÖLLEROVÁ J. 2004. Poznámky k růstu semenáčků olše. Zprávy lesnického výzkumu, 49: 4: 62-63.
- NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, Česká zemědělská univerzita: 78 s.
- NOŽIČKA J. 1957. Přehled vývoje našich lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 459 s.
- OPRL. Oblastní plány rozvoje lesů 2009 – mapový server ÚHÚL. <http://geoportal2.uhul.cz> [19.11.2009].
- ORCZEWSKA A. 2009. The impact of former agriculture on habitat conditions and distribution patterns of ancient woodland plant species in recent black alder (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) woods in south-western Poland. Forest Ecology and Management, 258: 794-803.
- PINNO B. D., BÉLANGER N. 2008. Ecosystem carbon gains from afforestation in the Boreal Transition ecozone of Saskatchewan (Canada) are coupled with the devolution of Black Chernozems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 123: 56-62.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., HART V., MOSER W. K. 2009. Production and humus form development in forest stands established on former agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. Journal of Forest Science, 55: 299-305.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNIK R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu, 47: 53-56.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I. 2003. Soil chemistry changes in green alder (*Alnus alnobetula* EHRH., C. KOCH). Journal of Forest Science, 49: 104-107.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2009. Protierozní a meliorační účinky olše zelené. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 267-274.
- TORREANO S. 2004. Soil development and properties. In: Burley J., Evans J., Youngquist J. A. (eds.): Encyclopedia of Forest Sciences, Vol. 3. Elsevier, Oxford: 1208-1216.
- ÚHÚL, VÚLHM, 1990. Taxační tabulky. ÚHÚL Brandýs nad Labem, VÚLHM Zbraslav-Strnady: nestr. (unpaginate).
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. 2003. Czech forest ecosystem classification. Journal of Forest Science, 49: 85-93.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 83/1996 Sb. ze dne 18. března 1996, o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.

FOREST-FLOOR HUMUS AND TOPSOIL PROPERTIES UNDER SPRUCE, LARCH AND ALDER ON FORMER AGRICULTURAL SOILS

SUMMARY

A forest floor created by forests under conditions of former agricultural land is a result of one-generation trees only, in other words there is no legacy of humus of previous forest origin. In our study, forest floor and topsoil chemistry were investigated using a comparative sampling beneath different forest tree species stands at the same age (Tab. 1). Larch (Neratov I) and alder (Neratov II) were compared to adjacent spruce forest stands. We collected samples of forest floor (LF, FH) and topsoil (Ah) three times for each variant (species). The data were processed using one-way ANOVA (multiple comparisons, Tukey-test) using UNISTAT® software. The question formulating the aim of our study is: Do forest floor and topsoil differ in properties between the tree species?

On the basis of presented analysis we found that:

Larch stand differs from spruce stand in:

- Higher Ca and Mg concentrations in upper forest floor (LF) of larch origin compared to spruce;
- FH layer of larch forest floor is lower in K compared to spruce whereas topsoil is higher in P;
- The topsoil is significantly lower in total nitrogen, total carbon and C/N ratio in upper 10 cm layer.

Alder stand differs from spruce stand in:

- Topsoil is higher in Ca concentration under alder compared to spruce;
- The upper forest floor (LF) is higher in P and K under alder compared to spruce. Similar trend was found also for K in topsoil;
- The upper LF layer is higher in N and lower in C/N under alder. The lower C/N ratio was found in topsoil as well.

Answering the research question, we found significant differences in both forest floor and topsoil samples compared.

It can be concluded that both larch and alder stands are able to form the nutrient-enriched forest floor layers. However, we do not recommend use alder to establish large stands since the species seems to keep C/N ratio of topsoil very low and we refer higher C/N ratio to as one of the crucial humus features in terms of forest soil restoration.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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

POTENCIÁL MLADÝCH POROSTŮ S DOMINANCÍ BŘÍZY VZNIKLÝCH SUKCESÍ NA NEOBHOSPODAŘOVANÉ ORNÉ PŮDĚ

POTENTIAL OF YOUNG STANDS WITH BIRCH DOMINANCE ESTABLISHED BY SUCCESSION ON ABANDONED AGRICULTURAL LAND

ONDŘEJ ŠPULÁK – JIŘÍ SOUČEK – JAN BARTOŠ – DUŠAN KACÁLEK

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

ABSTRACT

Research of successive stages of two stands dominated by birch (*Betula pendula* ROTH.) of natural regeneration origin on abandoned agricultural lands was done in 2008. Stand analyses were realized within circular plots placed in regular networks. Basic stand characteristics differed mostly due to different stand densities. High density of trees in Červený Kostelec locality (37,000 per ha) affected stand characteristics: basal area was 52 m².ha⁻¹ at the age of 8 years. Trees being 2 - 3 cm in diameter dominated in the stand, whereas a share of trees over 7 cm in diameter was 7% only. As for Krahulec locality, species composition varied more, birch and goat willow dominated in overstorey. Other species formed mainly understorey. Stand density was 4,600 individuals per ha, basal area 7.9 m².ha⁻¹. Share of standing dead trees exceeded 20% in both experiments. High number of trees positively influenced tree quality.

Klíčová slova: opuštěné zemědělské půdy, sukcese, bříza, produkce biomasy
Key words: abandoned agricultural land, succession, birch, biomass production

ÚVOD

V posledních desetiletích dochází v Evropě ke změnám koncepcí zemědělské výroby, které vedou k přehodnocení potřeby současného rozsahu zemědělské půdy (European Communities 2003). Také v České republice byl v roce 1992 schválen dotační program restrukturalizace rostlinné výroby zalesněním (ČERNÝ, LOKVENC, NERUDA 1995), který je v pozmeněné podobě podporován do současnosti (PULKRAB 2003).

Ke změnám zemědělské půdy na pozemek s charakterem lesa však nedochází pouze aktivním způsobem. S urovnáním vlastnických vztahů bylo obhospodařování pozemků často přerušeno nebo ukončeno. Také složitá ekonomická návratnost hospodaření na méně úrodných pozemcích nezfídka vedla k jejich opuštění, zvláště pokud udržování kultury nebylo podporováno v rámci dotační politiky. Stejný osud postihoval i prostor výrobních areálů při útlumu průmyslové výroby velkých komplexů (např. KLÁSEK, MIKLOŠ 2006). Na takovýchto pozemcích pak docházelo k uplatnění přirozené sukcese. Nejčastěji se zmlazují pionýrské druhy dřevin (bříza, olše, vrba jíva aj.).

Charakter spontánně vzniklých porostů je ovlivňován celou řadou faktorů, jako je způsob a intenzita předchozího obhospodařování, nadmořská výška, terén, vzdálenost od potenciálních zdrojů osiva, výskyt plodných roků, vývoj počasí, zvěř atd. Porosty se pak liší jak svým produkčním potenciálem, tak mírou plnění ostatních funkcí očekávaných od lesního porostu.

Využití přípravných dřevin však nemusí být omezováno pouze na místa necíleného zalesnění opuštěných ploch. Díky pionýrským

schopnostem mohou sloužit i jako východiska pro obnovu lesního prostředí zalesňovaných zemědělských půd (VARES et al. 2003) a při rekultivacích (KUPKA, DIMITROVSKÝ 2006). V rámci dvoufázového zalesnění pak vytvářejí příznivější mikroklimatické podmínky pro vnášení cílových dřevin, jejichž vlastnosti omezují možnost jejich uplatnění na volné ploše.

Studie v zahraničí i u nás poukazují také na významnou schopnost akumulace biomasy porosty pionýrských dřevin (např. JOHANSSON 1999, 2007, URI et al. 2007, SOUČEK, ŠPULÁK 2010). Nabízí se také možnost jejich uplatnění pro produkci biomasy pro energetické účely (WEGER 2003, PRAVDA 2004), i když pravděpodobně ne v takovém měřítku jako plantážové porosty rychle rostoucích dřevin.

Cílem příspěvku je na základě analýzy mladých porostů břízy vzniklých přirozenou sukcesí na bývalé orné půdě stanovit jejich produkční potenciál.

METODIKA

Výzkum se soustředil na přirozeně vzniklé porosty na lokalitách Červený Kostelec a Krahulec. Rovinatý pozemek o výměře 0,83 hektarů s porostem břízy na katastrálním území Červeného Kostelce (nadmořská výška 450 m, GPS 50° 29' 10.25" N, 16° 5' 59.373" E) byl zemědělsky obhospodařován jako orná půda do roku 1998. Po ukončení hospodaření se na pozemku objevila sukcese břízy. Pozemek navazuje na jihu a západě na zahrádkářskou kolonii, z ostatních stran je obklopen aktivně využívaným polem. Podle zemědělské klasifikace se jedná o kambizem se střední ske-

letovitostí, průměrně produkční (VÚMOP 2010). Nejbližší lesní porosty (ve vzdálenosti 300 m severně) jsou řazeny do 3. lesního vegetačního stupně (LVS), kyselé až středně bohaté edafické kategorie (ÚHÚL 2010).

Pozemek o výměře cca 1,5 ha na lokalitě Krahulec v katastru obce Sněžné (nadmořská výška 590 m n. m., GPS 50° 19' 45.109" N, 16° 16' 28.144" E) dříve obhospodařovaný jako pole byl vyčleněn z hospodaření v roce 1995. Po ukončení hospodaření se zde objevil nálet dřevin s dominancí břízy. Pozemek je mírně sklonitý k západu (do 5°). Na východ navazuje na lesní porost s převahou smrku ztepilého, v porostním okraji je dále zastoupen javor klen, bříza bělokorá a v porostu se vyskytuje také buk lesní. Okolní pozemky jsou v současnosti využívány jako louka. Podle klasifikace zemědělských půd se jedná o středně skeletovité hluboké až středně hluboké kyselé hnědé až podzolové, průměrně produkční půdy (VÚMOP 2010). Porost je řazen do 5. LVS a svěží edafické kategorie (ÚHÚL 2010).

V létě 2008 byla ve sledovaných porostech provedena statistická inventarizace v síti kruhových ploch o pravidelném rozestupu. Na lokalitě Červený Kostelec bylo proměřeno 45 plošek o velikosti 10 m² (poloměr 1,78 m) v rozestupu 10 m, na lokalitě Krahulec pak 34 plošek o velikosti 100 m² (poloměr 5,64 m) v rozestupu 15 x 20 m. Rozdílná velikost a uspořádání plošek byla zvolena na základě odlišného stavu porostů na obou plochách, zvláště hustoty porostů a jejich homogenity. Na jednotlivých ploškách byla měřena tloušťka všech stojících jedinců (včetně souší) ve výšce 1,3 m podle dřevin. Jedinci stromových druhů do výčetní výšky byli pouze rámcově evidováni. Výšky stromů a délky korun pro vytvoření výškových grafikonů byly měřeny na reprezentativních vzornících podle tloušťkových stupňů, naměřené hodnoty byly vyrovnány funkcí podle Näslunda (PRODAN 1965). Horní porostní výška byla brána jako střední výška 100 nejvyšších jedinců na hektar. Výčetní kruhová základna (G) byla pro jednotlivé ploš-

ky vypočítána jako součet kruhových základů zaujatých jedinců. V porostech byly odebrány vzorníky dominantní dřeviny pro stanovení produkce dřeva (biomasy) a průběhu výškového růstu. Z lokality Červený Kostelec bylo pro účely této studie analyzováno 12 vzorníků z celého rozmezí tloušťek odebraných na podzim roku 2008, na lokalitě Krahulec pak 7 vzorníků z horního stromového patra odebraných o rok později. Na vzornících byly odebrány kotouče ve výškovém intervalu 1 m. Objem kmene vzorníků byl stanoven součtem objemů jednodetných sekcí, objem sekce byl vypočítán jako objem komolého kužele. Kmen byl zahrnut jako celek, tzn. včetně nehroubí, kmeny vzorníků byly průběžné.

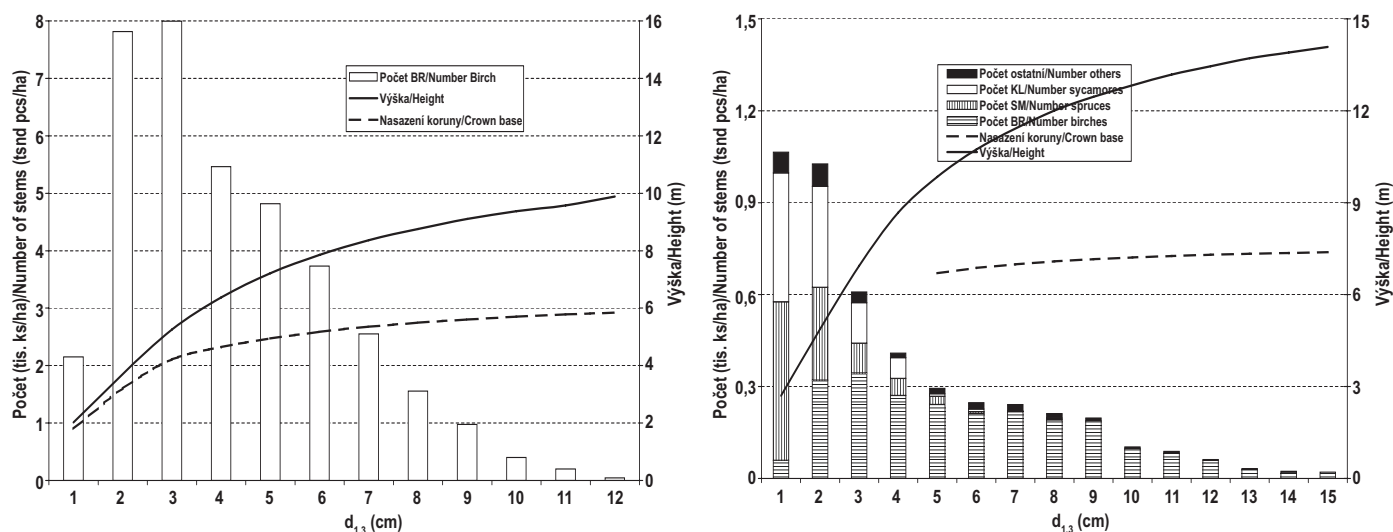
VÝSLEDKY

Na ploše se sukcesí břízy v Červeném Kostelci bylo vytyčeno 45 plošek o výměře 10 m², intenzita vzorkování při výměře porostu 0,83 ha byla tedy 5,5 %. Sukcesí zde vznikl nesmíšený porost břízy, početní zastoupení dalších druhů (jasan a keře – bez, střemcha, šípek) tvořilo dohromady maximálně 0,3 % (tab. 1). Věk hlavního porostu na lokalitě nepřesáhl 9 let. Počty jedinců vyšších než 1,3 m na zkusných ploškách kolísaly v rozpětí 10 – 68 ks na plošku, tzn. 10 – 68 tis. na ha. Průměrná hustota porostu byla 37,7 tis. jedinců na hektar. Nejpočetněji se vyskytovaly skupiny (plošky) s četností 20 – 25 jedinců (13 %), dále pak skupiny s 35 – 45 jedinci (celkem 34 %). Porost vykazoval levostranné rozdělení zastoupení tloušťek živých jedinců, s nejčastějším intervalem 2 – 3 cm (obr. 1). Průměrná tloušťka porostu byla 3,6 cm, maximální tloušťka dosahovala až 12 cm. Četnost jedinců s výčetní tloušťkou nad 7 cm (hroubí) činila 7 %, s tloušťkou nad 10 cm pouze 0,5 %. Střední porostní výška dosahovala 6 m, horní výška pak 9 m. S rostoucí výškou stromu exponenciálně narůstala šířka koruny.

Tab. 1.

Základní charakteristiky sledovaných porostů
Basic characteristics of analyzed forest stands

Lokalita/Plot	Dřevina/ Tree species	Zastoupení N/Share of N	Podíl na G/ Species share of BA	D _{1,3} / DBH	Max d _{1,3} / Max DBH	Výška/ Height
		%	%	cm (± Sx)	cm	m (± Sx)
Č. Kostelec	bříza/birch	99,6	99,9	3,6 (2,1)	12,0	6,0 (1,9)
Krahulec	bříza/birch	50,8	87,7	5,2 (3,2)	14,7	9,5 (3,0)
	smrk/spruce	21,8	2,7	1,3 (1,0)	7,4	
	klen/sycamore maple	21,1	3,6	1,4 (1,3)	13,9	
	jíva/goat willow	2,9	5,5	5,7 (2,8)	12,4	9,3 (2,1)
	jeřáb/rowan	2,1	0,2	1,3 (0,8)	3,8	
	jasan/ash	0,8	0,1	1,3 (0,6)	2,6	
	ostatní/other broad- leaves	0,5	0,1	1,7 (1,6)	4,7	
	Σ, ø	100	100	3,5 (3,1)	14,7	



Obr. 1.

Struktura tloušťek, výšková křivka a křivka nasazení koruny bříz na ploše Červený Kostelec (vlevo) a Krahulec (vpravo)
Tree distribution according to diameter, mean height and height of crown base of birch at Červený Kostelec (left) and Krahulec plots (right)

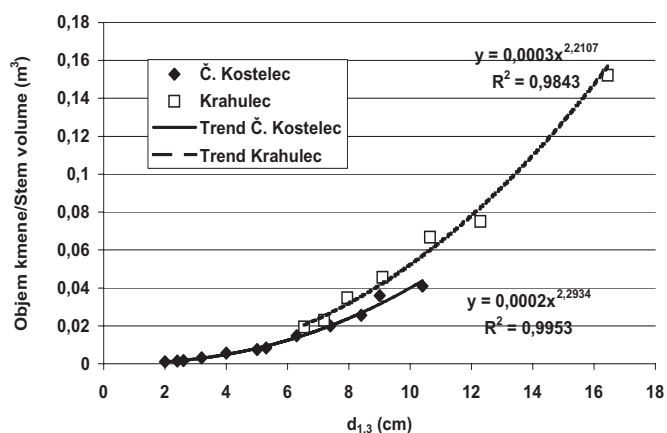
Vysoká hustota porostu zajišťuje čištění kmene úrovnových stromů (většina stromů vykazovala 4 až 6 metrový kmen bez větvi – obr. 1) a způsobuje postupné odumírání zastíněných jedinců. V porostu bylo zaznamenáno průměrně 9,2 tis. na ha stojících souší břízy (od 1 po 26 tis. na ha na jednotlivých ploškách) s průměrnou výškou 3 m. S ohledem na nároky břízy na světlo bylo překvapující výrazné procento přežívajících podúrovnových bříz, přeštřílených, s redukovanou korunou. Vlivem vysoké hustoty činila výčetní kruhová základna porostu 51,8 m² na ha, z toho 2 % tvořily odumřelé stromy. V porostu byl zjištěn těsný vztah mezi tloušťkou v prsní výšce a objemem kmene vzorníků (obr. 2). Objem biomasy kmene hlavního porostu, vypočítaný na základě zjištěného vztahu, se pohyboval mezi 0,05 až 0,41 m³ na plošku, tzn. 50 až 410 m³ na hektar, s průměrem 220 m³ na ha.

Bylinné patro pod porostem bylo řídké, z bylin se zde častěji vyskytoval zlatobýl (*Solidago* sp.), na světlejších místech převažovala kopřiva (*Urtica* sp.). V podúrovní se dále jednotlivě vyskytovali vitální jedinci dubu, smrku, jasanu, javoru a ořešáku s výškou do 50 cm.

V analyzovaném porostu na lokalitě Krahulec bylo vytyčeno 34 plošek, intenzita vzorkování byla tedy 22,7 %. Porost byl výrazněji prostorově diferencován než porost na lokalitě Červený Kostelec. Ze středu porostu se k jihovýchodu táhne pruh s menší hustotou dominantní břízy, na okraji dospělého porostu výrazně roste podíl smrku. Na severu přebírá dominanci břízy vrba jíva (na výměře cca 0,2 ha). Nejstarší jedinci porostu měli s ohledem na rok ukončení zemědělského hospodaření maximálně 13 let. Početně v porostu převažovala bříza (51 %), následovaná smrkem (22 %) a javorem klenem (20 %). Početní podíl dalších dřevin se pohyboval v rozmezí 1 – 3 % (jíva, jeřáb, jasan), ojediněle byly zastoupeny také další listnáče (buk, hloh, hrušeň, olše, osika), jejichž celkový podíl nepřesáhl 0,5 % (tab. 1). Mimo jívy byly tyto dřeviny zastoupeny pouze v podúrovní. Počty živých jedinců vyšších než 1,3 m se na zkus-

ných ploškách pohybovaly v rozpětí 11 – 156 kusů, což představuje 1,1 – 15,6 tis. jedinců na hektar. Průměrná hustota porostu byla 4,6 tis. jedinců na ha. Nejvíce byly zastoupeny plošky s četností 20 – 40 jedinců (41 %), většina plošek (85 %) měla méně než 80 jedinců.

Porost jako celek vykazoval silně levostranné rozdělení zastoupení tloušťek živých jedinců, s nejčetnějšími intervaly 0 – 1 a 1 – 2 cm. Většinu jedinců v těchto intervalech tvořily smrk a javor klen (obr. 1), které společně s ostatními přimíšenými dřevinami vytváří podúroveň. Bříza měla maximální zastoupení v tloušť-



Obr. 2.

Vztah výčetní tloušťky a objemu kmene břízy na ploše Červený Kostelec a Krahulec
Relation of DBH and stem volume of birch in both the Červený Kostelec and Krahulec research plots

kovém stupni 2 – 3 cm. Průměrná tloušťka porostu byla 3,5 cm (medián 2,3 cm), bříza však vykazovala průměrnou tloušťku vyšší – 5,2 cm (medián 4,7 cm; tab. 1). Tloušťky nad 12 cm se vyskytovaly výjimečně. Střední porostní výška břízy dosahovala 9,5 m (medián 10,1 m), horní výška pak 14,1 m. Výška nasazení koruny byla u břízy velice vyrovnaná (průměr 7 m – obr. 1). Na ploše bylo nalezeno průměrně 1 tis. stojících souší bříz na hektar, s průměrnou tloušťkou 1,9 cm a výškou cca 2,5 m. Odumřelé stromy tvořily maximálně 0,6 % výčetní kruhové základny živého porostu. Výčetní kruhová základna porostu dosahovala 7,9 m² na ha, bříza z ní tvořila 88 %, následovaná vrbou jívou (5,5 %). Celkový podíl dalších dřevin na kruhové základně porostu (smrk, klen) i přes vysokou četnost nepřesáhl 5 % (tab. 1). Objem kmene vzorníků břízy významně koreloval s tloušťkou v prsní výšce (obr. 2). Objem biomasy kmene břízy v hlavním porostu se pohyboval mezi 0,12 až 0,73 m³ na plošku, tzn. 12,0 až 73,0 m³ na hektar, s průměrem 41,2 m³ na ha. Zásoba jívky, druhé dřeviny co se týče výčetní kruhové základny, dosahovala průměrně 1,7 m³ na hektar. Také na této lokalitě v bylinném podrostu převážoval zlatobýl (*Solidago* sp.), vzhledem k nižší hustotě porostu byla jeho pokryvnost výrazně vyšší. Hustota bylinného patra kolísala podle hustoty porostu, v podúrovni se jednotlivě vyskytovala obnova smrku a javoru s výškou do 1 m.

DISKUSE

Bříza zaujímá necelá tři procenta z celkové plochy porostní půdy v České republice. Současné zastoupení tak více jak dvojnásobně přesahuje její předpokládané přirozené zastoupení (MZe 2009). Lesnický náhled na zastoupení břízy v porostech se v průběhu historie vyvíjel v celé střední Evropě (např. SVOBODA 1957). V současné době je bříza považována za meliorační dřevinu, která umožňuje odrůstání dalších dřevin v jejím zástínu (KOŠULÍČ 2006). V našich horských podmínkách byla bříza pro pionýrský charakter růstu v minulosti využívána zejména jako součást porostů náhradních dřevin v oblastech ovlivněných působením imisí (např. ULBRICHOVÁ et al. 2005, PODRÁZSKÝ et al. 2005). K pionýrským vlastnostem vysvětlujícím její podíl na sukcesí vhodných lokalit patří rychlý růst v mládí, schopnost odrůstat v nepříznivých stanovištních podmínkách, časná plodnost a šíření semen větrem (ÚRADNÍČEK et al. 2009). Poznatky o sukcesí pionýrských dřevin na bývalých zemědělských půdách pocházejí zejména z oblasti Pobaltí a Skandinávie, kde má bříza větší hospodářský význam. Vzhledem k příznivějším stanovištním podmínkám v naší republice však nelze očekávat, že by byla bříza doporučována při obnově lesního prostředí v takové míře, jako je tomu v severských státech (DAUGAVIETE et al. 2003, VARES et al. 2001, 2003).

Hektarové produkční charakteristiky obou sledovaných porostů se liší v závislosti na jejich rozdílné hustotě. Porost na lokalitě Červený Kostelec měl přes nižší věk o 85 % větší kruhovou základnu a o 81 % vyšší objem biomasy kmenů porostu v porovnání s porostem na lokalitě Krahulec. Při uvážení obdobného věku porostů, přes mírně příznivější stanovištní podmínky na lokalitě Červený Kostelec, je hlavním důvodem rozdílu 8x vyšší porostní hustota na lokalitě Červený Kostelec. Nižší hustota a tím snížené konkurenční působení i vyšší věk porostu na lokalitě Krahulec se příznivě projevilo na větších dimenzích středního kmene. Přesto je však hodnota štíhlostního kvocientu středního

i dominantního kmene na lokalitě Krahulec vyšší než na lokalitě Červený Kostelec.

AOSAAR a URI (2008) zjistili v březovém porostu vzniklém přirozenou obnovou na bývalé zemědělsky obhospodařované půdě v oblasti jižního Estonska srovnatelnou hustotu i dimenze středního kmene s porostem na lokalitě Červený Kostelec. Ve své studii sledovali vliv hustoty porostu na dimenze středního kmene i produkci: výrazně hustší porost (36 200 jedinců/ha) měl nižší produkci (23 – 31 tun/ha) i roční přírůst nadzemní biomasy (8 – 12 tun/ha/rok) než porost s nižší hustotou (11 600 jedinců/ha). URI et al. (2007) v březových porostech vzniklých přirozenou obnovou na bývalých zemědělských půdách zjistili ve věku 8 let rozpětí celkové produkce 6 – 23 tun/ha. Také JOHANSSON (1999) zmiňuje obdobné rozdíly v porostních charakteristikách i celkové produkci, při srovnatelném porostním věku (7 – 12 let) celková produkce nadzemní biomasy kolísala v rozpětí 6 – 101 tun/ha. Jednotliví autoři zdůrazňují u porostů vzniklých přirozenou sukcesí značné kolísání porostních charakteristik.

Výškový a tloušťkový vývoj obou námi sledovaných porostů odpovídá růstu březových porostů na nejlepších bonitách podle současných růstových tabulek pro břízu v oblasti Německa (LOCKOW 1997). Tabulky však při srovnatelné horní porostní výšce porostů počítají s počty jedinců odpovídajícími počtům na lokalitě Krahulec. Růst a produkci přirozeně obnovených březových porostů v imisní oblasti Trutnovska sledovali VACEK et al. (1987). Výrazně nižší počty jedinců v jejich studii pozitivně ovlivnily rozměry středních kmenů pro jednotlivé věky porostů, střední objemový přírůst porostů kolísal od 2,5 po 6,5 m³/ha/rok.

Studie o šíření semen břízy (SUČOCKAS 2002) dokládá, že do vzdálenosti 110 m od zdroje osiva je zásoba semen dostatečná pro vznik zapojeného následného porostu. S dalším nárůstem vzdálenosti od zdroje osiva se snižovalo množství semen dostatečných pro jednorázový vznik porostů s požadovanými parametry. Zmlazení nemělo pravidelné prostorové uspořádání, mezery bez výskytu obnovy se vyskytovaly na celé délce sledovaného transektu. Pro zajištění rovnoměrné obnovy na celé ploše autor doporučuje přípravu půdy (SUČOCKAS 2002). Vliv různých postupů přípravy půdy na přežívání a odrůstání přirozené obnovy břízy sledoval KARLSSON (1996). Na lokalitách bez přípravy půdy bylo přežívání a odrůstání břízy velice nízké, příprava půdy a omezení konkurence buřene se na přežívání a odrůstání výsevů projevil příznivě. Studie autorů SOO et al. (2009) potvrdila, že vliv předchozího hospodaření na opuštěných zemědělských půdách lze zjistit na stavu přízemní vegetace ještě dalších 7 – 9 let po založení porostu břízy.

Současný stav obou sledovaných porostů je dobrý. Vlivem vysoké porostní hustoty a vzájemného konkurenčního působení lze na lokalitě Červený Kostelec předpokládat výrazné snižování hektarového počtu jedinců. Z důvodu odumírání nejslabších jedinců se zde budou výrazněji zvyšovat dimenze středního kmene, změny dalších porostních charakteristik nebudou tak velké. Výskyt a odrůstání dalších dřevin vyskytujících se v podúrovni na lokalitě Červený Kostelec závisí na jejich schopnosti dlouhodobě přežít pod hustým porostním zápojem. Při stávajících světelných podmínkách a konkurenčním působení bříz nelze výraznější přežívání dřevin v podúrovni očekávat.

K významnější redukci četnosti stromů na lokalitě Krahulec bude pravděpodobně docházet pouze na nejhustších ploškách. Samovolné prosvětlování zápoje postupně upraví růstové podmínky pro dřeviny v podúrovni. Dá se tak předpokládat, že podíl

stín snázejících druhů v podúrovni se tak bude postupně zvyšovat. Postupný pokles výškového růstu by měl upravit vysoký štíhlostní kvocient u stromů břízy středních i horních dimenzí a tak podpořit stabilitu porostu vůči narůstajícímu riziku poškození porostu sněhem nebo větrem.

ZÁVĚR

Stav mladých porostů s dominantním podílem břízy byl sledován na dvou bývalých zemědělsky obhospodařovaných lokalitách - bývalé orné půdě. Maximální věk jedinců ve sledovaných porostech byl 9 a 13 let. Z analýzy porostů vyplývá, že rozdílná hustota ovlivňuje taxační charakteristiky obou porostů výrazněji než odlišnost věku či stanoviště. Vysoká hustota stromů na lokalitě Červený Kostelec (37 tis. ks na ha) vedla k formování velké výčetní kruhové základny (téměř 52 m² na ha) i zásoby biomasy kmenů včetně nehroubí (220 m³ na ha). Dimenze středního kmene však byly redukovány. Naproti tomu výrazněji diferencovaný porost s průměrnou hustotou 4,6 tis. jedinců na ha na lokalitě Krahulec umožnil vyšší dimenze středního kmene břízy. Tento porost, vykazující relativně nízkou výčetní kruhovou základnu i zásobu biomasy kmene břízy (8 m² a 41 m³ na ha), dává z hlediska průniku světla a konkurence lepší předpoklady pro vývoj dřevin v podúrovni. Vývoj přirozené sukcese orné půdy je vzhledem k nahodilosti vlivů na výskyt semen, jejich klíčení a odrůstání nahodilý, nicméně i v případě lokality Krahulec vznikl porost s dostatečnou hustotou zaručující odpovídající vývoj.

Poděkování:

Príspevek byl vypracován v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- AOSAAR J., URI V. 2008. Halli lepa, hübridlepa ja arukase biomassi produktsoon endistel põllumaadel. [Biomass production of grey alder, hybrid alder and silver birch stands on abandoned agricultural land.] Metsanduslikud Uurimused (Forestry Studies), 48: 53-66.
- ČERNÝ Z., LOKVENC T., NERUDA, J. 1995. Zalesňování nelesních půd. 1. vyd. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR: 55 s. ISBN 80-7105-093-8.
- DAUGAVIETE M., KRUMINA M., KAPOSTS V., LAZDINS, A. 2003. Farmland afforestation: the plantations of birch *Betula pendula* Roth. on different soils. Baltic Forestry, 9: 9-21.
- European Communities. 2003. Sustainable forestry and the European Union. Initiatives of the European Commission. Luxembourg, Office for official publications of the European Communities: 56 s. ISBN 92-894-6092-X.
- JOHANSSON T. 1999. Biomass equations for determining functions of pendula and pubescent birches growing on abandoned farmland and some practical implications. Biomass and Bioenergy, 16: 223-238.
- JOHANSSON T. 2007. Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmland. Forestry, 80: 41-52.
- KARLSSON A. 1996. Site preparation of abandoned fields and early establishment of naturally and direct-seeded birch in Sweden. Studia Forestalia Suecica, 199: 25 s.
- KLÁSEK R., MIKLOŠ L. 2006. Využití GIS pro zjištění lesních porostů mimo PUPIL a při hledání pozemků vhodných k zalesnění. In: Neuhöferová P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 57-61.
- KOŠULIČ M. 2006. Geneticko-ekologické aspekty při zakládání lesa na nelesních půdách. In: Neuhöferová P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 65-72.
- KUPKA I., DIMITROVSKÝ K. 2006. Způsoby zalesnění po předchozí zemědělské rekultivaci na příkladu výsypky Březno. In: Neuhöferová P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 193-200.
- LOCKOW K-W. 1997. Die neue Ertragstafel für Sandbirke-Aufbau und Bestandesbehandlung. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, 31: 75-84.
- MZe 2009. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008. Praha, Ministerstvo zemědělství: 132 s.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., MOSER W. K. 2005. Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 50: 76-78.
- PRAVDA L. 2004. Biomasa jako obnovitelný zdroj energie. In: Kubíček J. et al. (ed.): Energie z biomasy III. Sborník příspěvků ze semináře. Brno, Vysoké učení technické: 127-132. ISBN 80-214-2805-8.
- PRODAN M. 1965. Holzmesslehre. Frankfurt a. M., J. D. Sauerländer's Verlag: 644 s.
- PULKRAK K. 2003. Ekonomika zalesňování nelesních půd. In: Zalesňování zemědělské půdy. Sborník z celostátního semináře. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2003: 7-16. ISBN 80-02-01544-4
- SOO T., TULLUS A., TULLUS H., ROOSALUSTE E., VARES A. 2009. Change from agriculture to forestry: floristic diversity in young fast-growing deciduous plantations on former agricultural land in Estonia. Annales Botanici Fennici, 46: 353-364.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O. 2010. Porostní charakteristiky mladých olšových porostů vzniklých sukcesí na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 121-125.
- SUCHOCKAS V. 2002. Seed dispersal and distribution of silver birch (*Betula pendula*) naturally regenerating seedlings on abandoned agricultural land at forest edges. Baltic Forestry, 8: 71-77.
- SVOBODA P. 1957. Lesní dřeviny a jejich porosty. Část III. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 165-193.
- ÚHÚL. Mapový server – Oblastní plány rozvoje lesů. [online]. [cit. 08. února 2010]. <http://geoportal2.uhul.cz/index.php>.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. 2005. Soil forming role of birch in the Ore Mts. Journal of Forest Science, 51, Special Issue: 54-58.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍZEK J. 2009. Dřeviny České republiky. 2. přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 366 s. ISBN 978-80-87154-62-5.

- URI V., VARES A., TULLUS H., KANAL A. 2007. Above-ground biomass production and nutrient accumulation in young stands of silver birch on abandoned agricultural land. *Biomass and Bioenergy*, 31: 195-204.
- VACEK S., LEPS J., TESAŘ V. 1987. Skladba mladých březových porostů na Trutnovsku. *Lesnictví*, 33: 343-360.
- VARES A., JÖGISTE K., KULL E. 2001. Early growth of some deciduous tree species on abandoned agricultural lands in Estonia. *Baltic Forestry*, 7: 52-58.
- VARES A., URI V., TULLUS H., KANAL A. 2003. Height growth of four fast-growing deciduous tree species on former agricultural lands in Estonia. *Baltic Forestry*, 9: 2-8.
- VÚMOP. SOWAC GIS, základní charakteristiky BPEJ. [online]. [cit. 04. února 2010]. http://ms.vumop.cz/mapserv/dhtml_zc-hbpej/zchbpej.php?layers=kraj%20kr.
- WEGER J. 2003. Produkce biomasy pro energetické účely a využití dřevin na zemědělské půdě. *Lesnická práce*, 82: 146-48.

POTENTIAL OF YOUNG STANDS WITH BIRCH DOMINANCE ESTABLISHED BY SUCCESSION ON ABANDONED AGRICULTURAL LAND

SUMMARY

There are many changes in agriculture over the last decades all over Europe resulting in revision of agricultural land area. Sometimes, management has been interrupted or land has been even abandoned due to change of ownership; these areas often experience succession of naturally regenerating tree species. These are usually pioneer species such as birch, alder, goat willow and others. The pioneer species have a specific strategy of growth, which is suitable to form an initial stage of forest environment under conditions of afforested agricultural land. Moreover, their ability to accumulate amount of biomass in the stands is of great importance as many authors report. The aim of our study is to analyze young stands with dominance of birch on former arable land and to assess their forest productivity.

Research plots in young birch dominated stands were established on two sites at altitudes of 450 (locality of Červený Kostelec) and 590 meters (locality of Krahulec) above sea level. Maximum age of individuals in the stands was 9 and 13 years respectively. In 2008, inventory of growing stock was made in both stands. There were also taken stem samples to analyze stems in more detail. Results show that mensurational characteristics depend on stand density more than on differences in age and site conditions. High stand density (37,000 per ha) is related to great basal area (52 m².ha⁻¹) and stem volume (220 m³.ha⁻¹) in the locality of Červený Kostelec. However, dimensions of mean stem were found to be reduced there compared to Krahulec. This stand has a lower density (4,600 per ha) and greater dimensions of mean stem of birch. On the other hand the stand is more differentiated; both basal area (8 m².ha⁻¹) and stem volume (41 m³.ha⁻¹) are lower. There are, however, better light conditions for development of understorey trees. Succession on former arable land seems to be of random character due to accidental factors such as seed source, mast years, germination and recruitment. As for Krahulec site, the stand seems to be dense enough to continue restoration of forest.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D., 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: spulak@vulhmop.cz

RŮST A PROSPERITA PROSADEB BUKU A KLENU V MLADÝCH POROSTECH SMRKU ZTEPILÉHO A SMRKU PICHLAVÉHO

GROWTH AND PROSPERITY OF BEECH AND SYCAMORE MAPLE PLANTINGS IN YOUNG NORWAY SPRUCE AND BLUE SPRUCE FOREST STANDS

ONDŘEJ ŠPULÁK - JIŘÍ SOUČEK - JAN BARTOŠ

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

ABSTRACT

A growth of beech and sycamore maple in substitute tree species forest stands was investigated in summit parts of the Jizerské hory Mts. Young nearby standing substitute tree forest stands of Norway spruce and blue spruce with mean height below 1.6 m were underplanted by beech and sycamore in 1995. Mortality of both coniferous tree species was comparable in the next years, while progressive height growth of Norway spruce more significantly reduced light conditions for underplantings. Cleaning in 2003 and stand damage by top breakage partly decreased competition effect of substitute tree species on the underplantings. Both beech and sycamore plantations had high mortality. Beech had higher height growth in blue spruce stand than in Norway spruce stand. There were no significant differences in height growth depending on the distances of beeches from the closest substitute tree. Beech plantations on sites with better light conditions grew straighter than beeches in shade. High mortality and low height growth of sycamore were caused by unfavourable growing conditions and competition effect of substitute tree stands.

Klíčová slova: horské lesy, porosty náhradních dřevin, přeměny, buk, klen, vliv světla, úprava porostního prostředí

Key words: mountain forests, substitute tree species, conversions, prosperity, light, beech, sycamore maple

ÚVOD

V období likvidace imisní kalamity v 70. a 80. letech 20. století vznikaly na lokalitách, které nebylo možné zalesnit cílovými dřevinami, porosty náhradních dřevin. Jejich největší výměry byly založeny zvláště v Krušných a Jizerských horách (KUBELKA et al. 1992, SMEJKAL et al. 1994). Jako „náhradní“ je označována dřevina, s kterou se v aktuálním rozsahu v daném porostu v cílové druhové skladbě nepočítá (SLODIČÁK et al. 2005). Cílem zakládání porostů náhradních dřevin (PND) bylo zachování kontinuity lesních porostů, plnicích alespoň nejdůležitější ekologické funkce (TESAR 1982, SLODIČÁK et al. 2005, HERING, IRRGANG 2005). Současně měly tyto náhradní porosty vytvořit podmínky pro pozdější přeměny s využitím biologicky náročnějších a ekonomicky cennějších dřevin (ŠINDELÁŘ 1982).

Jako náhradní byly sázeny jak domácí dřeviny s pionýrskou růstovou strategií, tak i dřeviny introdukované, hlavně neopadavé jehličnany (MATERNA 1978). Nejrozšířenější dřevinou PND u nás se stal smrk pichlavý (SMEJKAL et al. 1994, PĚNIČKA et al. 2007).

Vzhledem k poklesu imisní zátěže a k tomu, že náhradní dřeviny nelze z ekologického a produkčního hlediska považovat za optimální, dochází k postupné realizaci přeměn těchto porostů. Doporučovanou metodou přeměn pro vyšší horské polohy je metoda nepřímá využívající krycí efekt stávajícího porostu na výsadby, při které PND mají funkci porostů přípravných (BALCAR et al. 2007). V závislosti na stanovištních podmínkách by měly být tyto porosty nahrazeny z velké části autochtonním smrkem ztepilým

a dále dřevinami zvyšujícími stabilitu porostů, případně zlepšujícími půdní poměry. Ve vyšších horských polohách jsou to hlavně buk lesní, javor klen a jedle bělokora, v nejvyšších a klimatickým stresům nejvíce exponovaných polohách bříza (zejména pýřitá, bříza karpatská), jeřáb ptačí a kleč horská (VACEK in SLODIČÁK et al. 2005). Vzhledem k různým vlastnostem náhradních dřevin i stanovištním nárokům dřevin cílových je třeba optimalizovat postupy výchovných (uvolňovacích) zásahů v porostech náhradních dřevin podle konkrétních podmínek.

Cílem příspěvku je na základě porovnání prosperity cca 15letých prosadéb buku a javoru klenů v o deset let starších porostech smrku ztepilého a pichlavého na sousedících lokalitách formulovat doporučení úpravy porostního prostředí pro podporu vnášených dřevin.

METODIKA

Výzkumné plochy 1 a 2 byly založeny na hřebeni vrchu Pa-ličník v Jizerských horách na podzim roku 1995. Plochy umístěné v oplocenkách se nacházejí na mírném SSZ svahu (sklon 7 %) v nadmořské výšce 940 m, SLT 7K a jsou od sebe vzdáleny cca 60 m. Do porostů smrku ztepilého (plocha 1, výchozí výška 1,6 m, hustota 2 675 jedinců na 1 ha) a smrku pichlavého (SMP) s jednotlivě vtroušeným smrkem ztepilým (plocha 2, výška 1,3 m, 2 870 jedinců na 1 ha), založených v letech 1986/87, byly v roce 1995 v pravidelném sponu vysázeny sazenice buku lesního a javoru kle-

nu (f1+k1, průměrná výška 28 cm). Pro vyšší vlhkost stanoviště výzkumné plochy 1 zde byla volena sadba kopečková, na ploše 2 bylo sázeno do jamek. Na ploše 1 bylo vysázeno 86 sazenic buku a 29 sazenic javoru klenů, na ploše 2 pak 140 buků a 43 klenů. Opakované poškození výsadby a vysoké ztráty vedly k nutnosti vylepšování.

Na ploše probíhalo pravidelné měření celkové výšky (CV) jedinců (jako svislé vzdálenosti od povrchu země k terminálnímu pupenu), bylo zaznamenáváno poškození a v prvních letech byl v několika termínech změřen kořenový krček. Pro vyskytující se růstové deformace a opakované poškození terminálního výhonu vykazoval parametr celkové výšky často záporný přírůstek; proto bylo od roku 2005 přistoupeno také k měření celkové délky jedinců (h), měřené jako vzdálenost mezi patou stromku a terminálem po natažení. Tento údaj lépe vyjadřuje růstový potenciál stromku. Poměr celkové výšky (CV) k výšce (h), nazvaný index vertikálního vzrůstu, může korespondovat mj. s přístupem světla. Jeho hodnota se pohybuje mezi 0 (stromek leží) a 1 (absolutně svislý růst).

V opakovaných intervalech byly měřeny rozměry stromů přípravného porostu (výška, tloušťka ve výšce 1,3 m, průměr koruny). V roce 2003 byl na obou plochách proveden individuální výchovný zásah v porostech smrku; kromě plošného prořezání porostu bylo cílem zásahu odstranění jedinců s výrazným kompetičním působením na výsadby listnáčů. V roce 2008 bylo vykonáno průběžné šetření stavu porostů smrků a v pravidelné síti 42 měřičských bodů byly na každé ploše zachyceny světelné poměry ve výšce 1 m nad zemí metodou hemisfé-

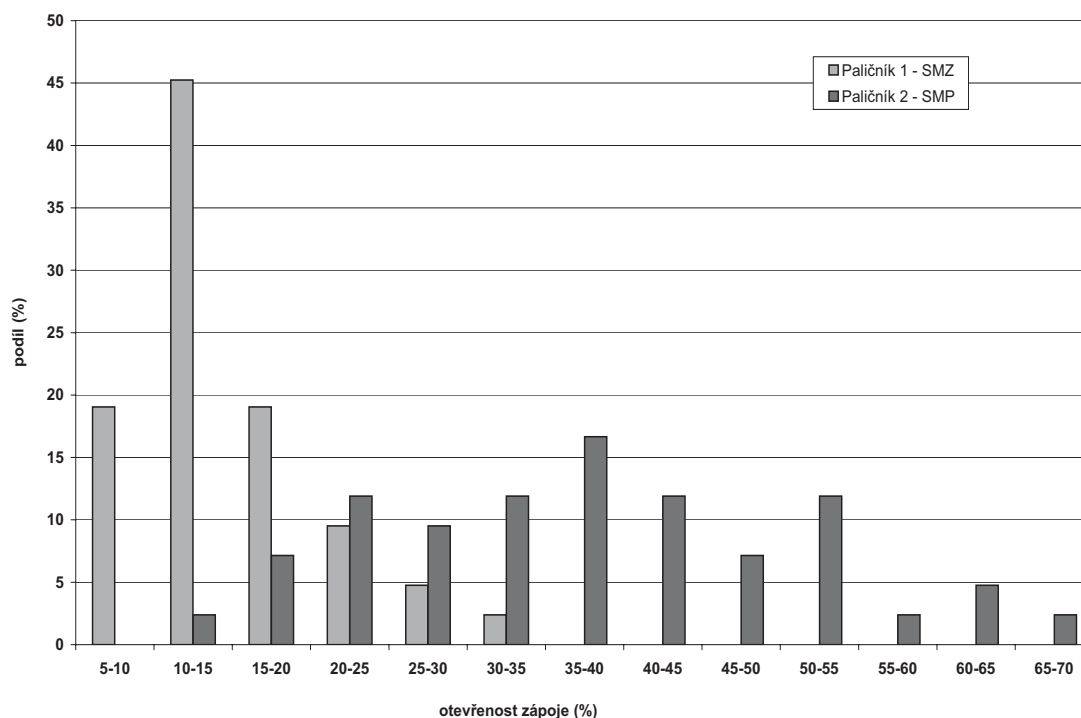
rické fotografie (min. 2 snímky na bod). Snímky byly vyhodnoceny v programu Gap Light Analyzer (verze 2.0). Pro odstranění vlivu hodnotitele snímků na výsledek analýzy byly porovnávány parametry otevřenosti zápoje (Canopy Openness) mezi snímky ze stejného bodu. Jestliže jejich rozdíl přesáhl 4 %, bylo vyhodnocení zopakováno.

V průběhu zpracování byly hledány vztahy mezi prosperitou buků a javorů a jejich polohou. Statistické zpracování dat bylo provedeno porovnáním intervalů spolehlivosti (confidence) při koeficientu spolehlivosti $\alpha = 0,05$. Výpočty byly provedeny v software MS Excel 2003.

VÝSLEDKY

Vývoj přípravných porostů

Porost smrku ztepilého (SM) na výzkumné ploše 1 vykazoval už při zahájení experimentu v roce 1995 vyšší průměrnou výšku (158 cm) oproti porostu smrku pichlavého (SMP) na ploše 2 (132 cm). Vyšší růstová dynamika SM zapříčinila nejen rychlejší nárůst průměrné výšky, ale také urychlila zapojování porostu a ovlivnění mikroklimatu. Zatímco průměr korun v roce 1995 dosahoval 133 cm (oproti 107 cm u SMP na ploše 2), v roce 1999 to již bylo 210 cm (162 cm u SMP) a o 4 roky později 248 cm (184 cm u SMP). K zapojení korun stromů na ploše 1 došlo již v roce 1999, plocha 2 se smrkem pichlavým se začala výrazněji zapojovat až v roce 2003.



Obr. 1.

Relativní rozložení otevřenosti zápoje (Canopy Openness) na plochách 1 a 2 zjišťované metodou hemisférické fotografie v pravidelné síti (42 bodů)

Distribution of Canopy Openness (%) on the research plots estimated by method of hemispherical photography in the regular net of 42 points

Note: podíl – share, otevřenost zápoje – Canopy Openness

Smrk ztepilý na ploše 1 vykazoval zpočátku minimální mortalitu. Do roku 1999 poklesl počet jedinců na hektar o 4 % na 2 570, přičemž průměrná výška dosáhla 336 cm ($\pm 23,8$ – koeficient spolehlivosti). V následujících 4 letech odumřelo 11 % jedinců. Uvolňovacím výchovným zásahem v roce 2003 byla hustota porostu snížena z 2 300 na 1 770 jedinců na hektar (23 %). Přednostně byli odstranováni jedinci horního stromového patra (průměrná výška 570 cm) pro omezení konkurenčního tlaku na prosadby listnáčů, pokles střední porostní výšky vlivem zásahu však byl minimální (z 544 na 537 cm). Porost byl v zimě 2005/06 značně poškozen vrcholovými zlomy ve střední výšce cca 5 m, poškození jedinci však vesměs nahradili terminální výhon náhradním a pokračovali v intenzivním výškovém růstu. V roce 2008 dosahovala výška porostu 820 cm a hustota 1 650 jedinců na hektar. Roční střední výškový přírůst smrku ztepilého se postupně zvyšoval z 34 cm na 60 cm, výraznější pokles výškového přírůstu nebyl zaznamenán ani po poškození jedinců vrcholovými zlomy v roce 2005.

Mortalita smrku pichlavého na ploše 2 byla obdobně nízká, do roku 2003 nepřesáhla 9 %. V roce 1999 byla hustota porostu při průměrné výšce 224 cm ($\pm 13,5$) 2 700 jedinců na hektar, v roce 2003 byla výška porostu 322 cm ($\pm 19,8$) a hustota 2 620 jedinců na hektar. Zásah uvolňující listnáče v témže roce snížil počet na 2 120 na hektar (odstraněno 20 % počtu) a redukoval zastoupení stromů v celém výškovém spektru. Průměrná výška vlivem těžebního zásahu poklesla na 307 cm. Poškození korun sněhem v zimě 2005/06 podpořilo další mortalitu (17 %), v roce 2008 byla hustota porostu 1 700 jedinců na hektar. Průměrná výška v roce 2008 byla 440 cm. Střední výškový přírůst smrku pichlavého za celé sledované období nepřesáhl 25 cm, přírůst byl po celou dobu vyrovnaný.

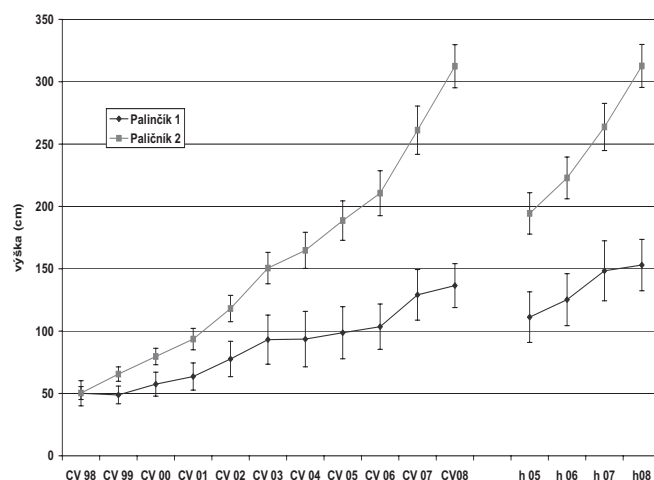
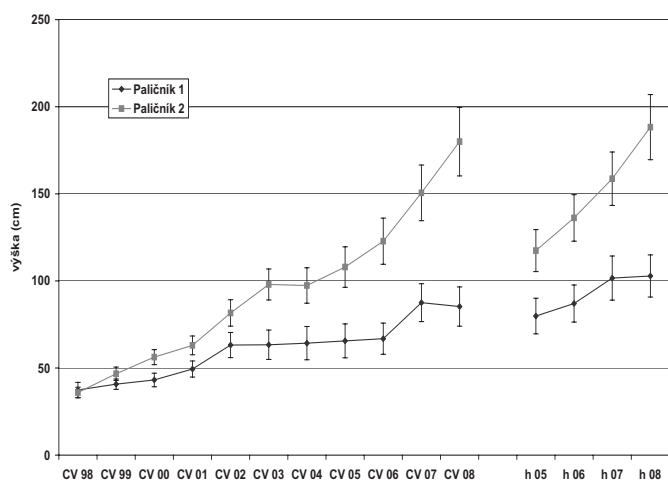
Přes srovnatelnou mortalitu v celém průběhu sledování (38 % a 41 % počtu stromů) se vlivem rozdílného výškového i bočního růstu korun vytvořilo na obou plochách odlišné růstové prostředí. Světelné podmínky zjišťované v roce 2008 analýzou hemisférických fotografií korunového prostoru v pravidelné síti ukazují vyšší průměrnou otevřenost zápoje (parametr Canopy Openness) v poros-

tu smrku pichlavého na ploše 2 (37,3 %, conf. 4,1) oproti ploše 1 (15,1 %, conf. 1,9). Otevřenost zápoje na ploše 2 kolísá v rozpětí 12 - 68 %, na ploše 1 jsou světelné poměry vlivem většího korunového zápoje a téměř dvojnásobné porostní výšky nižší a vyrovnanější (obr. 1).

Vývoj výsadeb buku

Prvotní výsadba buku a javoru kleny do přípravných porostů byla provedena v roce 1995. Vysoké ztráty na výsadbách v následujících letech vlivem nepříznivých růstových podmínek i opakovaného poškozování myšovitými vedly k potřebě vylepšování. V roce 1998 byla plocha 1 vylepšena 73 sazenicemi buku a 14 sazenicemi javoru, plocha 2 pak 45 buky a 20 javory. Ve stejném roce bylo zahájeno individuální měření výškového růstu jedinců. Po vylepšení bylo na ploše 1 označeno 113 buků a 25 klenů, na ploše 2 pak 130 buků a 34 klenů.

Mortalita pokračovala i v následných letech, maximum mortality vylepšovaných jedinců bylo zjištěno v prvním roce po vylepšení. V následujícím období (3 - 4 roky) již byla úmrtnost buku ojedinělá a týkala se hlavně poškozených jedinců cyklicky obrůstajících z prostoru kolem kořenového krčku. Průměrné procento přežití od vylepšení v roce 2008 dosahovalo 62 % na ploše 1 a 75 % na ploše 2. Procentické rozložení mortality nesouviselo s výsadbou vzdáleností k nejbližšímu smrku. Průměrná výchozí výška buků byla na obou plochách v roce 1998 srovnatelná bez průkazných rozdílů (37 a 36 cm). Odlišné světelné podmínky a konkurenční působení na obou plochách ovlivnily následný výškový růst buku, rozdíly středních výšek buku jsou od roku 2000 statisticky průkazné (obr. 2). Také průměrné tloušťky kořenového krčku buků se lišily, v roce 2003 dosahovala tloušťka kořenového krčku 12 mm na ploše 1, naproti tomu na ploše 2 již 18 mm. Rozdíly středních rozměrů buku mezi plochami částečně ovlivnilo i rozdílné přežívání jedinců z původní výsadby, kteří již po překonání šoku po výsadbě zvýšili svůj přírůst. Jejich větší podíl se vyskytoval na ploše 2.



Obr. 2.

Vývoj průměrné výšky všech (vlevo) a 20 % nejvyšších (vpravo) buků na výzkumných plochách 1 a 2 (CV – svislá výška stromku v normální poloze, h – celková délka jedinců, měřená jako vzdálenost mezi patou stromku a terminálem po natažení). Úsečky značí intervaly spolehlivosti. Course of mean heights of all (left) and 20% (of planting number) of the highest beech (right) on the research plots (CV – vertical height of the tree in natural shape, h – total length of the tree, measured as the distance from tree base to pulled terminal shoot). Bars represent confidence intervals.

Tab. 1.

Vývoj průměrné výšky (CV a h) všech buků podle vzdálenosti od kmene nejbližšího smrku na výzkumných plochách 1 a 2. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogeneity.

Mean heights (CV and h – see Fig. 2) of all beeches in accordance to distance from the nearest spruce stem on the research plots. Different letters indicate significant differences among values.

Plocha 1	N 98	h 98	CV 99	CV 00	CV 01	CV 02	CV 03	CV 04	CV 05	CV 06	CV 07	CV 08	h 05	h 06	h 07	h 08	N 08
40 - 79	10	42,5ab	38,5	42,3	68,6	69,8	78,4	70,3	78,4ab	77,6ab	100,0ab	95,8a	94,1a	100,4a	116,7ab	109,8a	8
80 - 119	41	33,7b	39,1	42,5	45,4	57,0	57,3	57,2	56,3a	59,5a	81,8ab	84,6a	74,6a	80,8a	95,7a	103,7a	27
120 - 159	22	35,1b	41,9	46,5	51,1	67,2	64,3	70,1	69,9a	71,2a	92,0a	86,7a	83,2a	90,9a	105,1a	100,6a	18
160 - 199	15	59,0a	45,3	44,2	51,9	66,3	69,5	71,9	78,5a	77,3ab	90,8ab	80,3a	86,5a	95,3a	108,7ab	103,3a	10
200 - 239	2	44,0	44,0	42,0	51,0	90,0	96,0	106,0	136,0	145,0	179,0	180,0	159,0	178,0	200,0	220,0	1
240 - 279	3	38,0	38,0	31,7	45,5		44,0	42,0	33,0b	36,0b	51,0b	41,0b	31,7b	43,0b	52,3b	49,3b	3
Celkem/Průměr	93	37,4	40,7	43,3B	49,4B	63,2B	63,4B	64,3B	65,6B	66,8B	87,5B	85,3B	79,8B	87,0B	101,6B	102,8B	67

Plocha 2	N 98	h 98	CV 99	CV 00	CV 01	CV 02	CV 03	CV 04	CV 05	CV 06	CV 07	CV 08	h 05	h 06	h 07	h 08	N 08
40 - 79	38	37,2	48,5	58,9	66,1a	85,7a	97,1a	98,4a	106,3ab	115,5ab	143,7ab	168,6ab	115,1a	130,6ab	153,0ab	177,1ab	36
80 - 119	36	36,1	46,8	55,7	63,0a	81,3a	103,8a	99,3a	112,4a	136,0a	164,9a	200,5a	125,5a	145,0a	172,3a	209,1a	31
120 - 159	20	34,8	45,2	53,9	58,0ab	77,8ab	93,3ab	93,1ab	103,3ab	114,8ab	139,2ab	173,9ab	108,7ab	133,2ab	147,9ab	181,7ab	20
160 - 199	5	29,4	38,0	41,0	45,8b	52,4b	60,2b	61,6b	65,6b	76,4b	98,8b	105,5b	71,2b	86,2b	103,0b	120,3b	4
200 - 239	3	35,7	47,3	63,7	74,7ab	91,0ab	103,3ab	113,7ab	129,7ab	140,0ab	165,0ab	192,3ab	139,7ab	151,3ab	170,3ab	193,7ab	3
240 - 279	1	31,0	41,0	47,0	42,0												
Celkem/Průměr	97	36,0	46,7	56,3A	63,0A	81,6A	98,0A	97,4A	108,0A	122,8A	150,6A	179,9A	117,4A	136,2A	158,7A	188,3A	95

Pozn.: N – počet jedinců, čísla v hlavě tabulky značí rok./Note: Plocha – research plot, N – number, Celkem/Průměr – Total/Mean. Numbers in table head represent years.

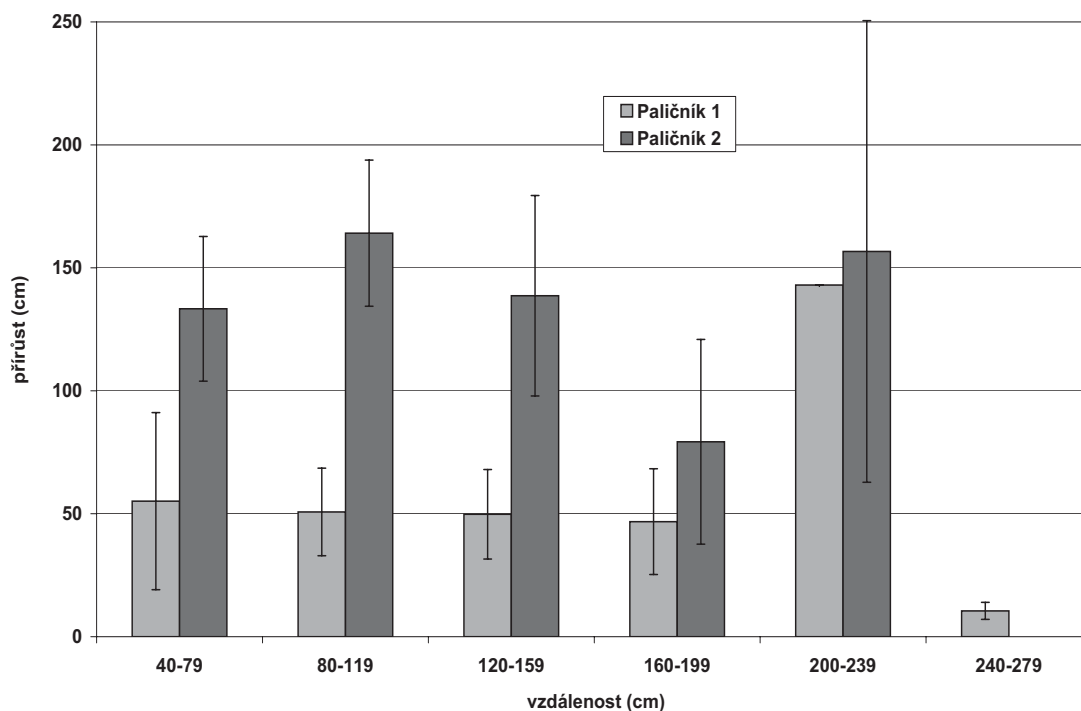
Výchovný zásah provedený v roce 2003 se výrazněji neprojevil na výškovém růstu buku na ploše 1. Stagnaci průměrných výšek v dalších letech částečně ovlivnily mechanické deformace sněhem buku uvolněných těžbou. Také na ploše 2 se výškový přírůst buku po těžebním zásahu nejprve snížil, v dalších letech se přírůst vrátil na původní úroveň (obr. 2). S ohledem na stagnaci výškového růstu buku po výchovném zásahu na ploše 1 lze předpokládat, že uvolňovací zásah nebyl dostatečně silný. Výraznější přírůstovou reakci zde lze pozorovat až po uvolnění vrcholovými zlomy z důvodu poškození sněhem v zimě 2005/06. Změna výškového přírůstu je patrná na obou plochách zvláště na vývoji 20 % nejvyšších jedinců (z výsadbového počtu) (obr. 2).

Důsledné dodržování pravidelného sponu při výsadbě listnáčů ovlivnilo rozložení buku podle vzdálenosti k nejbližšímu kmenu smrku: Na ploše 1 rostla třetina prosadů ve vzdálenosti 90 až 120 cm od nejbližšího SM, na ploše 2 pak polovina buku rostla v rozmezí 60 až 120 cm od nejbližšího SMP.

Rozkolísanost výšek buku na ploše 1 se projevila při porovnání růstu podle vzdálenosti výsadby od nejbližšího jedince smrku (interval vzdáleností po 40 cm). Statisticky průkazně se od roku 2005 oddělila pouze početná slabá skupina buku rostoucí v maximální vzdálenosti od nejbližšího smrku ztepilého (240 - 280 cm) s nejmenším přírůstem (tab. 1). Hodnoty průměrné výšky (h) v roce 2008 pak naznačují pokles s narůstající vzdáleností od smrku, rozdíly mezi skupinami jsou však malé a statisticky neprůkazné. Nízké počty neumožňovaly podrobnou analýzu 20 % nejvyšších

jedinců rostoucích v průměrné vzdálenosti 119 cm od nejbližšího smrku. Na výzkumné ploše 2 došlo již v roce 2001 k diferenciaci průměrných výšek mezi vzdálenostními skupinami: průkazně více přirůstaly buky vysazené blíže k nejbližšímu smrku. Od roku 2005 pak výšky jedinců vzdálených 40 - 80 cm od smrku vykazovaly větší rozptýlení hodnot. Přes početní nevyrovnanost skupin pak v roce 2008 vyplývá, že nejlépe prosperují buky vysazené do vzdálenosti 80 - 120 cm od nejbližšího smrku pichlavého, nejméně pak jedinci vysazení do vzdálenosti nad 160 cm (tab. 1, obr. 3). Dvacet procent nejvyšších buku rostlo v průměrné vzdálenosti 93 cm od nejbližšího SMP.

Index vertikálního vzrůstu buku, hodnotící přímou růstu jedinců, byl sledován od roku 2005. Konkrétní hodnoty jsou ovlivněny deformacemi v průběhu zimního období. Vliv na průměrné hodnoty indexu a průkaznost rozdílů mezi skupinami buku podle vzdálenosti od nejbližšího smrku má také úspěšnost v nalezení buku při měření (tab. 2). Z hodnot vyplývá, že na ploše 2 s větším průnikem světla vykazují buky celkově přímější vzrůst, a to průkazně v celém sledovaném období. Zima 2005/06 s vysokými sněhovými srážkami se projevila na celkovém snížení hodnot – na stlačení korun buku k zemi. Během následujícího roku však buky tuto dočasnou deformaci vyrovnaly až předčily, pravděpodobně v důsledku částečného prosvětlení porostů smrku z důvodu zlomů sněhem. Přímá závislost mezi výsadbovou vzdáleností a indexem nebyla potvrzena (tab. 2).



Obr. 3.

Průměrný výškový přírůst buku za periodu 1998 - 2008 podle vzdáleností výsadby od nejbližšího smrku. Úsečky znázorňují intervaly spolehlivosti.

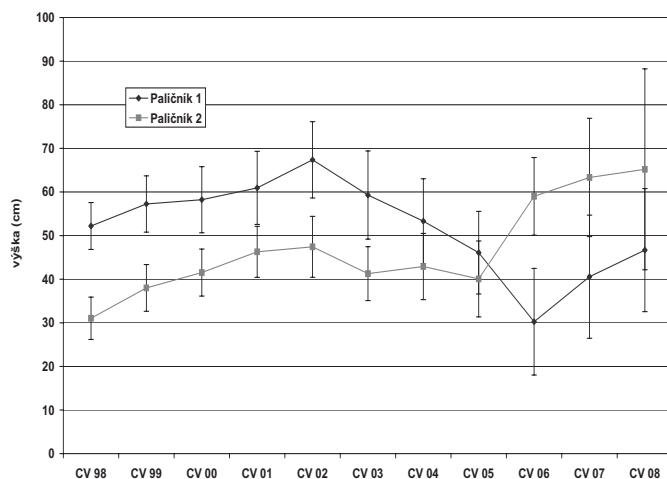
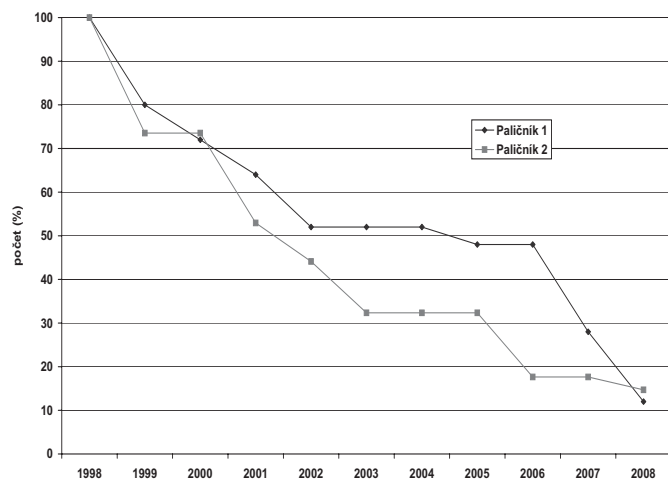
Mean periodical height growth of beeches (period 1998 - 2008) in accordance to the distance from the nearest spruce. Bars represent confidence intervals.

Tab. 2.

Vývoj hodnot indexu vertikálního vzrůstu podle vzdáleností od kmene nejbližšího smrku. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity v rámci plochy, průměr je porovnáván mezi plochami.

Mean vertical growth indexes in years in accordance to distance from the nearest spruce. Different letters indicate significant differences among values within research plots, averages are compared between plots. Note: Plocha – research plot, Vzdálenost – distance from the nearest spruce, N – number, Průměr – Average

Plocha	Vzdálenost	2005	2006	2007	2008	N 08
Plocha 1	40 - 79	0,800a	0,757	0,848a	0,841	8
	80 - 119	0,776a	0,740	0,850a	0,808	27
	120 - 159	0,832a	0,785	0,872a	0,849	18
	160 - 199	0,839a	0,786	0,856a	0,779	10
	200 - 239	0,855	0,815	0,895	0,818	1
	240 - 280	0,983b	0,808	0,972b	0,848	3
	Průměr	0,808B	0,763B	0,861B	0,821B	67
Plocha 2	40 - 79	0,886	0,876	0,904	0,917	36
	80 - 119	0,916	0,913	0,947	0,945	31
	120 - 159	0,870	0,871	0,906	0,927	20
	160 - 199	0,906	0,878	0,953	0,856	4
	200 - 239	0,938	0,894	0,958	0,986	3
	240 - 280					
	Průměr	0,897A	0,889A	0,923A	0,929A	95

**Obr. 4.**

Vývoj počtu živých jedinců (vlevo) a výškový vývoj (vpravo) výsadby javoru kleny na plochách 1 a 2. Úsečky znázorňují intervaly spolehlivosti.

Numbers of living trees (left) and height growth (right) of sycamore maples on the research plots. Bars represent confidence intervals. Note: počet – number, výška – height, CV - vertical height of the tree in natural shape

Výsadba klenů

Javor klen vykazoval vysokou mortalitu v průběhu celého sledovaného období, počáteční mortalitu ovlivnila kulminace škod okusem myšovitými. Již v prvním roce po vylepšování (1998) poklesl počet živých klenů o 20 až 30 %, v dalších letech se počet stromů dále snižoval. Celkové procento přežití klenů v roce 2008 na obou plochách nepřesáhlo 15 % (obr. 4). Opakované poškozování špatně vyzárajících terminálních výhonů vedlo k obrázení náhradními výhony ve spodní části kmínku a negativně ovlivnilo zdravotní stav výsadby klenů a vývoj průměrných výšek. Průměrná výška klenů se lišila na obou plochách již při prvním měření v roce 1998, střední výška klenů na ploše 1 byla o 20 cm vyšší. V prvních letech sledování odumřeli zejména nižší jedinci a tak se střední výšky klenů postupně zvyšovaly na obou plochách. Pokles středních výšek po roce 2002 ovlivnil opakovaný výskyt zlomů a poškození terminálních výhonů, poškozování byli jedinci z celého výškového spektra. Obrát vývoje výšek po roce 2005 (2006 na ploše 1) částečně souvisí s dalším rozvolněním porostu vrcholovými zlomy, postupný nárůst průměrných výšek ovlivnila i mortalita periodicky poškozovaných klenů s tendencí obrážet z kořenového krčku. Prosperita zastíněných klenů však byla nadále omezena vlivem redukovaného přístupu světla z důvodu silného konkurenčního působení přípravných porostů smrku. Ani volnější porostní zápoj na ploše 2 nezaručuje do budoucna výrazně vyšší prosperitu klenů na této ploše (obr. 4).

DISKUSE

Buk i javor klen mají v podmínkách střední Evropy obdobný areál rozšíření, na vhodných stanovištích je klen typickou přimíšenou dřevinou smíšených horských lesů. Klen ve smích dominuje na vlhčích stanovištích, ale jako jedna z mála dřevin vystupuje až k horní hranici lesa. Ekologické vlastnosti buku a klenů se však liší, neboť klen má v průběhu celého vývoje vyšší nároky na světlo. Schopnost buku zmladit se a odrůstat i pod porostní clonou je známa a dlouhodobě využívána, avšak poznatky o schopnosti růstu javoru klenů v zástínu jsou omezené. Dosavadní šetření naznačují vyšší toleranci buku k zastínění a jeho schopnost růst pod porostním zápojem. RÖHRIG (1967) hodnotil parametry výšky a hmotnosti nadzemní části a rozměry kořenů u 2letých semenáčků buku a javoru klenů při různé intenzitě osvětlení. S klesající intenzitou osvětlení se hodnoty všech sledovaných znaků snižovaly. Javor klen všeobecně vykazoval vyšší nároky na světlo než buk. Obdobné poznatky zjistil i GROSSE (1983) při porovnání růstu jednotlivých dřevin pod různou porostní clonou v horských podmínkách. Javor klen z výsadby i s jím vykazoval nejvyšší růst na volné ploše, i nízká intenzita zastínění se projevila poklesem sledovaných hodnot. Na volné ploše javor vykazoval lepší růstové parametry než buk, pod různě hustou porostní clonou byl však výškový přírůst javoru s bukem srovnatelný nebo nižší (GROSSE 1983). Také PICHLER et al. (2001) zdůrazňují dostatečný přísun světla nutný pro růst klenů, u 2letých semenáčků rostoucích pod porostní clonou přírůst stagnoval. Hodnocení výškového růstu a dalších znaků u smíšených nárůstů pod clonou bukového porostu na vápencovém podloží prováděli PETRITAN et al. (2007, 2009a, b). Také jejich šetření potvrdilo výrazně vyšší nároky javoru klenů na přísun světla ve srovnání s bukem. Autoři zdůrazňují nutnost včasného a silného uvolnění skupin klenů a jasanů pro omezení jejich mortality a zintenzivnění výškového růstu (PETRITAN et al. 2007). Javor klen

i jasan představují strategii dřevin obnovujících se v porostních mezerách. S rostoucím přístupem světla se jejich výškový růst zvyšuje, jejich schopnost rychlé redukce růstu při změně intenzity světla je však omezená. Kumulace listové plochy do vrcholové části kmínku v zástínu omezuje zastínění a zvyšuje intercepci světla (PETRITAN et al. 2009a, b).

Intenzivněji rostoucí porost smrku ztepilého oproti smrku pichlavému v našem pokusu při srovnatelném stavu porostu při zahájení prosadeb postupně formoval stinnější porostní prostředí. Tím docházelo k zvyšování konkurence z hlediska dostupnosti světla. Buk na ni reagoval nižším výškovým přírůstem. Reakce javoru klenů byla v obou porostech velice obdobná. Vyznával výrazně vyšší mortalitu než buk, výškový přírůst přežívajících jedinců byl omezený a vedl k tvorbě redukované koruny. S ohledem na informace dostupné v literatuře tak byla potvrzena vyšší náročnost klenů na přístup světla.

Buk i klen jsou pro své stabilizační a meliorační působení využívány při přeměnách porostů náhradních dřevin v horských podmínkách (BALCAR et al. 2007). Nepříznivé stanovištní podmínky spolu s porostním zástínem omezují vitalitu a růst vysazovaných dřevin. S rostoucí nadmořskou výškou nebo porostním zástínem se světlo a s tím související teplota stávají hlavními faktory ovlivňujícími vitalitu a růst obnovy (COLLET et al. 2001, HERING, IRRGANG 2005). Poznatky o růstu prosadeb buku do porostu náhradních dřevin v horských oblastech publikovali např. BALCAR et al. (1999), BALCAR, KACÁLEK (2008), HOBZA et al. (2008). Autoři shodně konstatují vysoké ztráty v prvních letech po výsadbě a omezený výškový růst vlivem šoku z přesazení. Kromě stresu ovlivněného nepříznivými stanovištními a mikroklimatickými podmínkami se na mortalitě výrazně podílely i ztráty vlivem myšovitých hlodavců. Ovlivnění mikroklimatu porosty náhradních dřevin je důležité zejména na lokalitách postižovaných teplotními stresy. Míra působení přípravných porostů závisí na druhové skladbě i stavu porostů. Pozitivní krycí efekt korun přípravného porostu smrku na omezení poškození mrazem byl popsán zejména u výsadby buku ve vyšších polohách (BALCAR, KACÁLEK 2008). Krycí efekt má však pouze omezený plošný i časový dosah, jak potvrzují teplotní studie v porostech náhradních dřevin (ŠPULÁK 2009, ŠPULÁK, SOUČEK 2010). Podstatné je, aby převažovalo pozitivní působení přípravného porostu před negativním vlivem konkurencí.

Technologický postup přeměn porostů náhradních dřevin vyžaduje diferenciaci podle růstových podmínek, stavu porostů náhradních dřevin i růstových požadavků dřeviny vysazované (BALCAR, ŠPULÁK 2006, KACÁLEK, BALCAR 2001). Důležitým předpokladem pro vnášení zejména listnatých dřevin do jehličnatých náhradních porostů je jejich důsledná ochrana před poškozováním zvěří a myšovitými hlodavci. Postup obnovy přípravných porostů ve vyšších horských polohách doporučovaný v metodikách pro praxi (BALCAR et al. 2007, ŠLODIČÁK et al. 2005) platí zejména pro buk, u výsadby javoru klenů by měl postup zohlednit vyšší nároky klenů na světlo. To sebou přináší potřebu vyššího rozvolnění porostů přípravných jehličnatých dřevin před výsadbou, než je doporučovaná redukce porostního zápoje na 60 – 80 %. Jako vhodná se jeví cílená tvorba obnovních odrůdků. Důležité pro obě dřeviny je včasné, ale citlivé uvolňování odrůstajících jedinců. Jak vyplývá z naší studie, pozitivní efekt na růst a stabilitu buků mělo postupné rozvolnění krytu již při průměrné výšce buku okolo 1 m, tedy dříve než je doporučováno v současné metodice (BALCAR et al. 2007). Nedostatek světla vlivem přílišného krytu dřevinou přípravného porostu

(což se týká především jehličnanů) vede u buku k vytváření zesláblého (ztenčeného) terminálního výhonu a jeho plagiotropnímu růstu. Již v této růstové fázi buku je vhodné zahájit individuálně vedené uvolňování. Jako optimální pro buk se jeví udržování průměrné otevřenosti zápoje porostu (parametr Canopy Openness) ve střední výšce terminálu buku okolo 30 – 40 %. Uvolňovací zásah tak musí být silnější a dříve provedený v intenzivněji rostoucích porostech smrku ztepilého.

ZÁVĚR

Na velkoplošných holinách v oblasti Jizerských hor z 80. let minulého století postupně vznikly náhradní porosty tvořené smrkem pichlavým a ztepilým. V současnosti jsou tyto porosty postupně přeměňovány s cílem upravit jejich druhovou skladbu. Ve vyšších horských polohách je pro přeměnu navrhována nepřímá metoda využívající krycí efekt stávajícího porostu pro výsadby. Růst náhradních porostů smrku ztepilého a pichlavého spolu s výsadbami buku a klenu byl sledován na lokalitě Paličnick v hřebenové části Jizerských hor. Porost smrku ztepilého vykazoval po celou dobu sledování lepší růst než porost smrku pichlavého, jeho průměrná výška v roce 2008 byla téměř dvojnásobná (8,2 a 4,4 m). Vyšší výškový i boční růst se projevil na výraznějším ovlivnění ekologických podmínek, zejména přístupu světla. Prosvětlení porostu výchovným zásahem a poškození vrcholovými zlomy mělo na výškový růst smrků malý vliv. Výsadby buku a klenu do porostů náhradních dřevin měly od počátku vysokou mortalitu, na které se výrazně podílely škody myšovitými hlodavci. Výškový růst buku pod porostem smrku ztepilého byl po celou dobu sledování nižší než pod nižším zápojem porostu smrku pichlavého. Značný podíl na rozdílech růstu měly odlišné mikroklimatické podmínky dané rozdílným konkurenčním působením náhradního porostu. Prosvětlení porostu vlivem cíleného zásahu i poškození smrku sněhem se příznivě projevilo na výškovém růstu buku. Výškový vývoj klenu dlouhodobě ovlivnila vysoká mortalita, opakované poškozování nevyzrálých terminálních výhonů a jejich obrázení ze spodních částí kmínků se negativně projevilo na vývoji středních výšek. Prostředí sledovaných přípravných porostů bylo pro růst klenu nevhodné. Pro vnášení klenu do náhradních porostů zvláště ve vyšších horských polohách je nutné zohlednit jeho vyšší nároky na světlo. Jako vhodnější se z hlediska světla jeví výsadba do úzkých pruhových sečí. Pro podporu růstu a stability výsadeb buku a klenu je nutné včasné, citlivé a postupné uvolňování porostního zápoje přípravného porostu. V naší studii se pozitivně projevilo zahájení uvolňování již při průměrné výšce buku okolo 1 m. Dalšími zásahy je nutné udržovat trvale přerušovaný až mezernatý zápoj přípravného porostu smrku, přičemž tyto zásahy musí být silnější a dříve zahájené v intenzivněji rostoucím smrku ztepilém.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 2001. Prosadby porostů náhradních dřevin bukem lesním v horách. In: Slodičák M., Novák J. (eds.): Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého sympozia ... Opočno, 13. – 14. 9. 2001. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 193-202.
- 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., KACÁLEK D., VACEK S. 1999. Rekonstrukce porostů náhradních dřevin prosadbami buku lesního *Fagus sylvatica* L. 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: 135-140.
- BALCAR V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. 2007. Metodika postupů přeměny porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Recenzované metodiky pro praxi. 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. et al. (eds.): Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Research results presented on international scientific conference... Opočno 5. – 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno: 399-407.
- COLLET C., LANTER O., PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58: 127-134.
- GROSSE H-U. 1983. Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. *Forstliche Forschungsberichte München*, 55: 206 s.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. *Journal of Forest Science*, 51: 519-525.
- HOBZA P., MAUER O., POP M. 2008. Current use of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of forests in the air-polluted areas. *Journal of Forest Science*, 54: 139-149.
- KUBELKA L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, MZe ČR: 133 s.
- MATERNÁ J. 1978. Práce a výsledky výzkumu v krušnohorské koutkové oblasti. In: Sborník referátů a diskusních příspěvků z konference o zajištění úkolů státních lesů v Krušných horách v podmínkách působení průmyslových exhalací. Fláje u Litvínova, 25. – 27. 10. 1978. Praha, MLVH ČR: 40-54.
- PĚNIČKA L. et al. 2007. Šetření stavu porostů v Krušných horách. Studie pro MZe. Jablonec n. Nisou, ÚHÚL: 35 s.
- PETRITAN A. M., LÜPKE B. V., PETRITAN I. C. 2007. Effects of shade on growth and mortality of maple (*Acer pseudoplatanus*), ash (*Fraxinus excelsior*) and beech (*Fagus sylvatica*) saplings. *Forestry*, 80: 397-412.
- PETRITAN A. M., LÜPKE B. V., PETRITAN I. C. 2009a. Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech (*Fagus sylvatica* L.), maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) saplings. *European Journal of Forest Research*, 128: 61-74.

- PETRITAN A. M., LÜPKE B. V. 2009b. Struktur und Entwicklung von überschirmten Buchen-Eschen-Bergahorn-Dickungen aus Naturverjüngung. Forstarchiv, 80: 119-128.
- PICHLER M., HAGER H., KAZDA M. 2001. Beitrag zur Lichtökologie und zum Wachstum junger Voranbaupflanzen (*Quercus petraea*, *Fagus sylvatica* und *Acer pseudoplatanus*). Centralblatt für das gesamte Forstwesen. Austrian Journal of Forest Science, 4: 175-192.
- RÖHRIG E. 1967. Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 138: 224-239.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s. ISBN 80-86461-51-3.
- SMEJKAL J. et al. 1994. Generel rekonstrukcí porostů náhradních dřevin v imisní oblasti východního Krušnohoří. Jablonec nad Nisou, Lesprojekt: 90 s.
- ŠINDELÁŘ J. 1982. K druhové skladbě lesních porostů v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ: 35-43.
- ŠPULÁK O. 2009. Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadeb jehličnatých porostů náhradních dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 54, Speciál: 57-64.
- TESÁŘ V. 1982. Obnovní cíle a náhradní porosty v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ: 75-80.

GROWTH AND PROSPERITY OF BEECH AND SYCAMORE MAPLE PLANTINGS IN YOUNG NORWAY SPRUCE AND BLUE SPRUCE FOREST STANDS

SUMMARY

Reconstruction of substitute tree species forest stands is an important task for the forest management in the northern border mountains of the Czech Republic nowadays. Blue spruce was introduced tree species the most often used in substitute forest stands. Broadleaves such as beech or sycamore maple are introduced into substitute coniferous stands in higher mountain elevations. Indirect conversion of these stands is recommended in such climatic harsh conditions. Substitute forest stand should make shelter for new plantings: reduce light and moderate temperature fluctuation.

Research on prosperity of beech and sycamore interplantings into spruce stands was realized in the Jizerské hory Mts. In 1995 two fenced substitute stands of Norway spruce and blue spruce (mean height 1.6 and 1.3 m, respectively) were interplanted with beech and sycamore in the regular plant spacing on selected ridge. Harsh climatic conditions and damage by mice led to necessity of repair planting in 1998. Tending of spruce stands for release of broadleaved plantations was done in 2003. Some tops of spruce trees were broken down by heavy snow in winter 2005/06. Heights and damage of broadleaves were recorded every year, spruce stands were measured periodically. Light conditions were determined by the method of hemispherical photography in 2008.

Height of Norway spruce stand was almost double than blue spruce (8.2 m and 4.4 m) in 2008. Despite of forest tending and damage by snow, more intensive growth of Norway spruce forest stand led to formation of relatively dense canopy (mean canopy openness 15.1%) compared to blue spruce stand (37.3%). Both broadleaved species had high mortality; mortality of beech after repair planting stopped on 38% in Norway spruce experiment and 25% in blue spruce experiment. Canopy opening of spruce stand had positive effect on height growth of beeches. Beech showed higher prosperity and straighter growth in more canopy-opened blue spruce stand; differences in mean height have been significant since 2000. Beech growing in blue spruce stand also reacted more intensively on releases. Sycamore maple as more light-demanding species showed worse health state and reduced prosperity, totally survived less than 15% of trees. Sufficient input of light has to be ensured for introduction of sycamore in substitute tree forest stands. Timely, sensitive and gradual releases of substitute stand canopy have to be done to support growth and stability of beech and sycamore plantings. Canopy should be kept interrupted, releases have to be stronger and realized earlier in more intensively growing Norway spruce forest stands.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D., 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: spulak@vulhmop.cz

SBĚR A ZPRACOVÁNÍ ŠIŠEK, SKLADOVÁNÍ, PŘEDOSEVNÍ PŘÍPRAVA A KVALITA SEMEN JEDLE BĚLOKORÉ (*ABIES ALBA*): LITERÁRNÍ REŠERŠE

CONE COLLECTION AND PROCESSING, STORING, PRE-SOWING TREATMENT AND QUALITY OF EUROPEAN SILVER FIR (*ABIES ALBA*) SEEDS: A LITERATURE REVIEW

JANA ŘEZNÍČKOVÁ - LENA BEZDĚČKOVÁ - ZDEŇKA PROCHÁZKOVÁ

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

ABSTRACT

This paper summarizes available information about cone collection, post collection handling, seed processing techniques, methods of stratification, and seed quality of European silver fir.

Klíčová slova: jedle bělokorá, semeno, dormance, stratifikace, pryskyřičný váček

Key words: European silver fir, seed, dormancy, stratification, resin vesicles

ÚVOD

Jedle bělokorá (*Abies alba* MILL.) byla s plošným podílem téměř 20 % nejrozšířenější jehličnatou dřevinou na území dnešní ČR (ZATLOUKAL 2001, MUSIL, HAMERNÍK 2007). Do první poloviny 80. let 20. století, díky plošnému kácení, holosečnému způsobu hospodaření, vlivu imisí, působení škodlivých činitelů a také díky nedostatečné přirozené obnově její stav drasticky poklesl (ZATLOUKAL 2001). V roce 2008 byla jedle evidována na 1 % z celkové plochy porostní půdy (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2008), což je výsledek několikaleté snahy o zvýšení zastoupení této původní dřeviny v ekosystému našich lesů. Jedle bělokorá díky vysoké schopnosti snášet zastínění (KANTOR 2001) je vhodná pro výsadbu do víceetážových a nestejnověkových porostů a naopak zcela nevhodná pro výsadbu na holiny (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Přirozeně se jedle vyskytuje ve smíšených lesích nejčastěji s bukem a tisem (ZATLOUKAL 2001), zatímco jedliny bez příměsí se nacházejí jen zřídka (MUSIL 2003). Na území ČR se jedle přirozeně vyskytuje v nadmořských výškách 300 – 1 000 m (od 2. do 7. LVS), na Šumavě, v Jeseníkách a v Beskydách vystupuje až do 1 200 – 1 250 m n. m. (ZATLOUKAL 2001). Optimální podmínky pro růst jedle jsou v nadmořské výšce 800 – 1 200 m s ročním úhrnem srážek 1 000 mm a více (MUSIL 2003). Jedle dosahuje stáří až 500 let, dorůstá výšky 55 – 60 m s průměrem kmene přes 2 m (ÚRADNÍČEK et al. 2001).

Ještě v 19. století se jedlové dřevo využívalo ve stavebnictví (trámy, šindele, dřevěné stavby) více než smrkové (MUSIL 2003), ale snížením zastoupení jedle ve 20. století vlivem odumírání způsobeným tracheomýkózami a korovnicí (JANKOVSKÝ 2005) klesl i její význam ve stavebnictví. V současnosti je trendem opětovné navrácení jedlového dřeva do stavebnictví především pro dobré technické vlastnosti, jako je odolnost vůči vlhku i trvale suchému prostředí (MUSIL 2003). Podobně jako další druhy rodu *Abies* (např. *A. grandis*, *A. concolor*, *A. pinsapo*) je i jedle bělokorá pěstována jako vánoční stromek.

Podle koncepce cílového zastoupení dřevin v lesích ČR by se měl v časovém horizontu 100 let zvýšit podíl jedle na 5 % (KANTOR 2001). Vzhledem k rozsahu poškození jedlových porostů a nízkému plošnému zastoupení (1 %) nelze takového cíle dosáhnout pouze přirozenou obnovou. Úspěšná umělá obnova je spojena s kvalitním osivem. Cílem této literární rešerše je shrnutí dostupných informací o jedli bělokoré se zaměřením na zpracování osiva od sběru až po výsev.

KVETENÍ A PLODIVOST

Jedle je jednodomá větrosnubná dřevina s různopohlavními květy, které jsou citlivé na mráz. Podle nadmořské výšky kvete od května do poloviny června, šišky podle průběhu počasí dozrávají koncem srpna a zejména během září (HLAVOVÁ 2001). Reprodukce jedle bělokoré je především generativní (semeny). Jedle neplodí každoročně, v nižších polohách bývají semenné roky ve dvouletých intervalech, ve vyšších a drsnějších polohách po 3 až 5 letech (HLAVOVÁ 1999, CHVÁLOVÁ 1999).

Podle přehledu zpracované semenné suroviny v LČR, s. p., Semenářském závodě Týniště nad Orlicí v letech 1987 až 2000 (HLAVOVÁ 2001) a výsledků zkoušek kvality v akreditované laboratoři Semenářská kontrola (VÚLHM, VS Uherské Hradiště) za roky 1997 až 2005 (PROCHÁZKOVÁ 2005, PROCHÁZKOVÁ, BEZDĚČKOVÁ 2006) byla velmi bohatá úroda (semenné roky) v letech 1997, 1998, 2001, 2003 a 2005, i když každoročně byly zaznamenány menší lokální úrody. Podobně na Slovensku jedle dobře plodila téměř každý druhý rok a období dobrých úrod střídaly roky se střední nebo slabou úrodou. Nejlepší sběrovou sezonou posledních let na Slovensku byl rok 2001 (SUŠKOVÁ, DEBNÁROVÁ 2009).

SBĚR A MANIPULACE SE ŠÍŠKAMI

Nevhodně zvolená doba sběru je jedním z důležitých faktorů, který může negativně ovlivnit kvalitu semen. Nejvyšší kvalitu mají semena bezprostředně po dosažení zralosti. Semena jedle je třeba sbírat v morfologické (tvrdé) zralosti, která časově předchází zralost fyziologickou, kdy jsou semena schopna klíčit. U jedle je doba od dosažení morfologické zralosti k opadu krátká, proto se provádí tzv. předčasné sběr a šišky se sbírají před plnou zralostí, kdy se ještě nerozpádají (GRADI 1963, LEADEM 1984, PALÁTOVÁ 2008). Šišky v tuto dobu obsahují mezi 70 – 50 % vody (GRADI 1963) a semeno 40 % vody (MESSER 1959). Toto velmi krátké období trvající přibližně dva až tři týdny nastává podle klimatických podmínek nejčastěji v září, šišky ale lze sbírat již od poloviny srpna a ve vyšších polohách ještě v říjnu (ALDHOUS 1975, HLAVOVÁ 1999, MUSIL 2003). Orientační termín sběru je od 15. září (ČSN 48 1211 2006). Zralost šišek a semen jedle se vedle zbarvení šupin posuzuje podle stupně zdřevnatění vřetene, velikosti embrya a obsahu vody v megagametofytu. Dozrávající šišky jsou většinou nazelenalé až namodralé barvy (MUSIL 2003). Začátek sběru jedlových šišek se doporučuje, když vřeteno vykazuje známky zdřevnatění po celé délce, embryo (zárodek) dosahuje minimálně 90 % délky embryonální (zárodečné) dutiny a megagametofyt podélně rozříznutých semen ponechaných přes noc volně v laboratorních podmínkách (cca 21 °C) zůstane pevný a nezmenší (nescvrkne) se (je minimálně ve stavu voskové zralosti) (EREMKO et al. 1989, PALÁTOVÁ 2008). Vhodnost sběru jedlových šišek vedle stupně zralosti se také posuzuje podle podílu plných semen. Protože jedlový pyl je relativně těžký, snižuje se s rostoucí vzdáleností jednotlivých stromů možnost opylení a zvyšuje se riziko samoosprášení spojené s tvorbou prázdných semen (EREMKO et al. 1989). EDWARDS (2001) uvádí jako faktor limitující produkci plných semen vzdálenost jednotlivých stromů přes 60 m. Šišky *Abies amabilis* se doporučují sbírat, pokud na polovině podélně rozříznuté šišky je minimálně 8 - 12 plných semen, pro *Abies grandis* se doporučuje sběr při počtu 12 - 14 plných semen na polovinu šišky (EREMKO et al. 1989). Doporučené počty plných semen pro šišky jedle bělokoré dostupná literatura neuvádí.

Sběr šišek jedle v našich podmínkách probíhá převážně ručně trháním ze stojících stromů, případně vytěžených stromů (KUPKA 2005). Dalším způsobem sběru je sestřelování šišek puškou ze země (EDWARDS 2001). Sběr s využitím helikoptéry, kdy jsou šišky strhávány pomocí závěsného koše, nebo jsou stříhány či řezány vrcholové části stromů (EREMKO et al. 1989, KOLOTELO 1997b, EDWARDS 2001), je využíván především v zahraničí (Kanada).

Sesbírané šišky mají vysoký obsah vody (40 - 46 %) (SUSZKA 1999), proto se nesmí dávat do neprodyšných (např. igelitových) obalů, kde by se mohly zapářit (HLAVOVÁ 2001). Vhodné jsou jutové pytle nebo přepravky. Pytle se plní pouze do tří čtvrtin a šišky se nesmí přehozovat, protože by mohlo dojít k mechanickému poškození semen (prasknutí pryskyřičných váčků). Po sběru se šišky co nejrychleji dopravují na místo zpracování. Zde se šišky v dobře větratelných prostorách, chráněných proti dešti, rozprostou ve vrstvě vysoké maximálně 25 cm a zpočátku denně, později obden přehazují, aby proschly (ALDHOUS 1975, HLAVOVÁ 2001). Skladovat šišky lze také po několik týdnů až měsíců v prodyšných pytlích, které jsou uskladněny na dobře větratelném místě chráněném před deštěm s teplotou do 10 °C (EDWARDS 1969 in EDWARDS 2001). Během prosychání dochází k posklizňovému dozrávání a šišky

se postupně rozpadají. Prosychání lze urychlit pomocí větráků nebo umístěním šišek na děrované rošty a vhnáním vzduchu zespodu (KOLOTELO 1997b, EDWARDS 2001, HLAVOVÁ 2001).

ZPRACOVÁNÍ SUROVINY - ODKŘÍDLENÍ A ČIŠTĚNÍ SEMEN

Technologické zpracování suroviny u celého rodu *Abies* naráží na problém pryskyřičných váčků (puchýřků). Při poškození těchto váčků dochází k slepování semen a nečistot, ale především nastávají fyziologické změny negativně ovlivňující klíčivost semen (KOLOTELO 1997b, EDWARDS 2001). Pryskyřičné váčky jsou známy u semen rodů *Abies*, *Cedrus*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Pseudolarix*, *Thuja* a *Tsuga* (FRANKIS 1988, KOLOTELO 1997a, KOLOTELO et al. 2001). Nacházejí se ve střední vrstvě mezi semenými obaly, kde jsou obklopeny epiteliálními buňkami (KOLOTELO 2005). Pryskyřice však prosakuje kanálky z pryskyřičných váčků i dovnitř megagametofytu. Počet váčků u semen různých druhů jedlí se pohybuje od 3 do 13, přičemž pro jedli bělokorou se uvádí u jednoho semene 5 až 7 váčků (KOLOTELO 1997a, EDWARDS 2001). Pryskyřice tvoří asi 20 % hmotnosti čerstvého semene jedle a obsahuje až z 90 % monoterpeny (ČERMÁK 1987, KOLOTELO 2005). Negativní vliv terpenů v pryskyřici na klíčivost semen jedle bělokoré prokázal už v 60. letech ZENTSCH (1960) - klíčivost nestratifikovaných semen jedle bělokoré se zvýšila po odstranění pryskyřice nízkoteplotní vakuovou destilací. Naopak GUNIA a SIMAK (1970 ex EDWARDS 2001) zaznamenali kontaminaci nepoškozených semen pryskyřicí z poškozených pryskyřičných váčků při zpracování čerstvých semen jedle bělokoré a snížení jejich klíčivosti.

Literatura uvádí několik teorií o možné roli pryskyřičných váčků. Terpeny obsažené v pryskyřici mohou inhibovat předčasné vyklíčení semen, která se začátkem podzimu po rozpadu šišek dostanou do podmínek vhodných pro klíčení (WALKENHORST 1984), chránit embryo před vysušením (KOLOTELO 1997a) nebo proti napadení semen herbivory či patogeny (FALDT 2003 ex KOLOTELO 2005). Podle EDWARDS (2001) pryskyřice v semeni jedle při styku s kyslíkem rychle oxiduje a stává se pro embryo toxickou. Působením nízkých teplot při předosevní přípravě dochází k chemické změně ve složení pryskyřice a k degradaci toxicky působících látek (GUNIA, SIMAK 1970 ex EDWARDS 2001), což podporuje tezi o inhibičním působení pryskyřice. Chemické složení pryskyřice se u různých druhů liší a může tak sloužit jako genetický marker pro určování druhů; studium monoterpenů na biochemické úrovni genetické regulace přináší také nové poznatky o funkci pryskyřice u konifer (HANOVER 1992).

Semena s porušenými pryskyřičnými váčky lze poznat podle výrazné vůně, lepivého nebo „zasmoleného“ povrchu, šedavého zbarvení semen nebo podle matného a vyhlazeného vzhledu semen (KOLOTELO et al. 2001).

Při zpracování (luštění, odkřídlování a čištění) osiva jedle bělokoré vyvstávají dva hlavní problémy: poškození pryskyřičných váčků a vysoký podíl neproduktivních prázdných semen. Aby se zabránilo poškození pryskyřičných váčků, nedoporučuje se semena ze samovolně rozpadlých šišek zpracovávat na odkřídlovačce (GORDON 1992). Semena lze zbavit křídel opatrným drcením přes síta, na kterých se poté ještě jednou přečistí a odstraní se i zbylé drobné nečistoty (DRAHNÝ 2008). Šetrnějším způsobem odstraně-

ní křidel a nečistot je plavení, kdy se semena přes síta promývají vodou (SOCHOR 2009, ústní sdělení). Hrubé nečistoty, šupiny i jemný prach lze odstranit separačním vibračním zařízením (KOLOTELO 1997b) nebo pomocí „míchačky“, ve které se semena zalijí vodou a po promíchávání se nečistoty (pryskyřice) usazují na dně bubny míchačky (KOLOTELO 1997b, SOCHOR 2009, ústní sdělení). Semenná surovina jedle bělokore obsahuje až 60 % prázdných semen (HLAVOVÁ 1999). Separace těchto neproduktivních semen je obtížná, jelikož hmotnost semene je dána především obsahem pryskyřice, jež se nachází i v semeni plném. Odstranění prázdných semen používanou technikou je problematické.

Vliv technologického zpracování suroviny na klíčivost semen jedle bělokore je proto jedním z dalších cílů výzkumu.

SKLADOVÁNÍ

Podle schopnosti snášet snížení obsahu vody dělíme semena na ortodoxní a rekalcitrantní. Rekalcitrantní semena nesnižují v průběhu zrání ani po dosažení morfologické zralosti obsah vody pod určitou, relativně vysokou hranici. Díky vysokému obsahu vody (30 - 50 %) nesnášejí tato semena nízké teploty a nelze je dlouhodobě skladovat. Naopak ortodoxní semena přirozeně vysychají již na mateřském stromě a i po sběru je lze dále vysoušet (na 5 - 10 %). Mohou se tedy dlouhodobě skladovat při nízkých teplotách. Semena jedle se řadí do skupiny tzv. subortodoxních semen, protože podobně jako ortodoxní semena snášejí snížení obsahu vody i mírné mrazové teploty (PALÁTOVÁ 2008).

První zmínky o skladování semen jedle bělokore nacházíme v knize od LENHARTA (1793), kde se dovídáme, „...jak (semeno) přes zimu zachovati se může? Toho se dosáhne, když se semeno čisté v suchém místě do nějakého fišláku neb na prkennou podlahu vysypává a přes zimu začasť se přehodí, aby vždy čerstvého povětří okusilo“.

V závislosti na plánované době výsevu semene rozeznáváme krátkodobé a dlouhodobé skladování. Osivo jedle lze vysévat následující jaro po sklizni či za více let po sběru (HLAVOVÁ 1999). U obou uvedených způsobů se liší obsah vody semen, teplota skladování a obaly, ve kterých je semeno uskladněno. Po vyluštění má semeno jedle obsah vody asi 20 % (PALÁTOVÁ 2008). Pro krátkodobé skladování (výsev následující jaro po sběru) se doporučuje semena s 13 - 18% vlhkostí skladovat v uzavřených nádobách (plechovkách, plastických sáčcích apod.) při 0 - 5 °C (HLAVOVÁ 1999, PALÁTOVÁ 2008). Krátkodobě lze skladovat při 0 - 5 °C i semeno promíchané s navlhčeným pískem, dříve se dokonce osivo ponechávalo do následujícího jara nepročištěné (ANČÁK 1972). LÖFFER (1985) uvádí i možnost krátkodobého skladování jedlových semen s obsahem vody 20 - 25 % při 10 - 15 °C. Naopak podle GUNIA (1957) ponechání osiva jedle bělokore při 10 - 20 °C končí po roce skladování téměř úplnou ztrátou klíčivosti.

Rozsah podmínek pro dlouhodobé skladování semen jedle (vlhkost semen a teplota) se podle různých autorů liší. Doporučený obsah vody se pohybuje mezi 5 - 13 % a teplota mezi -3 až -20 °C (GUNIA 1957, ROHMEDEK 1972, ANČÁK 1972, ALDHOUS 1975, LÖFFER 1985, SUSZKA 1999, PALÁTOVÁ 2008). Obecně nižší teploty a obsah vody umožňují lépe uchovat životnost semen, která ale musí být skladována v neprodyšných obalech (ve skleněných nádobách, plechovkách, zatavených plastových pytlích apod.). Např. ROHMEDEK (1972) doporučuje po dobu 3 let skladovat jedli

s obsahem vody 12 - 13 % při -4 až -15 °C, pro delší skladování by semena měla mít vlhkost 7 - 9 %. MACHANÍČEK (1985) uvádí pokles životnosti semen jedle skladovaných při -10 °C ve vzduchotěsně uzavřených nádobách po dvou letech o 25 - 30 % a po třetím roce skladování asi o 45 %.

Vysoušení semen pro krátkodobé i dlouhodobé skladování probíhá při 18 - 23 °C (LÖFFER 1985, HLAVOVÁ 1999, BEDNAREK 2001). V polské genové bance se semena s obsahem vody 15 % vysoušejí při relativní vzdušné vlhkosti 30 % a teplotě 23 °C přibližně 20 hodin, potom se semena (7 - 10 % vody) balí do neprodyšných obalů a asi po 24 hodinách při 3 °C se uskladní při -10 °C (BEDNAREK 2001).

PŘEDOSEVNÍ PŘÍPRAVA

Semena všech druhů jedlí se vyznačují fyziologickou dormancí (KOLOTELO 1997a, EDWARDS 2001, BLACK et al. 2006), která je způsobena přítomností nativních inhibitorů v embryu nebo megagametofytu, kde blokují aktivitu enzymů podmiňujících klíčení semen (BASKIN, BASKIN 2001). Pro překonání fyziologické dormance se semena jedle vystavují nízkým teplotám, při kterých dochází k odbourávání inhibitorů (např. ABA) (BARTHE et al. 2000). Způsob předosevní přípravy za účelem překonání klíčivého klidu vyvolaného např. přítomností inhibitorů v semeni se nazývá stratifikace a u semen jedle se provádí buď „klasicky“, kdy se osivo vrství s vlhkým stratifikačním médiem, nebo bez média (Lesnický naučný slovník 1995, SUSZKA 2000, BLACK et al. 2006). U krátkodobě skladovaných semen jedle se doporučuje stratifikace jeden měsíc před výsevem při teplotách 1 - 5 °C, u dlouhodobě skladovaného osiva by měla být délka stratifikace prodloužena na dva měsíce (HLAVOVÁ 2001). Před zahájením stratifikace se u dlouhodobě skladovaných semen jedli postupně obsah vody zvýší z 10 % až na 32 % (CHVÁLOVÁ 1999, HLAVOVÁ 2001). V LČR, s. p., Semenařském závodě v Týništi nad Orlicí jsou semena jedle nejdříve máčena při teplotě 2 - 5 °C po dobu 48 hodin. Celý proces předosevní přípravy zde probíhá v polyetylenových obalech, které jsou pootevřené a zespod prodávavělé, aby mohla vytéct přebytečná voda. Semeno nesmí po dobu stratifikace vyschnout (HLAVOVÁ 2001). Případnému předčasnému klíčení během stratifikace, ke kterému dochází zejména při prodloužení předosevní přípravy (GRADI 1963), lze zamezit mírným snížením teploty (FINCH-SAVAGE 1998, CAFOUREK 1999, HLAVOVÁ 2001). Stratifikace je vedle překonání klíčivého klidu také prostředkem pro urychlení klíčení a vzházivosti a zajišťuje větší uniformitu vzházení (CAFOUREK 1999), navíc jsou semena schopna klíčit ve větším teplotním rozmezí (SUSZKA 2000).

Dalším možným způsobem předosevní přípravy semen jedle je tzv. stratifikace-redry, vypracovaná EDWARDSEM (2001). Během „rutinní“ stratifikace bez média se semena máčejí 24 až 48 hodin při pokojové teplotě, potom se slijí voda a plně hydratovaná semena (obsah vody 45 % nebo i více) se inkubují při 2 °C po 4 až 8 týdnů. Principem stratifikace-redry je dvoufázová předosevní příprava. Nejdříve se 4 týdny stratifikují semena plně hydratovaná (viz výše), poté se při pokojové teplotě sníží obsah vody semen na 30 - 35 % a semena se dále stratifikují další 4 až 12 týdnů. Tato metoda se používá v Kanadě při předosevní přípravě semen severoamerických jedlí, např. u *Abies amabilis* a *A. grandis*. Předností stratifikace-redry je možnost skladování nedormantních semen s obsahem vody sníženým na 25 %, snížení růstu hub a zvýšení

Abies procera – 35 %). POPNIKOLA (1979) prokázala pozitivní korelaci mezi hmotností a klíčivostí semen jedle bělokore, i když klíčivost opět dosahovala nízkých hodnot (34 – 46 %).

SHRNUTÍ

Předložená práce přináší souhrn poznatků pro sběr, skladování, předosevní přípravu a hodnocení kvality semen jedle bělokore a měla by sloužit jako praktické vodítko při zpracování a předosevní přípravě těchto semen tak, aby se dosáhlo jejich maximální výtěžnosti. I nadále však v této oblasti zůstávají nedořešené problémy, jako např. odstranění vysokého podílu prázdných semen při zpracování semenné suroviny či poškození pryskyřičných váčků a jejich vliv na klíčivost semen, což by mělo být předmětem budoucího výzkumu.

Poděkování:

Literární rešerše vznikla v rámci výzkumného projektu MZE 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“. Poděkování patří recenzentům za cenné připomínky.

LITERATURA

- ALDHOUS J. R. 1975. Nursery practice. Forestry Commission Bulletin, London. ISBN: 01171013643.
- ANČÁK J. 1972. Biológia a uskladňovanie semien lesných drevín. Bratislava, Slovenská akadémia vied: 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.
- BASKIN C. C., BASKIN J. M. 2001. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press: 666 s. ISBN 0-12-080263-5.
- BEDNAREK T. 2001. Przechowywanie nasion jodły pospolitej w LBG. In: Od badań do wdrożeń w zakresie fizjologii i genetyki nasion drzew leśnych. Sborník z mezinárodní konference, Puszczykowo, 26 - 28. 9. 2001.
- BLACK M., BEWLEY J. D., HALMER, P. 2006. The encyclopedia of seeds: science, technology and uses. CAB International: 828 s. ISBN-10: 0-85199-723-6.
- CAFouREK J. 1999. Zkušenosti s dlouhodobě skladovaným osivem buku lesního a jedle bělokore ve školkách Budišov. In: Pěstování sadebního materiálu z dlouhodobě skladovaného osiva buku a jedle. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí, 17. 6. 1999, Hradec Králové: 25-26.
- ČERMÁK J. 1987. Monoterpene hydrocarbon contents of resin from seeds of silver fir (*Abies alba* MILL.). Trees, Springer-Verlag, 1: 94-101
- ČSN 48 1211 Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. 2006. Praha, Český normalizační institut: 56 s.
- EREMKO R. D., EDWARDS D. G. W., WALLINGER D. 1989. A guide to collection cones of British Columbia conifers. Canada, BC, FRDA Report 055: 114 s.
- FINCH-SAVAGE W. E. 1998. Farm Woodland Tree Seeds. Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, UK: 24 s.
- FRANKIS M. P. 1988. Generic inter-relationships in *Pinaceae*. Notes Royal Botanical Garden Edinburgh, 45/3: 527-548.
- GORDON A. G. 1992. The processing of cones and seeds. In: Gordon A. G. (ed.): Seed Manual for forest trees. Forestry Commission. Bulletin, 83: 86-97.
- GRADI A. 1963. La conoscenza del contenuto d acqua degli strobili a dei semi fattore determinante per una razionale preparazione delle sementi di confere a per la loro conservazione. Monti a Bosch, 14/5: 195-208.
- GUNIA S. 1957. Przechowywanie nasion jodły przez okres kilkuletni. Las polski, 8: 19-20.
- HANOVER J. W. 1992. Applications of terpene analysis in forest genetics. New Forest, 6: 159-178.
- HLAVOVÁ Z. 1999. Technologie skladování a předosevní přípravy pro jedli bělokore a buk lesní, používané v lesnickém závodě Týniště nad Orlicí. In: Pěstování sadebního materiálu z dlouhodobě skladovaného osiva buku a jedle. Hradec Králové 1999, 60 s.
- HLAVOVÁ Z. 2001. Skladování a předosevní příprava jedle bělokore v LČR Semenářském závodě Týniště nad Orlicí. In: Pěstování a umělá obnova jedle bělokore. Sborník referátů z celostátního semináře, 28. 8. 2001. Chudobín u Litovle, ČLS: 37-39.
- CHVÁLOVÁ K. 1999. Skúsenosti so spracovaním, skladovaním a predsejbovou prípravou buka a jedle na Slovensku. In: Pěstování sadebního materiálu z dlouhodobě skladovaného osiva buku a jedle. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí, 17. 6. 1999, Hradec Králové: 27-31.
- ISTA. 2009. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf.
- JANKOVSKÝ L. 2005. Chřadnutí a choroby jedle bělokore (*Abies alba* MILL.). In: Neuhöferová P. (ed.): Jedle bělokora. Sborník referátů. 31. 10. - 1. 11. 2005, Srní: 43-48.
- KANTOR P. 2001. Obnova jedle bělokore. In: Pěstování a umělá obnova jedle bělokore. Sborník referátů z celostátního semináře, 28. 8. 2001. Chudobín u Litovle, ČLS: 5-13.
- KOLÁŘOVÁ P. 2003. Překonávání dormance semen jedle bělokore (*Abies alba* MILL.) za kontrolovaného obsahu vody a ověření alternativní metody zjišťování životnosti semen. Brno, MZLU: 49 s.
- KOLOTELO D. 1997a. *Abies* Seed problems. Nursery Association of British Columbia Proceedings, 12 s.
- KOLOTELO D. 1997b. Anatomy and morphology of conifer tree seed. Forest nursery technical series, 61 s.
- KOLOTELO D., VAN STEENIS E., PETERSON M., BENNET R., TROTTER D., DENNIS J. 2001. Seed Handling Guidebook. Canada, BC, Ministry of Forests, Tree Improvement Branch: 106 s.
- KOLOTELO D. 2005. Resin vesicles in conifer seeds. Tree Seed Working Group Newsbulletin, 42: 4 s.
- KUPKA I. 2005. Základy pěstování lesa. Praha, Česká zemědělská univerzita: 174 s.
- LEADEM C. L. 1984. Quick tests for tree seed viability. Canada, BC Ministry of Forests, Research Branch, Land Management report no. 18: 45 s.

- LENHART V. E. 1793. Zkušená naučení k velmi potřebnému již za našich časů osetí lesův, ku kterémuž ještě jiná velmi užitečná naučení o povinnostech myslivce lesův dle zkušenosti dokonale hledícího přidána jsou. Praha, Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-1026-X.
- Lesnický naučný slovník. 1995. II. díl P-Ž. Praha, MZe: 683 s. ISBN 80-7084-131-1.
- LÖFFER J. 1985. Stand und Möglichkeiten der Lagerung forstlichen Saatgutes nach europäischen Erfahrungen. Allgemeine Forstzeitschrift, 24: 611-615.
- MACHANIČEK J. 1985. Dlouhodobé skladování buku, dubu a jedle. Práce VÚLHM, 66: 103-135.
- MACHANIČEK J., PRUDIČ Z. 1989. Rozbor základních parametrů jakosti lesního osiva borovice a jedle v ČR v období 1961 - 1985. Práce VÚLHM, 74:89-125.
- MESSER H., HANAU W. 1959. Der Wassergehalt des Forstsaatgutes als Grundlage der Ernte-, Veredelungs- und Aufbewahrungsmassnahmen. Forst und Holzwirt, 9: 226-229.
- MUSIL I. 2003. Lesnická dendrologie I. Jehličnaté dřeviny. Praha, ČZU: 177 s. ISBN 80-213-0992-X.
- MUSIL I., HAMERNÍK J. 2007. Jehličnaté dřeviny. Přehled nahosemenných i výtrusných dřevin. Lesnická dendrologie 1. Praha, Academia: 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9.
- NIJENSTEIN H., NUDÁM J., DON R., MCGILL C. 2007. ISTA Handbook on Moisture Determination. International Seed Testing Association, Switzerland, 1: 248 s.
- PALÁTOVÁ E. 2008. Zakládání lesa I. Lesní semenářství. Brno, MZLU: 119 s.
- POPNIKOLA N. 1979. Morfoložke karakteristike i variabilnost semena jele (*Abies alba* MILL.) u prirodnim populacijama SR Makedonie. Šumarstvo: 55 s.
- PROCHÁZKOVÁ Z. 2001. Kvalita semene jedle bělokoré z úrod 1944 až 2000. In: Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré. Sborník referátů z celostátního semináře, 28. 8. 2001. Chudobín u Litovle, ČLS: 40-47.
- PROCHÁZKOVÁ Z. 2005. Kvalita semene jedle bělokoré. In: Neuhöferová, P. (ed.): Jedle bělokorá. Sborník referátů. 31. 10. - 1. 11. 2005, Srní: 119-124.
- PROCHÁZKOVÁ Z., BEZDĚČKOVÁ L. 2006. Kvalita semene jedle bělokoré a modřínu opadavého v letech 1995 - 2006. In: Sarvaš M., Sušková M., (eds.): Aktuálne problémy lesného školkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2006. Zborník referátov z medzinárodného seminára, Liptovský Mikuláš 22. - 23. 3. 2006, 155 s. NLC SKLRM: 56-64.
- ROHMEDER E. 1972. Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey: 273 s. ISBN 3 490 06916 1.
- SUSZKA B. 1999. Problemy przechowania nasion jodły pospolitej. In: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie, 339: 171-179.
- SUSZKA B. 2000. Nowe technologie i techniki w nasiennictwie lesnym. Warszawa. 269 s. ISBN 83-88163-14-0.
- SUŠKOVÁ M., DEBNÁROVÁ G. 2009. Produkcia a kvalita lesného reprodukčného materiálu v Slovenskej republike. In: Aktuálna problematika lesného školkařtví v r. 2009. Sborník referátů, 23. - 24. 12. 2009, Měřín: 57-63 s.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., KOLIBÁČOVÁ S., KOBLÍZEK J., ŠEFL J. 2001. Dřeviny České republiky. Pro MZLU v Brně. Písek, Matice Lesnická, spol. s r. o.: 333 s.
- WALKENHORST R. 1984. Die Saatgut-Vorbehandlung. Allgemeine Forstzeitschrift, 36: 890-893.
- ZALESKI A. 2000. Zasady i metodyka oceny nasion w Lasach Panstwowych. Warszawa, Centrum informacyjne lasow panstwowych: 174 s. ISBN 83-88478-14-1.
- ZATLOUKAL V. 2001. Možnosti pěstování jedle s ohledem na její ekologické nároky a přirozené rozšíření. In: Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré. Sborník referátů z celostátního semináře, 28. 8. 2001. Chudobín u Litovle, ČLS: 18-27.
- ZENTSCH W. 1960. Untersuchungen zur Erhöhung des Keimbzfl. Pflanzeprozentes bei der Tanne (*Abies pectinata*). Dipl.-Forsting. Tharandt, Forstbotanischer Institut, 1: 36-38.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2008. 2008. Praha, MZe ČR: 132 s. ISBN 978-80-7084-861-6.

Internetové zdroje

- DRAHNÝ R. Sezóna luštění šišek je v plném proudu [online]. 2008 [cit. 10. června 2009]. <<http://www.lesnictvi.cz/clanky/clanek.php?SESID=8ad49f4b36100>>
- EDWARDS D. G. W. *Abies P.* MILL. [online]. 2001 [cit. 16. června 2009]. <<http://www.nsl.fs.fed.us/wpsm/Abies.pdf>> .
- KARFALT R. P. Seed testing [online]. 2005 [cit. 23. září 2009]. <<http://www.nsl.fs.fed.us/wpsm/Chapter5.pdf>>

CONE COLLECTION AND PROCESSING, STORING, PRE-SOWING TREATMENT AND QUALITY OF EUROPEAN SILVER FIR (*ABIES ALBA*) SEEDS: A LITERATURE REVIEW

SUMMARY

The literature review gives information about cone collection and post-collection handling, storage, pre-sowing treatment and the quality of European silver fir (*Abies alba*) seeds. European silver fir is an important component in forest renewal in the Czech Republic. Cone crops occur every 2 - 5 years. The cones are usually hand-picked from trees before their full maturation, most often in September. Seed coat contains resin vesicles. The presence of resin has been linked to the inhibition of precocious germination, that is, the resin promotes dormancy of mature fir seeds at the time of seed fall.

A temperature of 0 - 5 °C is generally recommended for storing European silver fir seeds with 13 - 18% moisture content for up to 1 year. For long-term storage the recommended temperature is from -3 to -20 °C, but the moisture content of the seeds must be reduced to 7 - 9%.

Seeds of all species of fir have a physiological dormancy. Dormancy in European silver fir is attributable to chemical inhibitors and apparently also to resin vesicles in the seed coat. The dormancy of intact seeds can be broken by cold stratification. Before the stratification the fir seeds should be pre-soaked in water for 48 hours at 2 - 5 °C until their moisture content reaches 32 %. Then the short-term stored fir seeds should be stratified at 1 - 5 °C for 1 month before sowing while long-term stored seeds should be kept at the same temperature for 2 months. Another method for breaking dormancy in fir seeds is the stratification-redry procedure. This method overcomes a wide range of dormancy levels by controlling seed moisture content during an extended chilling period.

Evaluation of quality in fir seeds includes test of purity, viability and/or germination, moisture content and 1,000 seeds weight.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Mgr. Jana Řezníčková, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice
Na Záhonech 601. 686 04 Kunovice, Česká republika
tel.: 572 420 919; e-mail: reznickova@vulhmuh.cz

SROVNÁNÍ PRODUKCE POROSTU DOUGLASKY TISOLISTÉ (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) S POROSTEM SMRKU ZTEPILÉHO (*Picea abies* L. KARST.) A STANOVISHTNĚ PŮVODNÍM SMÍŠENÝM POROSTEM STŘEDNÍHO VĚKU NA ÚZEMÍ ŠLP V KOSTELCI NAD ČERNÝMI LESY

COMPARISON OF PRODUCTION OF *Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco STAND WITH *Picea abies* L. KARST. STAND AND ORIGINAL MIXED BROADLEAVED STAND OF MIDDLE AGE IN THE TERRITORY OF SCHOOL TRAINING ENTERPRISE KOSTELEK NAD ČERNÝMI LESY

PAVEL TAUCHMAN - VLASTIMIL HART - JIŘÍ REMEŠ

ČZU, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Praha

ABSTRACT

This study compares growth and production of a Douglas fir (*Pseudotsuga menziessi* /MIRBEL/Franco) stand with a Norway spruce (*Picea abies* L. KARST.) stand and with a mixed broadleaved forest dominated by oak and hornbeam. These stands at the middle age occur within the area of the training forest enterprise Kostelec nad Černými lesy. The average altitude of the stands is 420 m above sea level. The annual precipitation totals 600 to 700 mm. The annual mean temperature varies from 7,5 °C to 8,5 °C. Site was classified as acidic beech-with-oak forest (3K3). The age of the Douglas fir stand was 41 years at the time of the monitoring. The other two stands were at the age of 63 years. The main mensurational variables ($d_{1,3}$, h , G , V , ρ , current increment, average increment) were investigated to compare a production capacity of the stands. The growing stock of particular stands reached 646 m³.ha⁻¹ in the Douglas fir stand, 547 m³.ha⁻¹ in the Norway spruce stand and 274 m³.ha⁻¹ in the mixed broadleaved forest. The mean annual volume increment of the main stand numbered 13.7 m³ in the Douglas fir stand, 8.7 m³ in the Norway spruce stand and 4.4 m³ in the mixed broadleaved stand. The comparison of the results shows a predominance of the Douglas fir production capacity in comparison with stands of indigenous species. These results are also confirmed statistically.

Klíčová slova: introdukované dřeviny, douglaska tisolistá, smrk ztepilý, listnaté porosty, produkční potenciál, produkce

Key words: introduced tree species, Douglas fir, Norway spruce, broadleaved stands, production capacity, productivity

ÚVOD

Ve střední Evropě se vyskytuje omezený počet druhů lesních dřevin. Jednou z příčin byla migrace a extinkce druhů při střídání dob ledových a meziledových. Dalším faktorem ovlivňujícím biodiverzitu byl vliv člověka, který svou činností při intenzivním lesním hospodaření výrazně změnil podíl dřevin zastoupených v původních lesních ekosystémech. Výsledkem je značně změněná druhová i prostorová struktura lesních porostů, která se projevuje i sníženou statickou a ekologickou stabilitou.

Ekosystém je zpravidla tím stabilnější, čím je větší jeho druhová diverzita, což se dá převést z většího měřítka i na lesní ekosystémy, jakožto heterogenní prostředí v prostoru i čase. Je možno očekávat, že zvýšená diverzita lesních porostů se promítne i do jejich vyšší stability, statické i ekologické. Proto se nabízí myšlenka částečného využití introdukovaných dřevin.

Dosavadní zkušenosti jednoznačně potvrzují, že douglaska tisolistá patří mezi dřeviny s největšími produkčními předpoklady. Její mimořádný produkční potenciál dokládají nejen domácí (HOFMAN 1964, KANTOR et al. 2002, KANTOR, KOTLAN 2006, KANTOR 2008, REMEŠ 2002, WOLF 1998a, b), ale zahraniční autoři (BURGBACHER, GREVE 1996, GREGUŠ 1996, HUSS 1996, PONETTE et al. 2001). Velkou pozornost budí zejména údaje o vysoké porostní zásobě, produkci a výjimečných hodnotách taxačních ukazatelů. V současnosti roste

douglaska v našich lesích na ploše 4 808,5 ha, což představuje přibližně 0,2 % lesní půdy. Převládající jsou přitom výsadby prvních čtyř věkových stupňů (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2006). Navíc lze u této dřeviny předpokládat příznivé účinky na stav lesních půd (PODRÁZSKÝ 1998, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005).

Introdukce na Školním lesním podniku v Kostelci nad Černými lesy má dlouholetou tradici a je velmi silně spojena s obdobím lich-tensteinského velkostatku. Na výměře 6 734 ha lesní půdy se douglaska tisolistá nachází v 98 porostech, ve kterých je zastoupena od 5 % do 100 %. Redukovaná plocha, na které se douglaska nachází, je 14,56 ha, což představuje 0,22 % celkové výměry lesních porostů ve správě Školního lesního podniku.

Skutečnost, že v růstu a produkci se douglasce nevyrovná žádná domácí dřevina, kterou popisuje celá řada autorů (ŠIKA, VINŠ 1978, KANTOR et al. 2002, REMEŠ, HART 2004, BUŠINA 2006, HART 2006, KANTOR 2008), se stala také podnětem k publikaci výsledků získaných ze šetření v porostech na území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy. Cílem tohoto příspěvku je tedy posoudit produkci douglasky tisolisté v porostní skupině 118B4b, na polesí Kostelec nad Černými lesy ŠLP v Kostelci nad Černými lesy na základě porovnání se sousedními sériemi porostů na trvalých výzkumných plochách (118B6c smrk a 118B6d smíšený listnatý porost).

PŘEHLED PROBLEMATIKY

Již první pokusy s americkými dřevinami, které v Evropě začaly v druhé polovině 19. století, ukázaly, že pobřežní provenience douglasky mohou svou produkcí překonat domácí borovici lesní a smrk ztepilý (HERMANN, LAVENDER 1999). Jeden z prvních autorů (HOFMAN 1964), který se u nás touto dřevinou zabýval, uvádí, že z našich domácích dřevin ani jediná růstem a produkcí nepředčí douglasku (dokládá o 50 % vyšší produkci dřevní hmoty douglasky ve srovnání se smrkem ztepilým). Jako výjimku, za působení zvláštních stanovištních podmínek a při určitých pěstebních postupech, nicméně uvádí rychlejší růst smrku ztepilého, modřínu opadavého, borovice lesní a dokonce i buku lesního.

Srovnání růstu douglasky tisolisté a smrku ztepilého na různých stanovištích provedli také ŠIKA a VINŠ (1978). Mimo jiné zjistili, že výška vzorníků smrku ztepilého byla výrazně nižší než horní výška vzorníků douglasky. Rozdíly byly podle stanoviště následující: kyselá stanoviště (K, N) o 7 m, svěží stanoviště (S) o 6 m, živná stanoviště (B, H, D) o 5 m a stanoviště oglejená (O) dokonce o 8 m, obě dřeviny byly studovány ve věku 80 let. KANTOR (2008), který porovnával 10 nejobjemnějších jedinců douglasky, smrku ztepilého a modřínu opadavého v 89letém porostu na živném stanovišti, zjistil výškovou převahu douglasky nad smrkem ztepilým o 7,2 m a nad modřínem opadavým dokonce o 8,5 m.

REMEŠ et al. (2006) uvádějí, že produkční převaha douglasky nad smrkem ztepilým v porostní směsi v 97letém porostu je zřejmá. Při 30% podílu douglasky na počtu stromů dosáhla tato dřevina 53,5% podílu na výčetní základně a 58,3% podílu na objemu porostu.

Další studie doložila, že v objemové produkci ve sto letech předstihuje douglaska tisolistá smrk ztepilý o více jak 30 % a borovici lesní o téměř 100 % (CAFUREK 2006).

Velmi důležité je i srovnání s jedlí bělokorou. Tato dřevina je totiž nejvíce pěstována ve výškovém stupni, který nejlépe odpovídá i douglasce. Německé prameny uvádějí, že douglaska je asi o 50 % produktivnější než jedle bělokora (HOFMAN 1964).

Produkční převahu douglasky oproti jedli bělokoré potvrzují i výsledky ze Slovenska, kde byly v roce 1960 porovnávány některé konkrétní porosty v oblasti Slovenského středohoří. Douglaska zde dosahovala porostní zásoby 803 m³ v 55 letech, čemuž odpovídá porostní zásoba jedle bělokoré ve věku 80 let. Z toho je patrný velký náskok v produkci douglasky i nad jedlí bělokorou (HOFMAN 1964).

Výzkum v Nizozemí ukazuje, že smíšený porost douglasky a buku lesního ovlivňuje růst obou dřevin. Douglaska překročila očekávanou hodnotu kruhové základny ve směsi a buk lesní vykázal obecně menší výnos, než kdyby rostl v monokultuře (BARTELINK 2000).

Většina autorů se shoduje na tom, že douglaska tisolistá patří k vysoce produktivním dřevinám a svým produkčním potenciálem především za vhodných stanovištních podmínek výrazně předčí naše původní listnaté i jehličnaté dřeviny (ŠIKA, VINŠ 1978, KANTOR et al. 2002, BUŠINA 2006, KANTOR 2008).

Všechna uvedená srovnání tedy vyznívají ve prospěch růstových a produkčních schopností douglasky. Z ekonomického hlediska je tedy pro introdukci velmi vhodná.

METODIKA

Oblast výzkumu

Území ŠLP leží ve vzdálenosti 25 - 50 km jihovýchodně od Prahy. Nadmořská výška tohoto území kolísá od 210 do 528 m. Klimatické poměry jsou charakterizovány průměrnou roční teplotou 8,14 °C, průměrným ročním úhrnem srážek 662,6 mm a průměrnou délkou vegetační doby 150 - 160 dní (semihumidní klima, Langův deštný faktor 80 - 90).

Výzkumné plochy

Předmětem příspěvku je porovnání výzkumné plochy s douglaskou tisolistou se dvěma výzkumnými plochami se zastoupením domácích dřevin. Všechny tři zkusné plochy v porostech 118B4b, 118B6c a 118B6d patří k polesí Kostelec. Stáří porostu smrku a smíšeného porostu bylo podle LHP 63 let a porostu douglasky 47 let. Sledované porosty spolu sousedí, což je výhodné z hlediska vypočítání hodnoty porovnávání dat. Při vlastním zkoumání jednotlivých ploch byla snaha vyloučit jedince ovlivněné okrajovým efektem ploch, čemuž musela být podřízena i jejich velikost. Plochy náleží k HS 442 a jsou na mírném kontinuálním severozápadním svahu. Lesní typ zde byl určen jako 3K3. Porostní skupina 118B4b je čistou douglaskovou monokulturou. Ve skupině 118 B6c má téměř stoprocentní zastoupení smrk a porost 118B6d je smíšenou skupinou dubu a habru s příměsí dalších dřevin. Zkoumané porosty se nachází asi 2 km severně od Kostelce nad Černými lesy. Nadmořská výška území je přibližně 420 m.

Terénní měření

Měření na jednotlivých TVP bylo provedeno po třech letech. U všech očíslovaných stromů na výzkumných plochách byly měřeny tloušťky pomocí obvodového diametru s přesností na 1 mm. Měření bylo prováděno v místě vyznačeného měřistě ve výšce 1,3 m nad zemí. Dále byly u všech porostů změřeny výšky všech jedinců a výšky nasazení zelené koruny. Výšky byly zjišťovány s přesností 0,1 m pomocí dvou výškoměrů VERTEX.

Zpracování výsledků měření

Střední tloušťka porostu byla zjištěna z průměrné výčetní kruhové základny porostu. Pro zjištěnou průměrnou výčetní kruhovou základnu byla v taxačních tabulkách (ÚHÚL a VÚLHM 1990) odečtena příslušná výčetní tloušťka. U smíšených porostů byla tato hodnota pro hlavní dřeviny v porostu stanovena jednotlivě měřením.

Střední výška porostu byla odvozena na základě zjištěné střední tloušťky porostu tak, že byla odečtena z vytvořeného výškového grafikonu pro danou dřevinu. U smíšených porostů byla tato hodnota pro hlavní dřeviny v porostu stanovena jednotlivě měřením.

Zásoba porostu je součtem objemů jednotlivých stromů zjištěných pomocí objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) pro jednotlivé dřeviny, které jsou programovány v jazyku Basic. Vzorce obsahují jednotlivé koeficienty pro přesné určení objemu stromu a pro potřebu výpočtů tohoto článku byly aplikovány do programu Microsoft Office Excel 2003.

Průměrný roční objemový přírůstek věkový (dále jen „PROPV“) je pro sdružený porost vypočítán jako podíl hektarové zásoby porostu a stáří porostu.

Průměrný periodický objemový přírůst dále jen („PPOP“) byl stanoven jako průměrná hodnota běžného objemového připadající na jedno vegetační období v tříletém intervalu mezi jednotlivými měřeními.

Celková výčetní kruhová základna porostu byla vypočtena jako součet všech kruhových základů dřevin v porostu.

Zakmenění je vyjádřeno jako desetinasobek podílu redukované plochy dřeviny ku skutečné ploše, nebo podílem skutečné výčetní kruhové základny na hektar ku tabulkové hodnotě.

Zastoupení je procentický podíl, který zaujímá redukováná plocha dřeviny na celkové redukované ploše. Redukovanou plochou se rozumí plocha s tabulkovým zakmeněním 1.

Statisticky byly hodnoceny rozdíly ve výčetní tloušťce, výšce, objemu a průměrném periodickém objemovém přírůstu jednotlivých dřevin. Použita byla analýza rozptylu při hladině významnosti 95 %. Výpočty byly provedeny za použití statistického softwaru S-PLUS. Statisticky významné rozdíly jsou znázorněny pomocí indexů.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Douglaska (porost 118B4b) – období 2009

Trvalá zkusná plocha má obdélníkový tvar o rozloze 2 176 m². Orientována je v mírném severozápadním svahu. Je zde celkem 102 stromů, čemuž odpovídá 469 stromů na hektar, 100% podíl zde má douglaska tisolistá. Tento porost je intenzivně vychováván úrovnovými zásahy, čemuž odpovídá i hloubka korun a stíhlostní kvocient jednotlivých jedinců. Celkový objem hroubí s kůrou podle objemových rovnic je stanoven 645,7 m³.ha. Hodnoty jednotlivých přírůstů jsou pak následující: PROPV 13,37 m³.ha⁻¹ a POPP 21,99 m³.ha⁻¹. Tloušťka středního kmene podle průměrné výčetní kruhové základny činí 34,4 cm, čemuž odpovídá průměrná výška 28,2 m. Zásoba na hektar odečtená z taxačních tabulek by měla být asi 580 m³.ha⁻¹. Porost má zakmenění 1, absolutní výšková bonita douglasky je podle taxačních tabulek 40⁺. Charakteristiky porostu jsou pro obě měřičské periody uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1.

Sledované charakteristiky porostu douglasky
The monitored variables of the Douglas fir stand

Rok/Year	2005/2006		2008/2009	
Charakteristika/Variables	DG	Suma	DG	Suma
Počet stromů (ks)/Number of trees (n)	102	102	102	102
Zastoupení druhů (%) /Species composition (%)	100	100	100	100
Počet stromů na ha (ks)/Number of trees per hectare (n)	469	469	469	469
Střední porostní tloušťka (cm)/Mean-tree diameter (cm)	33,5	-	34,4	-
Střední porostní výška (cm)/Mean-tree height (cm)	26,7	-	28,2	-
Objem středního kmene (m ³)/Mean-tree volume (m ³)	1,24	-	1,38	-
Výčetní kruhová základna (m ²)/Stand basal area (m ²)	43,8	43,8	46,2	46,2
Zásoba porostu na hektar (m ³)/Growing stock per hectare (m ³)	579,7	579,7	645,7	645,7
Tabulková zásoba porostu (m ³)/Tabular growing stock (m ³)	540,0	540,0	580,0	580,0
Zakmenění/Stocking	1	1	1	1

DG/Douglas fir; Suma/Sum

Tab. 2.

Sledované charakteristiky porostu smrku
The monitored variables of the Norway spruce stand

Rok/Year	2005/2006			2008/2009		
Charakteristika/Variables	SM	MD	Suma	SM	MD	Suma
Počet stromů (ks)/Number of trees (n)	90	1	91	90	1	91
Zastoupení druhů (%) /Species composition (%)	99	1	91	99	1	91
Počet stromů na ha (ks)/Number of trees per hectare (n)	900	10	910	900	10	910
Střední porostní tloušťka (cm)/Mean-tree diameter (cm)	24,1	22,0	-	24,7	23,9	-
Střední porostní výška (cm)/Mean-tree height (cm)	22,8	22,3	-	24,0	24,8	-
Objem středního kmene (m ³)/Mean-tree volume (m ³)	0,55	0,41	-	0,60	0,54	-
Výčetní kruhová základna (m ²)/Stand basal area (m ²)	44,5	0,0	44,6	46,8	0,0	46,8
Zásoba porostu na hektar (m ³)/Growing stock per ha (m ³)	495,5	0,4	495,9	546,0	0,5	546,6
Tabulková zásoba porostu (m ³)/Tabular growing stock (m ³)	460,0	-	-	490,0	-	-
Zakmenění/Stocking	1	-	1	1	-	1

SM/spruce; MD/larch; Suma/Sum

Smrk (porost 118B6c)

Trvalá zkusná plocha o výměře 1 000 m² se nachází vedle zkusné plochy douglasky. Na ploše je celkem 90 stromů smrku ztepilého a 1 modřín evropský, čemuž odpovídá počet 910 stromů na hektar. Jedná se tedy o téměř čistý porost smrku vychovávaný běžnou úrovnovou probírkou, která je však podstatně mírnější intenzity než výchova douglaskového porostu. Celkový objem hroubí s kůrou činí 546,0 m³.ha. Hodnoty jednotlivých přírůstků jsou pak následující: PROPV 8,68 m³.ha⁻¹ a POPP 16,89 m³.ha⁻¹. Tloušťka středního kmene podle průměrné výčetní kruhové základny činí 24,7 cm, čemuž odpovídá střední výška 24 m. Objem zjištěný v taxačních

tabulkách je 490 m³.ha⁻¹, vydělením skutečnou zásobou na hektar vychází zakmenění 1. Absolutní výšková bonita smrku je podle taxačních tabulek 30. Charakteristiky porostu jsou pro obě měřičské periody uvedeny v tabulce 2.

Smíšená listnatá skupina (porost 118B6d)

Na ploše 1 500 m² se nachází 94 stromů, což odpovídá hektarovému počtu 627 jedinců. Největší zastoupení má habr obecný a dub letní. Mezi dalšími dřevinami, které se zde vyskytují, jsou LP, BR, OS, MD a vrba jíva. Porost má poměrně pestrá horizontální a druhovou strukturu. Do horní etáže zasahuje především DB a při-

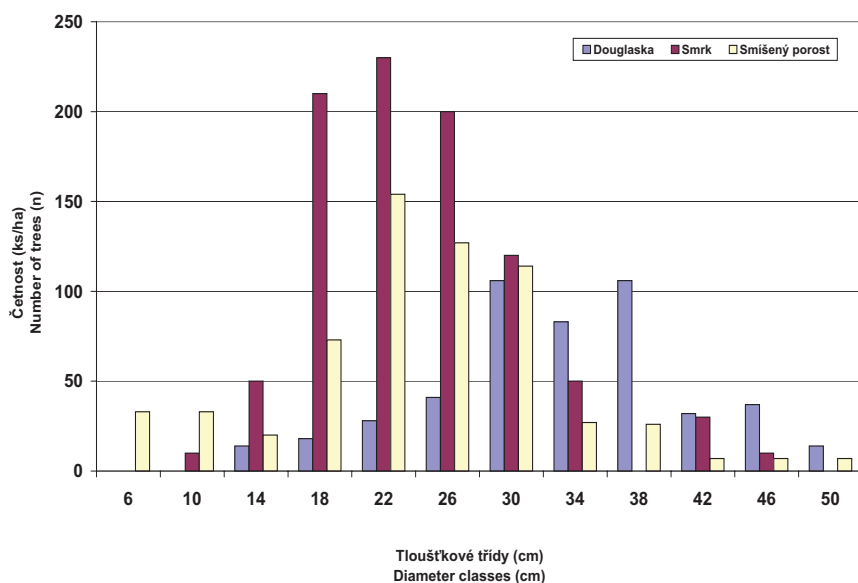
Tab. 3.

Sledované charakteristiky smíšeného porostu

The monitored variables of the mixed (hornbeam-oak) stand

Rok/Year	2005/2006				2008/2009			
Charakteristika/Variables	DB	HB	ost.	Suma	DB	HB	ost.	Suma
Počet stromů (ks)/Number of trees (n)	11	71	12	94	11	71	12	94
Zastoupení druhů (%) /Species composition (%)	11	76	13	100	11	76	13	100
Počet stromů na ha (ks)/Number of trees per hectare (n)	73	473	80	626	73	473	80	626
Střední porostní tloušťka (cm)/Mean-tree diameter (cm)	27,4	18,9			28,3	19,4		
Střední porostní výška (cm)/Mean-tree height (cm)	21,4	18,2			22,2	19,0		
Objem středního kmene (m ³)/Mean-tree volume (m ³)	0,69	0,29			0,76	0,31		
Výčetní kruhová základna (m ²)/Stand basal area (m ²)	4,5	14,5	5,9	24,9	4,8	15,2	5,9	25,9
Zásoba porostu na hektar (m ³)/Growing stock per hectare (m ³)	50,7	136,1	63,9	250,6	55,6	148,9	69,6	274,1
Tabulková zásoba porostu (m ³)/Tabular growing stock (m ³)	320	230			330	240		
Zakmenění/Stocking				0,85				0,85

DB/oak; HB/hornbeam; ost./the other; Suma/Sum



Obr. 1.

Rozdělení tloušťek přepočtené na hektar (ks.ha⁻¹)

The diameter distribution recalculated per hectare (n. ha⁻¹)

míšené dřeviny (BR, OS, MD). Střední a spodní etáž tvoří převážně HB a přimíšená LP. Porostní výchova je zaměřena především na kvalitu dubu, což znamená prosazování pozitivního výběru u dubu a zachování žádoucí podúrovně. Druhové složení porostu přispívá k celkové odolnosti proti biotickým činitelům, nicméně kvalita porostu je snížena vzhledem k vysokému zastoupení habru.

Celkový objem hroubí s kůrou je 274,05 m³.ha. Hodnoty jednotlivých přírůstků jsou pak následující: PROPV 4,35 m³.ha⁻¹ a POPP 7,83 m³.ha⁻¹. Tloušťka středního kmene habru obecného podle průměrné výčetní kruhové základny činí 19,4 cm. Této tloušťce odpovídá průměrná výška 19 m. Tloušťka středního kmene dubu letního podle průměrné výčetní kruhové základny činí 28,3 cm. Této tloušťce odpovídá průměrná výška 22,2 m. Hektarová tabulková zásoba je pro habr 240 m³.ha⁻¹ a pro dub 330 m³.ha⁻¹. Zastoupení dřevin je zde pro habr 60 %, dub 25 %, lípu 10 % a ostatní dřeviny 5 %. Celkové zakmenění na zkusné ploše dosahuje hodnoty 0,85. Absolutní výšková bonita habru je podle taxačních tabulek 20 a dubu 26. Charakteristiky porostu jsou pro obě měřičské periody uvedeny v tabulce 3.

Ze srovnání porostů jsou patrné výrazné rozdíly u rozdělení tloušťek v jednotlivých intervalech (obr. 1). Porost douglasky má vzhledem k vysoké intenzitě výchovy a pozitivnímu výběru rozložení v jednotlivých tloušťkových třídách výrazně pravostranné, oproti porostu smrku, kde je patrné levostranné rozdělení. Důvodem zmíněného rozdělení u smrku je především nižší intenzita výchovných zásahů a s tím související vyšší zastoupení jedinců podúrovňových a částečně úrovňových. Symetrické až mírně levostranné rozdělení je pak patrné v listnaté skupině; tato skutečnost je způsobena zejména

na vysokým zastoupením habru, který se výrazně podílí na středních tloušťkových hodnotách v porostu.

Srovnání porostu douglasky tisolisté se dvěma partiemi porostů domácích dřevin

Všechny tři sledované porosty rostou na stejném stanovišti a byl u nich využit rozdílný způsob výchovy, adekvátní k jednotlivým dřevinám a typům směsi. Tyto skutečnosti se však s velkou pravděpodobností výrazně neprojevily na jejich rozdílných produkčních schopnostech, neboť celková objemová produkce je výchovou ovlivnitelná jen v omezené míře. Pouze u smíšené listnaté skupiny je díky vysokému zastoupení habru v porostu ovlivněna maximální možná produkce tohoto stanoviště. Srovnání sledovaných růstových charakteristik porostů je v tabulce 4.

Srovnání sledovaných porostů z období 2009

Z obrázku 1 je patrná zjevná převaha douglasky u všech zjišťovaných přírůstových charakteristik, byť rozdíl mezi douglaskovým a smrkovým porostem není tak markantní. Důležitý je nicméně vysoký rozdíl věku těchto porostů. Rovněž je zřejmé, že ani u jednoho z porostů nedošlo ke kulminaci průměrného objemového přírůstu.

Vysokou produkci dřevní hmoty dokládá celá řada studií o douglasce. Mnoho studií přitom vychází z porovnání se smrkem ztepilým jako pravděpodobně nejvíce využívanou hospodářskou střeďoevropskou dřevinou. Hofman (1964) došel k závěru, že v produkci dřevní hmoty je douglaska asi o 50 % lepší. Tento fakt je o to důležitější, když víme, že douglaska je vhodnější pro oblasti nižší, než je vegetační stupeň smrkový (douglaska má u nás optimum

Tab. 4.

Srovnání sledovaných porostů z období 2009
Comparison of the monitored stands

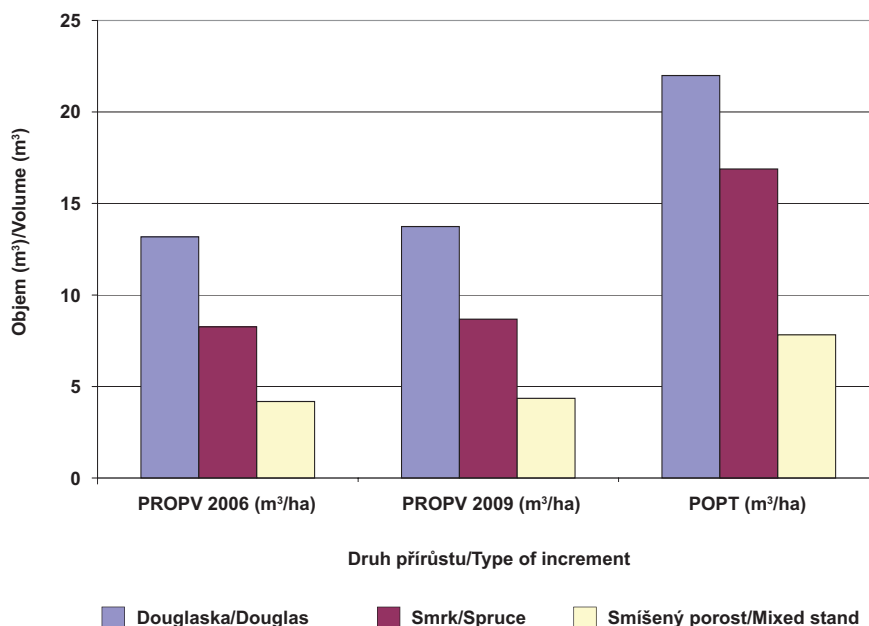
Porost/ Stand	Věk/ Age	Zakm./ Stocking	Zásoba/Growing stock (m ³ /ha)	SLT/ STS	HS/ MSS	PROPV/MAVIA 2005/2006 (m ³ /ha)	PROPV/MAVIA 2008/2009 (m ³ /ha)	PPOP/ MPVI (m ³ /ha)
118B4b	41	1	645,69	3K3	421	13,18	13,74	21,99
118B6c	63	1	546,57	3K3	421	8,27	8,68	16,89
118B6d	63	0,85	274,05	3K3	421	4,18	4,35	7,83

(Captions: STS – forest types set, MSS - management set of stands, MAVIA - mean annual volume increment of the main stand numbered, MPVI – mean periodical volume increment)

Tab. 5.

Statistické srovnání sledovaných porostů z období 2009
Statistical comparison of the monitored stands from period 2009

DG/ Douglas fir	PRŮMĚRNÁ HODNOTA/MEAN VALUE			
	průměr/diameter d _{1,3} (cm)	výška/height h (m)	objem/volume (m ³)	PROPV/MAVIA (m ³ .ha ⁻¹)
	34,4a	28,2	1,38	13,74a
SM/Spruce	24,7b	24b	0,54b	8,68b
DB/Oak	28,3a,b	22,2b	0,76b	8,27b
HB/Hornbeam	19,4c	19	0,31c	3,18c
Smíšené/Mixed	21,6c	19,7	0,42b,c	4,35b,c



Obr. 2

Hodnoty průměrných a běžných přírůstů jednotlivých porostů přepočtené na ha
Value of current and average increments of the monitored stands recalculated per hectare

v bukovém lesním vegetačním stupni). Například KANTOR et al. (2002) uvádí, že v nesmíšeném douglaskovém porostu na minerálně chudém stanovišti byla ve věku 31 let prokázána celková objemová produkce $619 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a přírůst v období 1993 - 1997 činil dokonce $23 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ročně. Podle všech parametrů se jedná o porost, který v daném věku výrazně převyšoval 1. bonitní stupeň současně platných růstových tabulek. Porost douglasky zkoumaný v naší studii měl zásobu $645,69 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ s průměrným ročním přírůstem $21,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v období 2005 – 2008. Zásoba smrku na zkoumaných plochách je $546,57 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což je o 18 % méně než u porostu douglasky o 22 let mladším. Toto zjištění je v souladu i s výsledky jiných autorů, např. BERGELA (1985), nebo ŠEBÍKA a POLÁKA (1991), kteří rovněž uvádějí až o 50 % vyšší produkci douglasky oproti smrku. Z údajů v tabulce je patrné, že hektarová zásoba douglaskového porostu oproti smrku je vyšší o přibližně $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což s faktem rozdílu věku potvrzuje produkční převahu douglasky. K podobným závěrům došel např. ŠIKA (1983), který na 76 vybraných plochách porovnával produkci douglasky hlavně se smrkem ztepilým. Zjistil, že ve věku 80 let je na středně bohatých stanovištích zásoba douglaskových porostů v průměru o 200 m^3 větší než zásoba ve stejné starých porostech smrkových. Na kyselých stanovištích představoval předstih douglasky oproti smrku 150 m^3 , na stanovištích bohatých (živných) pak 100 m^3 . Na oglejených půdách se rozdíl blížil až 200 m^3 ve prospěch douglasky. Vesměš šlo o stanoviště nižších až středních poloh do 5. lesního vegetačního stupně. BLAŠČÁK (2003) předpokládá průměrný roční přírůst douglasky $7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na chudém stanovišti a až $28 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na nejlepších stanovištích. Douglaskový porost na ŠLP dosáhl průměrného ročního přírůstu $13,74 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, sousední smrková skupina v tomto ohledu výrazně zaostala s hodnotou $8,68 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tento rozdíl tedy činí 58 %.

Na druhé straně však stojí fakt, že porosty se liší uplatněnými principy výchovy. Zatímco douglaskový porost byl vychováván velmi intenzivně v úrovni, což výrazně podporovalo jeho světlostní přírůst, ve smrkovém porostu se postupovalo spíše mírnými úrovniovými zásahy. Pro smrkový porost je také nevýhodou, že douglaska má na tomto stanovišti blíže svému optimu. Z toho vyplývá i značný rozdíl mezi hodnotami středních kmenů jednotlivých porostů. Střední výška douglasky je $28,2 \text{ m}$ a střední výčetní tloušťka $34,4 \text{ cm}$, zatímco střední výška smrku je 24 m a střední výčetní tloušťka $24,7 \text{ cm}$.

Srovnání produkce douglasky se smíšeným listnatým porostem, vychází jednoznačně ve prospěch douglasky, což potvrzuje názory autorů, kteří uvádí, že douglaska tisolistá patří k vysoce produktivním dřevinám a svým produkčním potenciálem za vhodných stanovištních podmínek výrazně předčí naše původní listnaté dřeviny (ŠIKA, VINŠ 1978, KANTOR et al. 2002, BUŠINA 2006, KANTOR 2008). Z tohoto pokusu vyšel rozdíl v zásobě mezi douglaskovým porostem a smíšeným listnatým porostem na $372 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což je rozdíl ca 136 %. Co se týká průměrného ročního přírůstu, je to dokonce 215 %. To potvrzuje fakt, že produkce listnatých dřevin je všeobecně nižší než u jehličnatých. DOLEJSKÝ (2000) uvádí, že douglaska má přibližně o 100 % vyšší produkci oproti buku na stejném stanovišti. Ještě markantnější je rozdíl u dubu, kde může tento rozdíl činit 90 – 160 % (HOFMAN 1964). Nicméně v případě námi sledovaného smíšeného porostu musíme přihlídnout k nevyhovující druhové skladbě a celkové kvalitě porostu, které tuto hodnotu výrazně ovlivňují.

ZÁVĚR

Douglaska tisolistá má na sledovaném stanovišti produkční potenciál, který předčí domácí hospodářské dřeviny.

Ve srovnání se smrkem ztepilým, který byl o 22 let starší, prokázala douglaska o 18 % vyšší hektarovou zásobu a při srovnání se smíšeným porostem byla hektarová zásoba douglasky vyšší dokonce o 136 %.

Perspektiva pěstování douglasky v budoucnu spočívá spíše ve vhodném začleňování příměsí této dřeviny do porostů domácích dřevin než v jejím monokulturním pěstování. Ve smíšených porostech bude její příměs vhodně plnit požadované produkční i mimo-produkční funkce.

Z výsledků dendrometrických šetření vyplývá, že v podmínkách ŠLP v Kostelci nad Černými lesy můžeme od této dřeviny očekávat vysokou produkci dřevní hmoty.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV IG57073 „Faktory ovlivňující změny vlastností lesních půd v antropogenně pozmeněných podmínkách“ a NAZV IG58031 „Význam přírodně blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce“.

LITERATURA

- BARTELINK H. H. 2000. A growth model for mixed forest stands. *Forest Ecology and Management*, 134: 29-43.
- BERGEL J. 1985. Ertragstafeln für die Douglasie. In: Schober R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Frankfurt a. M., J. Sauerlanders Verlag: 166 s.
- BLAŠČÁK V. 2003. Zkušenosti s pěstováním douglasky tisolisté na LS Vodňany. *Lesu zdar*, 9/12: 10-11.
- BUŠINA F. 2006. Produkční potenciál douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) v porostech Školního polesí Hůrky VOŠL a SLŠ v Písku. In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Kostelec n. Č. l. 12. – 13. 10. 2006. Kostelec n. Č. l., ČZU: 77-83.
- BURGBACHER H., GREVE P. 1996. 100 Jahre Douglasienanbau im Stadtwald Freiburg. *AFZ*, č. 20: 1109-1111.
- CAFOUREK J. 2006. Provenienční pokusy douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) v oblasti středozápadní Moravy. In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Kostelec n. Č. l. 12. – 13. 10. 2006. Kostelec n. Č. l., ČZU: 7-16.
- DOLEJSKÝ V. 2000. Najde douglaska větší uplatnění v našich lesích? *Lesnická práce*, 79: 492-494.
- GREGUŠ L. 1996. Hodnotenie produkčných schopností drevin lesného arboreta v Kysihyblí pri Banském Štiavnicki. *Forestry Journal*, č. 2: 87-114.
- HART V. 2006. Influence of establishment and tending on following development of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) stand. In: 7th Conference of Young Scientists COYOUS 23. – 24. 11. 2006. Praha, ČZU:12-13.
- HERMANN R. K., LAVENDER D. P. 1999. Douglas-fir planted forests. *New Forests*, 17: 53-70.
- HOFMAN J. 1964. Pěstování douglasky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 254 s.
- HUSS J. 1996. Die Douglasie als Mischbaumart. *AFZ*, 51: 1112.
- KANTOR P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54: 321-332.
- KANTOR P., MARTINÍK A., SEDLÁČEK T. 2002. Douglaska tisolistá na Školním lesním podniku Křtiny. *Lesnická práce*, č. 5: 210-212.
- KANTOR P., KNOTT R., MARTINÍK A. 2001. Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) in a mixed stand. *Ekológia*, Supplement 1: 5-14.
- KANTOR P., KOTLAN M. 2006. Produkční potenciál douglasky tisolisté na Školním polesí Hůrky Střední lesnické školy Písek. In: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Opočno 5. – 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 67-76.
- PETRÁŠ R., PAJTIK J. 1991. Systava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis* 1: 49-56
- PODRÁZSKÝ V. 1998. Přírodě blízké lesní hospodářství. *Zprávy lesnického výzkumu*, 43/2: 41-42.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2005. Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: 46-48.
- PONETTE Q., RANGER J., OTTORINI J. M., ULRICH E. 2001. Aboveground biomass and nutrient content of five Douglas-fir stands in France. *Forest Ecology and Management*, 142: 109-127.
- REMEŠ J. 2002. Produkční možnosti a ekologické důsledky introdukce vybraných druhů lesních dřevin. Závěrečná zpráva projektu vnitřní grantové agentury. Praha, LF ČZU: 48 s.
- REMEŠ J., HART V. 2004. Růst douglasky tisolisté na ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. In: Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam. Sborník. s. 83-90.
- REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V., HART V. 2006. Růst a produkce nejstaršího porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) na zemi ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Kostelec n. Č. l. 12. – 13. 10. 2006. Kostelec n. Č. l., ČZU: 65-70.
- ŠEBÍK L., POLÁK L. 1983. Náuka o produkci dřeva. Bratislava, Příroda: 322 s.
- ŠIKA A. 1983. Douglas fir production in the Czech Soc. Republic. *Comm. Inst. For. Cech.*, 13: 41-57.
- ŠIKA A., VINŠ B. 1978. Růst douglasky v ČSR. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 62 s.
- WOLF J. 1998a. Jak roste nejstarší porost douglasky u Písku. *Lesnická práce*, č. 4: 182-185.
- WOLF J. 1998b. Výchova douglaskových porostů. *Lesnická práce*, č. 4: 134-136.

COMPARISON OF PRODUCTION OF (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* /MIRBEL/Franco) STAND WITH (*PICEA ABIES* L. Karst.) STAND AND ORIGINAL MIXED BROADLEAVED STAND OF MIDDLE AGE IN THE TERRITORY OF SCHOOL TRAINING ENTERPRISE KOSTELEČ NAD ČERNÝMI LESY

SUMMARY

From the methodical point of view, the main aim of the study was to compare growth and production of a Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/Franco) stand with a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand and with a mixed broadleaved stand consisting of indigenous tree species. Both indigenous tree species stands are by 22 years older than the Douglas fir stand. The main mensurational variables ($d_{1,3}$, h ,) were investigated in particular stands and later used to gain the summary mensurational and production data and their mean values. The growing stock per hectare and the mean annual increment of the main stand were calculated to compare a production capacity of the stands.

The growing stock of particular stands reached 645.69 m³.ha⁻¹ in the Douglas fir stand, 546.57 m³.ha⁻¹ in the Norway spruce stand and 274.05 m³.ha⁻¹ in the case of the mixed broadleaved forest. The mean annual volume increment of the main stand (MAVIA) numbered 13.84 m³ in the Douglas fir stand, 8.68 m³ in the Norway spruce stand and 4.35 m³ in the mixed broadleaved stand. It is obvious, that the Douglas fir production is by 18% higher than the production of the Norway spruce stand (546.57 m³ per hectare). Even more distinct differences are obvious when comparing the MAVIA, which is by 58 % higher in a Douglas fir stand. This fact shows clearly, that the differences would be much greater if we considered stands at the same age. The mean-tree height of the Douglas fir is 28.2 m and the mean-tree diameter is 34.4 cm, while the mean-tree height of the Norway spruce is 24 m and the mean-tree diameter is 24.7 cm. If we compare the Douglas fir stand with the mixed broadleaved stand, the differences are even much more evident. The Douglas fir stand then has by 136% higher value of the growing stock compared to broadleaved stand (274.05 m³). The mean annual increment of the main stand of the mixed broadleaved forest reaches even 215 % compared with Douglas fir stand. The mean values of the mensurational variables for hornbeam were as follows: the mean-tree height is 19.4 m, the mean-tree diameter is 19 cm. As for oak - the mean-tree height is 22.2 m and the mean-tree diameter is 28.3 cm.

The Douglas fir stand has a great production potential, which exceeds the main indigenous commercial tree species in the adjacent stands. When comparing the Douglas fir stands with the stands of our indigenous tree species growing on the same site we can see the obvious production predominance of the Douglas fir. When comparing the Douglas fir with our most productive tree species – Norway spruce – the Douglas fir shows by 18% higher value of the growing stock per hectare. The value of the growing stock per hectare of the Douglas fir stand was even by 136% higher in comparison with a broadleaved forest, even though the Douglas fir stand was by 22 years younger than the other stands. The results of the mensurational monitoring demonstrate that we can expect high values of wood production in the Douglas fir stands growing in the environmental conditions of the training forest enterprise near Kosteleč nad Černými lesy.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Pavel Tauchman, DiS., Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Česká zemědělská univerzita
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika
e-mail: tauchman@fd.czu.cz

POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ DŘEVA PADESÁTILETÝCH SMRKOVÝCH POROSTŮ NA STANOVIŠTÍCH S RŮZNOU HISTORIÍ VYUŽITÍ PŮDY

COMPARISON OF WOOD PROPERTIES OF 50-YEAR-OLD SPRUCE STANDS ON SITES EXPERIENCING DIFFERENT LAND USE IN THE PAST

JAN BARTOŠ - JIŘÍ SOUČEK - DUŠAN KACÁLEK

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

ABSTRACT

First-generation spruce stands on former agricultural soils represent an important part of regularly managed forests in the Czech Republic. The article deals with wood properties of different site origins, i. e. spruce stand on former arable land compared to continuous spruce forest. Both stands were studied at comparable age of 50 years. The wood was analysed for: wood density, flexural strength, compression strength and tensile test. The mean value of first-generation wood density (436 kg.m^{-3}) is slightly higher compared to samples of old-growth origin (430 kg.m^{-3}) though the difference was not found to be statistically significant. As for the other properties analysed, wood of first-generation stand origin does not seem to have worse parameters than wood of old-growth forest.

Klíčová slova: smrk ztepilý, vlastnosti dřeva, první generace lesa, historie využití půdy

Key words: Norway spruce, wood properties, first-generation forest, land-use history

ÚVOD

V České republice tvoří významnou část pozemků určených k plnění funkcí lesů zalesněné zemědělské půdy. Největší část nových lesních porostů vznikla v 50. letech minulého století; v současné druhové skladbě těchto porostů dominuje obvykle smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) KARST.). I přes často vysokou zásobu dřevní hmoty (SLODIČÁK et al. 2005) se u velké výměry porostů smrku první generace lesa setkáváme se špatným zdravotním stavem, tj. zejména s hnilobami kmene (MAREŠ 2010). Mnoho autorů, kteří se věnují otázce vhodnosti smrku při zalesňování zemědělsky kultivovaných půd, preferují spíše použití přípravných pionýrských dřevin (JANKOVSKÝ 2002, MIKESKA 2003, KOŠULIČ 2004, MAREŠ 2004, VACEK et al. 2005). ZATLOUKAL (2004) doporučuje smrk do 4. LVS pouze jako vhodnou ekonomickou „výplň“. Mezi nevýhody smrku patří např. relativně nízká stabilita nedostatečně vychovávaných porostů, menší odolnost vůči suchu, vyšší náchylnost k infekci dřevokaznými houbami a napadení hmyzími škůdci. Naopak hlavními výhodami používání smrku ztepilého jsou relativně nižší náklady na založení a zajištění porostu, ověřené postupy zakládání, ochrany a pěstování porostů a dlouhodobě relativně dobrá „zpeněžitelnost“ dřevní suroviny.

V případě zalesňování bývalých zemědělských půd se jedná o dobrá stanoviště s vysokým produkčním potenciálem. Nejvýznamnějším rysem odlišujícím tyto půdy od dlouhodobě lesních stanovišť je absence nadložního humusu (TORREANO 2004).

Vlastníci lesa v naprosté většině případů vyžadují co nejefektivnější využití dřevoprodukční funkce nového lesa. Při dosa-

hování tohoto cíle jsou omezováni platnými právními předpisy, například podle lesního zákona smí využít pouze vyjmenované stanovištně přípustné dřeviny. Lesní hospodářství je totiž na jedné straně legislativou značně regulováno a na druhé straně jsou zde ve srovnání se zemědělskou výrobou poskytovány nižší dotace. Lesní hospodářství tak získává významnou nevýhodu v dosažení srovnatelné rentability obhospodařování půdy (PULKRÁB 1998). V této situaci tedy o to více záleží na efektivnosti lesnického hospodaření a využití produkčních možností jednotlivých dřevin na většinou relativně kvalitním stanovišti.

Rozměry a počty dřevních buněk, tloušťka a chemické složení buněčných stěn jsou ovlivňovány komplexem stanovištních, klimatických a porostních faktorů (ZOBEL, BUIJTENE 1989), což má ve výsledku vliv na vhodnost využití dřeva jako konkrétní suroviny. Z toho důvodu nás zajímalo, zda lze prokázat vliv zemědělského využívání půdy na vybrané vlastnosti smrkového dřeva. Výzkumnou hypotézou je: Smrkové dřevo z porostů první generace lesa na bývalých zemědělsky obhospodařovaných půdách nemá horší vlastnosti než dřevo z dlouhodobě lesní půdy.

Cílem studie je porovnání fyzikálních a mechanických vlastností dřeva smrkového porostu první generace lesa na bývalé zemědělsky obhospodařované půdě a porostu na trvalé lesní půdě, které mají srovnatelný věk, stanovištní podmínky a charakter výchovy.

MATERIÁL A METODY

Za účelem analýzy mechanických a fyzikálních vlastností dřeva smrku ztepilého první generace lesa na bývalé zemědělsky obhospodařované půdě byl vybrán padesátiletý porost, ve kterém je od roku 2004 sledována zásoba a zdravotní stav porostu. Experiment se nachází v přírodní lesní oblasti 26 – Předhoří Orlických hor. Stanoviště je typologicky klasifikováno jako kyselá bučina (SLT 4K) s přechodem k bohaté ekologické řadě. Geologické podloží je tvořeno fylity a zelenými břidlicemi novoměstské série orlicko-kladské klenby (OPLETAL et al. 1980, OPLETAL, DOMEČKA 1983). Sledovaný porost o výměře 0,23 ha se nachází na mírném svahu se severozápadní expozicí v průměrné nadmořské výšce 530 m. BARTOŠ et al. (2006) uvádí pro tento porost zásobu 520 m³.ha⁻¹ ve věku 45 let. Tato zásoba je v porovnání s růstovými tabulkami o 41 % vyšší než na stanovišti odpovídající bonity. V roce 2005 byla v porostu provedena probírka. V době odběru vzorníků činila výčetní kruhová základna 43 m².ha⁻¹ při hustotě porostu 1 080 ks.ha⁻¹. Na stanovišti dlouhodobé lesní půdy byl vybrán porost odpovídajícího věkového stupně na stejném geologickém podloží (OPLETAL, DOMEČKA 1983) ve shodné nadmořské výšce. Vzdušná vzdálenost mezi lokalitami činí 1,5 km. Tento porost měl podobnou výčetní kruhovou základnu (44 m².ha⁻¹) s hektarovým počtem jedinců 950 ks.ha⁻¹.

V lednu 2007 byly z obou porostů (Z – varianta bývalé zemědělské půdy; L – varianta trvale lesní půdy) odebrány tři vzorníky úrovnových stromů s podobnou výčetní tloušťkou. Stáří vzorníků bylo stanoveno odečtením počtu letokruhů na pařezech. U ležících stromů byly změřeny základní dendrometrické charakteristiky (délka, tloušťka kmene po sekcích 1 m, výška nasazení přeslenů). Dále bylo provedeno vizuální hodnocení napadení pokácených kmenů dřevokaznými houbami a byla provedena modelová sortimentace se stanovením potenciálního podílu pilařské kulatiny (minimální tloušťka na čepu 18 cm s kůrou). Z každého kmene byly vyříznuty dva dvoumetrové výřezy od čela kmene. Tyto výřezy byly bezprostředně rozřezány na fošny o tloušťce 6 cm a odkorněny. Fošny byly 14 měsíců přirozeně sušeny pod přístřeškem. Z vysušeného dřeva vyrobila firma truhlářství Pavel Macek zkušební tělíška pro vybrané zkoušky fyzikálních a mechanických vlastností dřeva podle příslušných norem ČSN. Z vyrobených zkušebních tělíšek byla vybrána bezvadná před provedením samotných analýz, proto se mírně liší počty provedených zkoušek a jsou uvedeny ve výsledcích. Pro analýzu byly vybrány následující zkoušky podle příslušných ČSN:

- 1) hustota dřeva
- 2) pevnost v ohybu
- 3) pevnost v tlaku ve směru vláken
- 4) pevnost v tahu

Všechny výše uvedené zkoušky byly konzultovány a zakázkově provedeny ve Výzkumném a vývojovém ústavu dřevařském, s. p., v Praze. Pro statistické vyhodnocení získaných veličin byla použita metoda ANOVA v programu NCSS. Chybové úsečky v grafech znázorňují konfidenční intervaly na hladině významnosti 0,05.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vzorníky

Z výsledků hodnocení zdravotního stavu vzorníků na bývalé zemědělské půdě vyplývá, že u žádného nebyla zjištěna hniloba kmene. Toto zjištění odpovídá výsledkům z roku 2005, kdy ve stejném porostu bylo při probírce zjištěno nízké procento (do 5 %) výskytu hniloby kmenů (BARTOŠ et al. 2006). Relativně dobrý zdravotní stav tohoto porostu z hlediska výskytu hnilob připisujeme tomu, že porost nebyl nikdy poškozen loupáním či ohryzem. MAREŠ (2006) popisuje padesátileté smrkové porosty na bývalé orné půdě výrazně poškozené kořenovníkem vrstevnatým, které historicky nejeví známky poškození spárkatou zvěří, a proto výskyt hnilob připisuje bohatému stanovišti v minulosti hnojené orné půdy (souboru lesních typů 5B).

Průměrná délka pokácených vzorníků činila 22 m u vzorníků varianty Z a 21 m u vzorníků varianty L. Průměrná tloušťka kmene na čele byla u varianty Z o 3 % větší oproti variantě L (tab. 1). V parametru výčetní tloušťka se odebrané vzorníky v průměru takřka nelišily. Délka hroubí byla u varianty Z v průměru o 16 % větší. Z porovnání objemů hroubí jednotlivých vzorníků vypočtených Huberovou metodou po metrových sekcích vyplývá, že hmotnost hroubí vzorníků varianty Z činí v průměru 0,425 m³, což je o 30 % více oproti variantě L (0,328 m³). Významný rozdíl v objemu nebyl nalezen u všech sekcí – při obdobných výčetních tloušťkách jsou od čela do výšky řádově 8 m objemy vzorníků totožné. Signifikantní rozdíl v objemu byl konstatován u sekcí v devíti metrech a vyšších.

Z provedené modelové sortimentace hroubí odebraných vzorníků vyplývá, že ve variantě Z lze vymanipulovat 62 % hroubí kmene jako pilařskou kulatinu (minimální tloušťka na čepu 18 cm s kůrou) s průměrnou délkou výřezu 7 m. Ve variantě L by pak na pilařskou kulatinu připadlo teoreticky 59 % hroubí s průměrnou délkou výřezu 4 – 5 m. Pilařská kulatina je podle provedeného odhadu nejlepším možným získatelným sortimentem na základě vyhodnocení dimenzí a kvality smrkových vzorníků. Tento sortiment zároveň poskytuje relativně dobré zpeněžení dřevní suroviny a tvoří i podstatnou část sortimentů v mýtně zralých smrkových poros-

Tab. 1.
Dendrometrická charakteristika odebraných vzorníků
Dimensions of wood samples taken

Vzorník ¹	Průměr čela ²	Výčetní tloušťka ³	Délka hroubí ⁴	Objem hroubí ⁵	Stáří stromu ⁶
	cm	cm	m	m ³	roky
Z 1	31,5	21,4	18,8	0,436	47
Z 2	28,2	20,7	19,2	0,412	47
Z 3	31,5	21,3	19,0	0,427	47
L 1	32,0	22,0	15,7	0,317	49
L 2	25,8	20,7	17,2	0,324	49
L 3	30,7	21,8	16,1	0,342	43

Captions: ¹sample (Z – formerly cultivated site, L – long-term forest); ²butt end diameter; ³DBH; ⁴length (from butt to diameter of 7 cm); ⁵volume (from butt to diameter of 7 cm); ⁶age of sample tree

tech (BARTOŠ et al. 2006). V současném dřevozpracujícím průmyslu poptávají někteří zpracovatelé smrkovou pilařskou kulatinu dokonce v dimenzích již od 11 cm (bez kůry) na čepu. Tento trend ukazuje, že těžba v mladších porostech smrku může být rentabilní.

Hustota dřeva

Z celkem 240 analyzovaných zkušebních tělísek u varianty Z činily průměrné naměřené hodnoty hustoty dřeva jednotlivých vzorníků 435,1 – 439,1 kg.m⁻³ (obr. 1). Průměrná hustota dřeva varianty Z byla 436,4 kg.m⁻³. Z 236 analyzovaných vzorků u varianty L se průměrné hodnoty pohybovaly od 411,9 do 454,2 kg.m⁻³. Průměrná hodnota varianty L činila 429,9 kg.m⁻³. Rozdíl mezi variantami nebyl statisticky významný. Významný vliv na hustotu má podle MÄKINEN et al. (2007) podíl letního dřeva. Nicméně na vysokou variabilitu hustoty dřeva upozorňuje již např. TRENDLENBURG (1939). Z výše uvedených důvodů byly pro porovnání fyzikálních a mechanických vlastností dřeva vybrány stejně staré porosty tak, aby bylo možné zanedbat rozdíly způsobené stárnutím stromů. Naše výsledky nepotvrdily zjištění o menší hustotě dřeva smrku ztepilého z porostů první generace lesa, která uvádí BROLIN et al. (1995). Naopak větší hustotu dřeva borovice lesní na zalesněných zemědělských půdách uvádí JELONEK et al. (2009). Průměrná hustota smrkového dřeva podle WAGENFÜHRA a SCHEIBERA (1974) činí 470 kg.m⁻³. Námi zjištěné nižší hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny odběrem mladších vzorníků z řádově padesátiletého porostu. Obdobně relativně nižší hodnoty (417 kg.m⁻³) udávají ZEIDLER a HOP (2007), kteří analyzovali smrkové dřevo z historického krovu z 19. století. Dalším faktorem ovlivňujícím hustotu dřeva smrku je také intenzita výchovy, tj. se zvýšenou intenzitou dochází ke snížení průměrné hustoty (CAO et al. 2008).

Pevnost v ohybu

U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v ohybu u jednotlivých vzorníků pohybovaly v mezích od 62,7 do 65,1 N.mm⁻² (obr. 2). Ve variantě Z bylo analyzováno celkem 221 vzorků s prů-

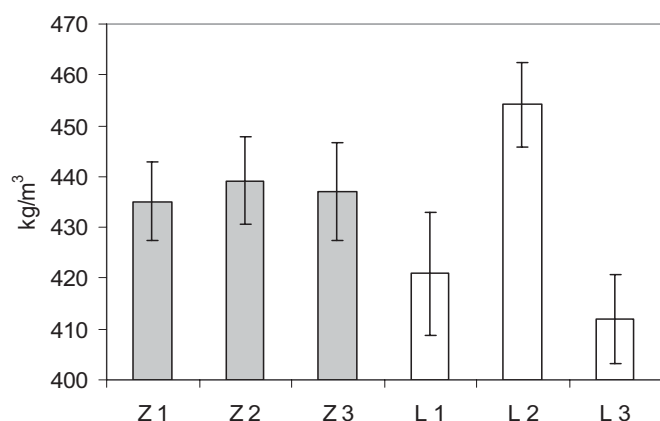
měrnou hodnotou 64,1 N.mm⁻². Ve variantě L se hodnoty pohybovaly od 59,7 do 67,9 N.mm⁻². Celkem bylo analyzováno 227 vzorků varianty L s průměrnou hodnotou 62,9 N.mm⁻². Rozdíl mezi variantou Z a L nebyl statisticky průkazný. Průměrná hodnota pevnosti smrkového dřeva v ohybu podle Kolektivu (1970) a práce WAGENFÜHR, SCHEIBER (1974) činí 78 N.mm⁻². Pevnost smrkového dřeva z porostů první generace lesa je však již v tomto věku relativně vysoká, což umožňuje získat poměrně kvalitní sortimenty již z úmyslných těžeb v tomto věku.

Pevnost v tlaku ve směru vláken

U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v tlaku ve směru vláken u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 35,2 do 39,2 N.mm⁻² (obr. 3). Celkem bylo ve variantě Z analyzováno 240 vzorků. Průměrná hodnota napětí u varianty Z činí 37,3 N.mm⁻². Ve variantě L se průměrné hodnoty vzorníků pohybovaly od 32,0 do 40,9 N.mm⁻². Ve variantě L bylo analyzováno celkem také 240 tělísek. Průměrná hodnota u varianty L činí 35,6 N.mm⁻². Rozdíl mezi oběma variantami není statisticky průkazný, z čehož vyplývá, že ani u této charakteristiky nevykazuje dřevo z porostu první generace lesa prokazatelně horší vlastnosti. Průměrná hodnota pevnosti smrkového dřeva v tlaku podle Kolektivu (1970) a práce WAGENFÜHR, SCHEIBER (1974) činí 50 N.mm⁻².

Pevnost v tahu

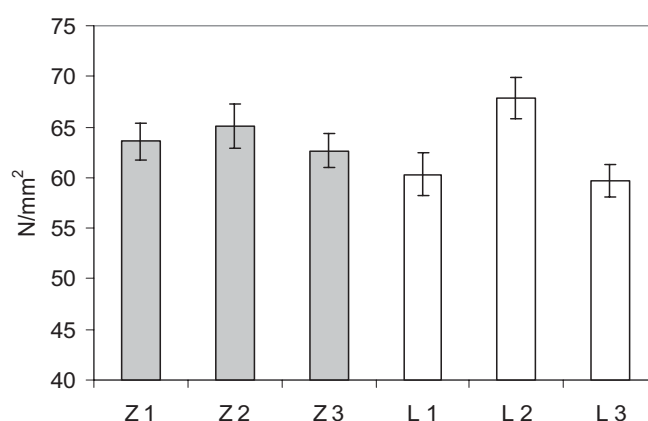
U varianty Z se průměrné hodnoty pevnosti v tahu u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 64,9 do 87,7 N.mm⁻² (obr. 4). Celkem bylo od varianty Z analyzováno 150 kusů zkušebních těles, kde průměrná hodnota napětí činila 75,4 N.mm⁻². Ve variantě L se průměrné hodnoty napětí u jednotlivých vzorníků pohybovaly od 63,5 do 80,3 N.mm⁻². Celkem bylo od varianty L analyzováno 192 zkušebních těles s průměrnou hodnotou napětí 70,3 N.mm⁻². U varianty Z byly v tomto případě zjištěny statisticky významně lepší hodnoty oproti variantě L. U této zkoušky byla zaznamenána velká variabilita mezi jednotlivými vzorníky. Průměrná hodnota



Obr. 1.

Hustota smrkového dřeva z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3). Chybové úsečky znázorňují intervaly konfidence na hladině významnosti 0,05.

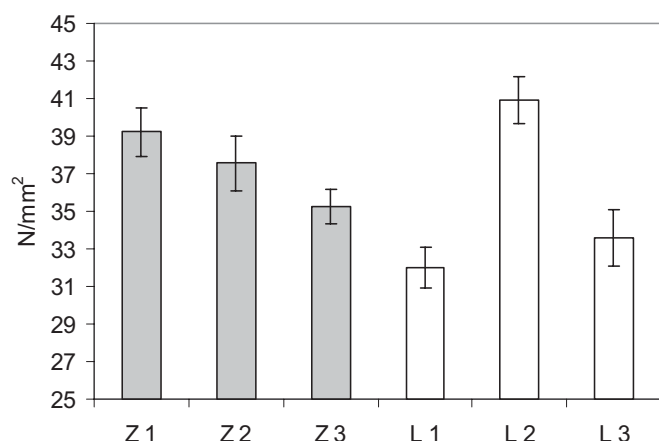
Spruce wood density of both first-generation (Z1 – Z3 samples) and long-term (L1 – L3 samples) forest lands. Error bars denote confidence intervals at 0.05 significance level.



Obr. 2.

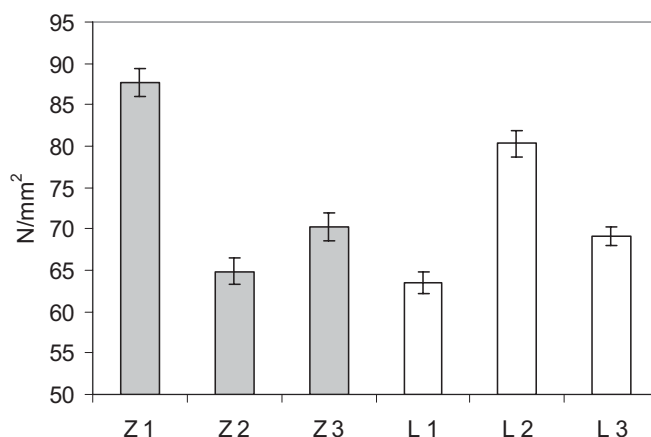
Pevnost smrkového dřeva v ohybu z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3). Chybové úsečky znázorňují intervaly konfidence na hladině významnosti 0,05.

Flexural strength of spruce wood of both first-generation (Z1 – Z3 samples) and long-term (L1 – L3 samples) forest lands. Error bars denote confidence intervals at 0.05 significance level.

**Obr. 3.**

Pevnost smrkového dřeva v tlaku ve směru vláken z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3). Chybové úsečky znázorňují intervaly konfidence na hladině významnosti 0,05.

Compression strength wood along the grain of spruce wood of both first-generation (Z1 – Z3 samples) and long-term (L1 – L3 samples) forest lands. Error bars denote confidence intervals at 0.05 significance level.

**Obr. 4.**

Pevnost smrkového dřeva v tahu ve směru vláken z porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě (vzorníky Z1 až Z3) a porostu dlouhodobě lesní půdy (vzorníky L1 až L3). Chybové úsečky znázorňují intervaly konfidence na hladině významnosti 0,05.

Tensile strength along the grain of spruce wood of both first-generation (Z1 – Z3 samples) and long-term (L1 – L3 samples) forest lands. Error bars denote confidence intervals at 0.05 significance level.

ta pevnosti smrkového dřeva v tahu činí podle Kolektivu (1970) a práce WAGENFÜHR, SCHEIBER (1974) 90 N.mm⁻². Nižší hodnoty všech tří charakteristik u analyzovaných vzorků oproti udávaným průměrným hodnotám mají pravděpodobně souvislost s nižším věkem vzorníků (stáří porostu 50 let). Zároveň jsme prokázali statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými odebranými vzorníky, které lze odvodit i z překryvu konfidenčních úseček (obr. 1 – 4). Naproti tomu ZEIDLER a REISNER (2006) uvádějí zanedbatelné rozdíly mezi stromy v rámci stanoviště při analýzách fyzikálních a mechanických vlastností dřeva modřínu opadavého.

Bývalé zemědělsky využívané půdy s příznivější zásobou živin mohou být využívány pro intenzivní lesní hospodářství. Optimální výživa a vodní režim upravuje zejména tloušťkový růst individuálních stromů a tím i celých porostů, poznatky o změnách fyzikálních a chemických vlastnostech dřeva z těchto porostů však nejsou jednotné. Pokles hustoty smrkového dřeva a jeho chemického složení z experimentů popisují např. MÄKINEN et al. 2002, ANTONEN et al. 2002 a další. Přes těsný vztah hustoty dřeva a vlastností buněk dřeva ZOBEL a VAN BUIJTENEN (1989) potvrzují značnou variabilitu vlastností jednotlivých stromů.

Některé práce se zabývají vhodností smrku ztepilého jako dřeviny v druhovém složení „zalesňovacích“ cílů. MAUER (2006) upřednostňuje při ZPP listnáče, smrk jako cílovou dřevinu doporučuje realizovat pouze přes podsadby do přípravných dřevin. Smrk jako přípravnou dřevinu toleruje pouze na dobu několika desetiletí v případě, kdy při přeměně bude využita jiná dřevina. Jiní autoři nepovažují smrk za vhodný pro ZPP ani jako přípravnou dřevinu. Např. MAREŠ (2006) doporučuje při zalesňování živinami bohatých půd na hranici 4. a 5. LVS preferovat rychle rostoucí listnáče (jasan, klen) před jehličnatými dřevinami. Na druhou stranu SLODIČÁK et al. (2005) hodnotí smrk jako vhodnou dřevinu k zales-

ňování zemědělských půd v případě, kdy smrk je schopen relativně rychle měnit vlastnosti svrchní části půdního profilu ve smyslu obnovy lesního prostředí.

Na základě našich předchozích výsledků ze smrkových porostů první generace lesa na bývalé zemědělské půdě lze již od 4. LVS smrk ztepilý považovat za vhodnou dřevinu pro zalesňování. Z hlediska kvality a efektivnosti dřevoprodukční funkce je tato dřevina v porovnání s dalšími dřevinami (tj. těch, jejichž využití připouští legislativa) stále relativně výhodná (BARTOŠ et al. 2007), proto ji doporučujeme v přiměřeném zastoupení jako vhodnou přípravnou dřevinu s předpokládaným obmýtím cca 60 - 80 let. Tento postup by napomohl zvýšení hodnotové produkce smrkových porostů první generace lesa (PULKRAB 2004). Platný lesní zákon sice stanoví minimální obmýti 80 let, ale to by v těchto specifických případech mohlo být řešeno výjimkou udělenou orgánem státní správy lesů.

ZÁVĚRY

- Průměrný objem hroubí úrovnových vzorníků varianty Z (0,43 m³) byl o 30 % větší oproti vzorníkům z dlouhodobě lesní půdy (0,33 m³), kdy při obdobné výčetní tloušťce vzorníků byl větší objemu hroubí akumulován v horní části kmene (cca od výšky 8 m).
- Porovnáním hustoty a mechanických vlastností smrkového dřeva varianty Z a L byla potvrzena velká variabilita mezi jednotlivými vzorníky v rámci variant.
- Hustota smrkového dřeva z padesátiletého porostu první generace lesa na bývalé zemědělské půdě se v průměru neliší od dřeva ze srovnatelného porostu na dlouhodobě lesní půdě.

- Také ve všech provedených zkouškách mechanických vlastností (pevnost v ohybu, pevnost v tlaku ve směru vláken a pevnost v tahu) nevýkazuje v této fázi smrkové dřevo z porostů první generace lesa prokazatelně horší parametry; vliv různé historie využití půdy tedy nebyl naší studií prokázán.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ANTTONEN S., MANNINEN A.-M., SARANPÄÄ P., KAINULAINEN P., LINDER S., VAPAAVUORI E. 2002. Effects of long-term nutrient optimisation on stem wood chemistry in *Picea abies*. *Trees*: 386-394.
- BARTOŠ J., PETR T., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2006. Dřevoprodukční funkce porostů první generace lesa na zemědělských půdách. In: Neuhöferová P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 1. 2006. Praha, Česká zemědělská univerzita; Jíloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno: 81-88.
- BARTOŠ J., ŠACH F., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2007. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52/1: 11-17.
- CAO T., VALSTA L., HÄRKÖNEN S., SARANPÄÄ P., MÄKELÄ A. 2008. Effects of thinning and fertilization on wood properties and economic returns for Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 256: 1280-1289.
- ČSN 49 0101 Drevo. 1979. Všeobecné požiadavky na fyzikálne a mechanické skúšky. Praha, Úrad pro normalizaci a měření.
- ČSN 49 0103 Drevo. 1979. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach. Praha, Úrad pro normalizaci a měření.
- ČSN 49 0108 1993. Zisťovanie hustoty pri fyzikálnych mechanických skúškach. Praha, Federální úřad pro normalizaci a měření.
- ČSN 490110 Drevo. 1979. Medza pevnosti v tlaku v smere vláken. Praha, Úrad pro normalizaci a měření.
- ČSN 190113. 1991. Metóda zisťovania pevnosti v ťahu pozdĺž vláken. Praha, Vydavateľství norem.
- ČSN 490115 Drevo. 1979. Zisťovanie medze pevnosti ve statickom ohybe. Praha, Úrad pro normalizaci a měření.
- JANKOVSKÝ L. 2002. Riziko aktivizace chorob lesních dřevin v podmínkách klimatické změny. *Lesnická práce*, 5: 206-208.
- JELONEK T., PAZDROWSKI W., TOMCZAK A. 2009. Wlasciwosci drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na gruntach porolnych w polnocnej Polsce. *Lesne Prace Badaweze*, 70: 277-286.
- KOŠULIĆ M. 2004. K zalesňování nelesních půd. *Lesnická práce*, 83/12: 668.
- Kolektiv. 1970. Dřevařská technická příručka. Praha, Nakladatelství technické literatury, n. p.: 748 s.
- MAUER O. 2006. Zalesňování zemědělských půd v nadmořských výškách 400 až 700 metrů na vodou neovlivněných stanovištích. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy 17. 2006. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM-VS: 201-207.
- MAREŠ R. 2004. Současné perspektivy zalesňování zemědělských půd. In: Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století. Brno, MZLU: 151-157.
- MAREŠ R. 2006. Kořenové hniloby ve smrkových porostech založených na zemědělské půdě. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM-VS: 133-138.
- MAREŠ R. 2010. The extent of root rot damage in Norway spruce stands established on fertile sites of former agricultural land. *Journal of Forest Science*, 56: 1-6.
- MÄKINEN H. et al. 2002. Wood-density variation of Norway spruce in relation to nutrient optimization and fibre dimensions. *Can. J. For. Res.*, 32/2: 185-194.
- MÄKINEN, H., JAAKKOLA, T., PIISPANEN, R., SARANPÄÄ, P. 2007. Predicting wood and tracheid properties of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 241: 175-188.
- MIKESKA M. 2003. Zalesňování nelesních půd v praxi. *Lesnická práce*, 82/10: 523-525.
- OPLETAL M. et al. 1980. Geologie Orlických hor. Praha, Academia: 202 s.
- OPLETAL M., DOMEČKA K. (ed.). 1983. Synoptic geological map of the Orlické hory Mts. Měřítko 1 : 100 000. Praha, Ústřední ústav geologický.
- PULKRAB K. 2004. Ekonomická doba obmýtí. *Zprávy lesnického výzkumu*, 49/1-4: 46-50.
- TORREANO S. 2004. Soil development and properties. In: Burley J., Evans J., Youngquist J. A. (eds.): *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1208-1216.
- TRENDELENBURG R. 1937. Über Stammwuchsuntersuchungen und ihre Auswertung in der Holzforschung. *Holz Roh- Werkst.* 3-13.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., SKOVSGAARD J. P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). *Forest Ecology and Management*, 209/1-2: 157-166.
- VACEK S., SIMON J., KACÁLEK D. 2005 Strategie zalesňování nelesních půd. *Lesnická práce*, 84/1: 13-15.
- WAGENFÜHR R., SCHEIBER CH. 1974. *Holzatlas*. Leipzig, Fachbuchverlag: 690 s.
- ZATLOUKAL V. 2004. Tvorba porostních směsí při zalesňování zemědělských půd. In: Zalesňování zemědělských půd. Nový Rychnov, Česká komora odborných lesních hospodářů: 6-30.
- ZEIDLER A., HOP P. 2007. Zhodnocení fyzikálních a mechanických vlastností dřeva z historického krovu Černokosteleckého zámku. In: Historické a současné dřevěné konstrukce. Kostelec nad Černými lesy, ČZU: 178-184.
- ZEIDLER A., REISNER J. 2006. Modřín – vlastnosti dřeva a jeho současné využití. In: Modřín – strom roku 2006. Kostelec nad Černými lesy 26. - 27. 10. 2006. Praha, ČZU: 147-151.
- ZOBEL B. J., VAN BUITENEN J. P. 1989. Wood variation - its causes and control. Berlin, Springer Verlag: 363 s.

COMPARISON OF WOOD PROPERTIES OF 50-YEAR-OLD SPRUCE STANDS ON SITES EXPERIENCING DIFFERENT LAND USE IN THE PAST

SUMMARY

Norway spruce is a species dominating over large forested areas in the Czech Republic. Among these spruce-dominated sites, afforested former agricultural land represents an important part of the forest. However, these sites should not be considered undisturbed ones because of former cultivation practices. Our study deals with properties of Norway spruce wood samples taken in both 50-year-old stand on former agricultural land (Z) and long-term forest (L) of the same age. Both stands were situated under conditions of the same bedrock (phyllites, greenschists) at the same altitude (530 m a. s. l.). Co-dominant trees were sampled only. The sample trees were sawn to planks and dried under cover for 14 months. Samples made from planks were analysed in Timber Institute in Prague. The samples were analysed for wood density, flexural strength, compression strength and tensile test. The data were processed using ANOVA. The measurement of samples' dimensions shows that:

- Mean volume of samples of Z variant (0.43 m^3) was by 30% higher compared to L samples;
- Having similar DBH, the variants differed from each other in volume (from butt to top diameter of 7 cm) in higher parts of boles (part exceeding the height of 8 m);
- Great between-sample variability was found in both variants;
- Spruce wood of first-generation stand was found to be comparable with spruce wood of old-growth origin in terms of all properties studied.

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: bartos@vulhmop.cz

HYDROLOGICKÁ BILANCE ELEMENTÁRNÍ ODTOKOVÉ PLOCHY LESNÍHO POVODÍ V ORLICKÝCH HORÁCH

HYDROLOGICAL BALANCE OF ELEMENTARY RUNOFF AREA WITHIN FOREST WATERSHED IN THE ORLICKÉ HORY MTS.

VLADIMÍR ŠVIHLA¹ - VLADIMÍR ČERNOHOUS² - FRANTIŠEK ŠACH²¹*Fügenerova 809, Beroun*²*Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Strnady, v. v. i., VS Opočno*

ABSTRACT

The article deals with analysis of precipitation-runoff relationship using hydrological balance within elementary runoff area of forest watershed in the Orlické hory Mts. The variables of hydrological balance are related to amounts of throughfall; the study deals with their relationships. A method by Kněžek was verified to separate components of runoff. We confirmed a regulation function of underground soil water reservoir in the rainfall-runoff process. Calculated evapotranspiration mean value (1.65 mm per day) seems to be comparable to values under similar conditions. We proved that forest stands do not suffer from drought within the elementary runoff area (EOP) and maximal real water retention of soil is high (75 mm) which leads to minimum surface-runoff occurrence in forest. Soil water constants (hydrolimits) help us to get information on water component in soil water. Accuracy of results describing rainfall-runoff relationships using hydrological balance within EOP proves the analysis is correct.

Klíčová slova: hydrologická bilance, srážko-odtokový proces, podkorunové srážky, celkový odtok, evapotranspirace, retenční kapacita půdy, retenze půdní vody, průsak do hydrogeologických struktur, na geologické podloží

Key words: hydrological balance, rainfall-runoff process, throughfall, total runoff, evapotranspiration, soil retention capacity, soil water retention, percolation to hydrogeological structure, to bedrock

ÚVOD

Cílem práce je poznání hydrodynamických procesů v horském mikropovodí (elementární odtokové ploše, dále EOP) ze 70 % plochy kryté lesními porosty. Poznání těchto procesů má význam pro samotné lesní hospodářství, kterému dává údaje o hospodaření vodou lesními porosty, pro vodní hospodářství, kterému poskytuje data pro kvantifikaci vodní komponenty v horském masivu, který je základním zdrojem vod, a pro ochranu přírody, které poskytuje cenné informace o zákonitostech procesů ve vodním režimu v lesních ekosystémech našich hor. Pro splnění cíle byla autory práce zvolena metoda hydrologické bilance. Důvodem je vysoká nehomogenita horských lesních půd, která zpochybňuje použití známých hydrodynamických modelů, jejichž aplikace by vyžadovala mnohem hustší měrnou síť a kontinuální měření, což je nad možnosti aplikovaného výzkumu. Na druhé straně výzkum potvrdil, že zvolené intervaly měření sacích tlaků a hydraulických výšek hydrologické bilanci vyhovují (ŠVIHLA, ČERNOHOUS, ŠACH 2010). Metoda hydrologické bilance dává logické a použitelné výsledky, které jsou v souladu s dosavadními studiemi v Orlických horách (KANTOR 1995), Jizerských horách (ŠANDA et al. 2006, 2009) i na Šumavě (MRÁZ et al. 1990, TESAŘ et al. 1992). Experimentální plocha U Dvou louček má charakter EOP, dobře vystihuje dynamické procesy v mikropovodí a reprezentuje vodní komponentu hřebenu Orlických hor.

MATERIÁL A METODA

Základem výpočtů hydrologické bilance EOP je kontinuální měření odtoků v závěrečném profilu EOP, režimní měření sacích tlaků v 36 profilech ve 4 hloubkách, hydraulických výšek v 52 jehlových vrtech a denních úhrnů srážek v 8 srážkoměrech. Režimní měření byla prováděna v roce 2007 v časovém intervalu 6 – 10 dní od 22. 5. do 17. 10., celkem 17 měření v průběhu 148 dní. Evapotranspirace byla vypočtena na základě hydrologické bilance (HB) tenzometrického pole 10 x 10 m. Veličiny a závislosti potřebné k výpočtům hydrodynamiky v půdním profilu byly laboratorně stanoveny na základě terénního průzkumu. Podrobnosti obsahuje publikace ŠVIHLA, ČERNOHOUS, ŠACH (2010). Intercepce byla stanovena na základě měření na experimentální ploše VÚLHM, výzkumná stanice Opočno Dešenská stráž (KANTOR 1995, KANTOR et al. 2006, 2007). Pro výpočet byla použita základní rovnice modelu hydrologické bilance EOP.

$$HS(p) - Q(c) - E(t,s) - Q(gr) + \Delta W(p) + \varepsilon = 0 \quad [mm] \quad (1)$$

HS(p)	podkorunové srážky (srážky volné plochy snížené o intercepce)
Q(c)	celkový odtok v závěrečném profilu povodí
E(t,s)	evapotranspirace
$\Delta W(p)$	přírůstek, resp. úbytek zásoby vody v povodí
Q(gr)	průsak do geologického podloží
ε	rozdíly naměřených a modelem vypočtených parametrů

HS(p), Q(c), E(t,s), Q(gr), $\Delta W(p)$ jsou veličiny známé, ε je odchylka modelu a měření.

Povodí EOP tvoří ucelenou část ve vrcholové partii hor, přítok cizích vod do povodí je vyloučen. Podrobný popis povodí obsahují publikace ŠEDA (2003), ŠVIHLA, ČERNOHOUS, KULHAVÝ, ŠACH (2005), ČERNOHOUS (2006a), ČERNOHOUS, ŠACH (2007).

výzkumnictví (MYSLIVEC 1957). Předně byl analyzován vztah celkových odtoků v závěrečném profilu EOP a hydraulické výšky (Hv) v jehlových vrtech (JV). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 2 a na obrázku 2. Empirická čára odtoků Q(c) jako funkce hydraulické výšky v jehlových vrtech (JV) byla upravena scalingem a porovnává s teoretickou křivkou

$$Q(c) = f(Hv) = 0,1425 \cdot e^{0,0747Hv} \quad (2)$$

VÝSLEDKY A KOMENTÁŘ

Sumární výsledek práce obsahuje tabulka 1 a obrázek 1. Jasně ukazují způsob regulace srážek lesní půdou. Závislost celkových odtoků v závěrečném profilu EOP a srážek je jasně prokázána celkovými tendencemi obou veličin a průběhem srážek. Maxima i minima srážkových úhrnů odpovídají stejným bodům odtoků a evapotranspirace. V suchých periodách uvolňuje lesní půda vodu pro evapotranspiraci a odtok, ve vlhkých periodách se srážkovou vodou sytí (obdobně TESAŘ et al. 1992).

Kvantifikace těchto procesů byla realizována statistickým rozbořením vztahů jednotlivých proměnných veličin hydrologické bilance s využitím statistických metod v zemědělském a lesnickém

odvozenou z empirických dat. Rovnice (2) byla odvozena HOPMANSEM (1988). Shoda obou čar je jasně patrná až do odtoku povrchového, kde se zřejmě mění charakter závislosti. Odtok základní a podpovrchový má zřejmě jiný charakter závislosti Q – Hv než odtok povrchový. Tuto skutečnost potvrdil i ČERNOHOUS (2006b). Lomové body na empirické čáře Q(c) – Hv signalizují separaci jednotlivých druhů odtoku. Pro Hv = 22 cm a Q(c) = 9,8 l.s⁻¹.km⁻² je to dělící bod mezi odtokem základním a podpovrchovým, pro dělící bod Hv = 37,2 cm a Q(c) = 33,7 l.s⁻¹.km⁻² platí hranice odtoků podpovrchového a povrchového. Tím je dáno přibližné měřítko pro kvalifikaci odtoků na hydrogramech odtoků v roce 2007.

Tab. 1.

Hydrologická bilance povodí U Dvou louček v roce 2007

Hydrological balance of watershed U Dvou louček in 2007

Datum/Date	HS(p)	Q(c)	E(t,s)	Q(gr)	$\Delta W(p)$	ε
147 dnů/days			mm			
22. 5. – 31. 5.	8,0	-8,3	-7,4	0,0	7,7	0,0
31. 5. – 14. 6.	37,5	-17,5	-21,1	0,0	0,1	-1,0
14. 6. – 21. 6.	5,0	-3,0	-15,2	0,0	13,2	0,0
21. 6. – 3. 7.	61,6	-7,3	-17,1	-8,3	-28,1	0,8
3. 7. – 19. 7.	90,3	-31,4	-41,2	-3,0	-17,7	-3,0
19. 7. – 25. 7.	0,8	-2,4	-17,2	-6,1	24,9	0,0
25. 7. – 8. 8.	7,7	-4,6	-19,5	-5,6	22,0	0,0
8. 8. – 15. 8.	18,0	-2,2	-6,6	0,0	-9,2	0,0
15. 8. – 22. 8.	21,3	-2,7	-9,5	-1,0	-8,1	0,0
22. 8. – 29. 8.	0,0	-1,8	-21,2	0,0	23,0	0,0
29. 8. – 25. 9.	123,5	-37,5	-46,2	-1,9	-26,1	11,8
25. 9. – 2. 10.	42,2	-15,7	-1,4	0,0	-25,1	0,0
2. 10. – 10. 10.	15,3	-7,5	-10,3	0,0	2,5	0,0
10. 10. – 17. 10.	1,6	-3,9	-8,9	0,0	11,2	0,0
Σ	432,8	-145,8	-242,8	-25,9	-9,7	8,6
%	100,0	-33,7	-56,1	-6,0	-2,2	2,0

HS(p) podkorunové srážky/throughfall

Q(c) odtok v závěrečném profilu povodí/discharge from watershed in closing profile

E(t,s) evapotranspirace/evapotranspiration (transpirace lesního porostu Et a výpar z povrchu půdy a přizemní vegetace Es/transpiration of tree crowns Et and evaporation from forest floor and ground vegetation Es)

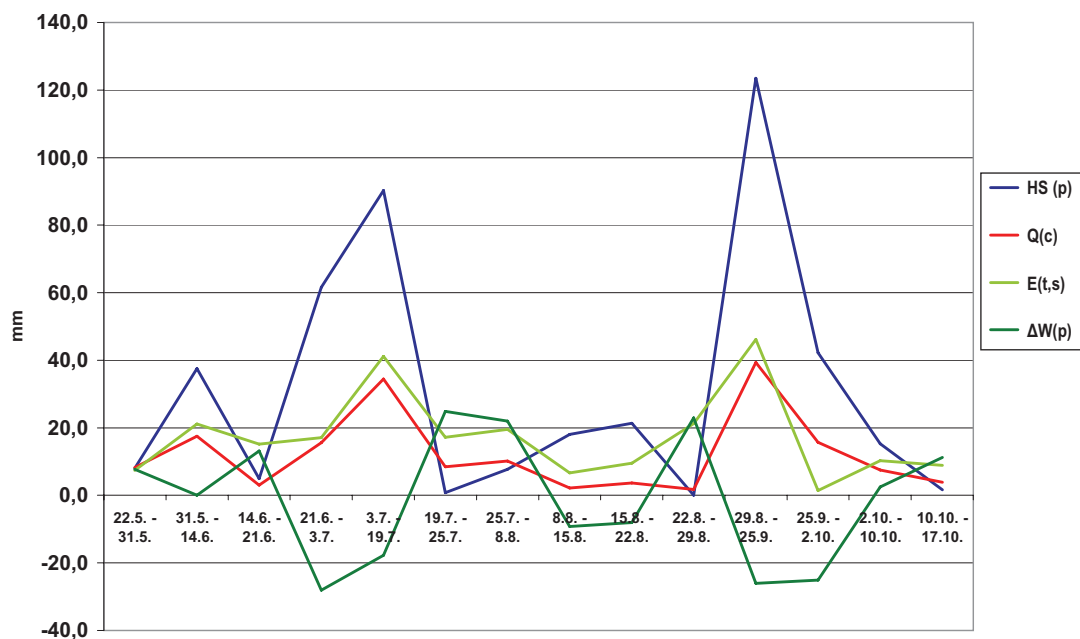
Q(gr) průsak do geologického podloží/percolation to bedrock

$\Delta W(p)$ změna zásoby vody v povodí [$\Delta W(k) + \Delta W(g)$]/change of water storage in watershed

$\Delta W(k)$ změna zásoby vody kapilární/change of capillary water storage

$\Delta W(g)$ změna zásoby vody gravitační/change of gravitation water storage

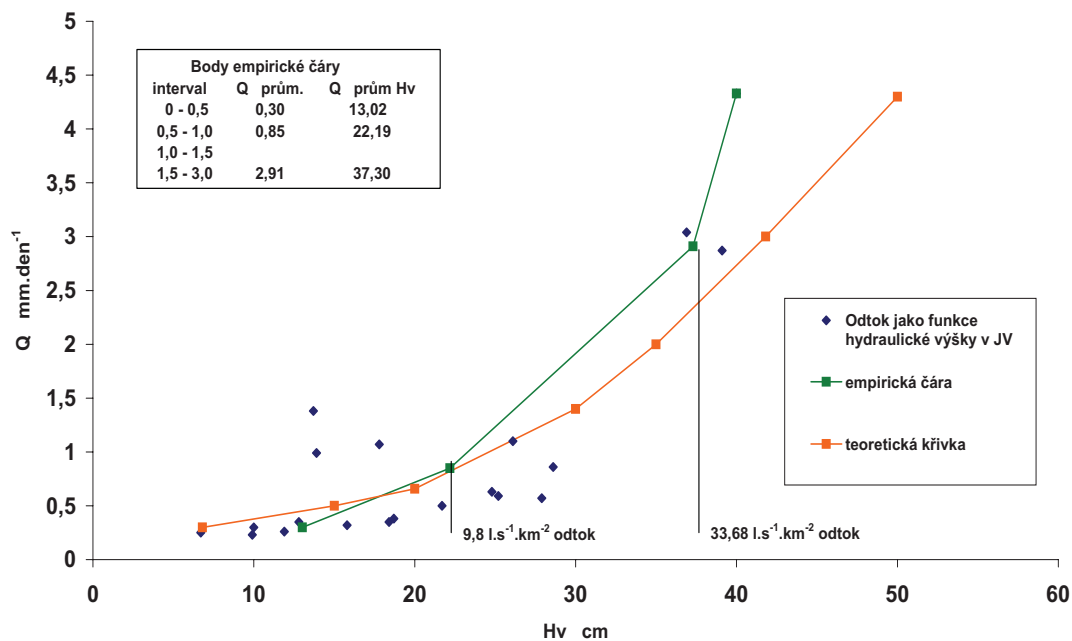
ε odchylka modelu a měření/deviation of model and measurement



Obr. 1.

Hydrologická bilance EOP U Dvou louček ve vegetačním období 2007

Hydrological balance EOP U Dvou louček in growing season 2007



Obr. 2.

Odtok jako funkce hydraulické výšky v jehlových vrtech ve vegetačním období 2007

Discharge as function of hydraulic head in auger holes in growing season 2007

Konečně obrázek 3 výstižně demonstruje trendy vyjádřený vztah $Q(c)$ a H_v v denních hodnotách. Tato závislost byla jasně prokázána statistickým t testem korelace $Q(c)$ a H_v , který ukázal mezi oběma veličinami vztah s pravděpodobností větší než 0,999 (tab. 2).

Závislost průměrných hodnot $Q(c)$ a $HS(p)$ – průměry za intervaly měření – v obrázku 4 výstižně charakterizuje růst odtoků s růstem srážek. Korelační analýza prokázala statisticky významný vztah ($P > 0,999$), tabulka 3.

Tab. 2.

Vztah odtoků a hydraulické výšky na povodí U Dvou louček v roce 2007 (denní hodnoty)

Relationship between discharge and hydraulic head in watershed U Dvou louček in 2007 (daily values)

y_i	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	t_j	$t_j x_j$	x_j^2	$t_j x_j^2$
x_i	0,99	0,99	1,49	1,99	2,49	2,99	3,49	3,99	4,49				
5													
7,5													
9,9	3,750												
10													
12,5													
14,9	9,375	15,625											
15													
17,5													
19,9	13,125		21,875										
20													
22,5													
24,9		33,750											
25													
27,5													
29,9		61,875	34,375										
30													
32,5													
34,9													
35													
37,5													
39,9						206,25	121,875	159,375	4	150,0	1.406,25	5.625,00	
f_i	8	6	3			2	1	1	21	452,50	–	11.781,25	
$f_i y_i$	2,0	4,5	3,75			5,50	3,25	4,25	23,25				
y_i^2	0,0625	0,5625	1,5625			7,5625	10,5625	18,0625	–				
$f_i y_i^2$	0,500	3,375	4,6875			15,1250	10,5625	18,0625	52,3125				
$\sum \sum = 690,625$										$y_i = \text{odtok}$	$x_i = \text{hydraulická výška}$		
$\sigma_y = 1,107$		$\sigma_x = 21,548$	$\delta_y^2 = 1,266$	$\delta_y = 1,125$	$\delta_x^2 = 96,696$			$\delta_x = 9,833$					
$r_{x,y} = \frac{690,625 - 21 \cdot 1,107 \cdot 21,548}{21 \cdot 1,125 \cdot 9,833} = 0,816$										$t = \frac{0,816}{0,578} \cdot 4,359 = 6,154$			

 $P(t) < 0,001$

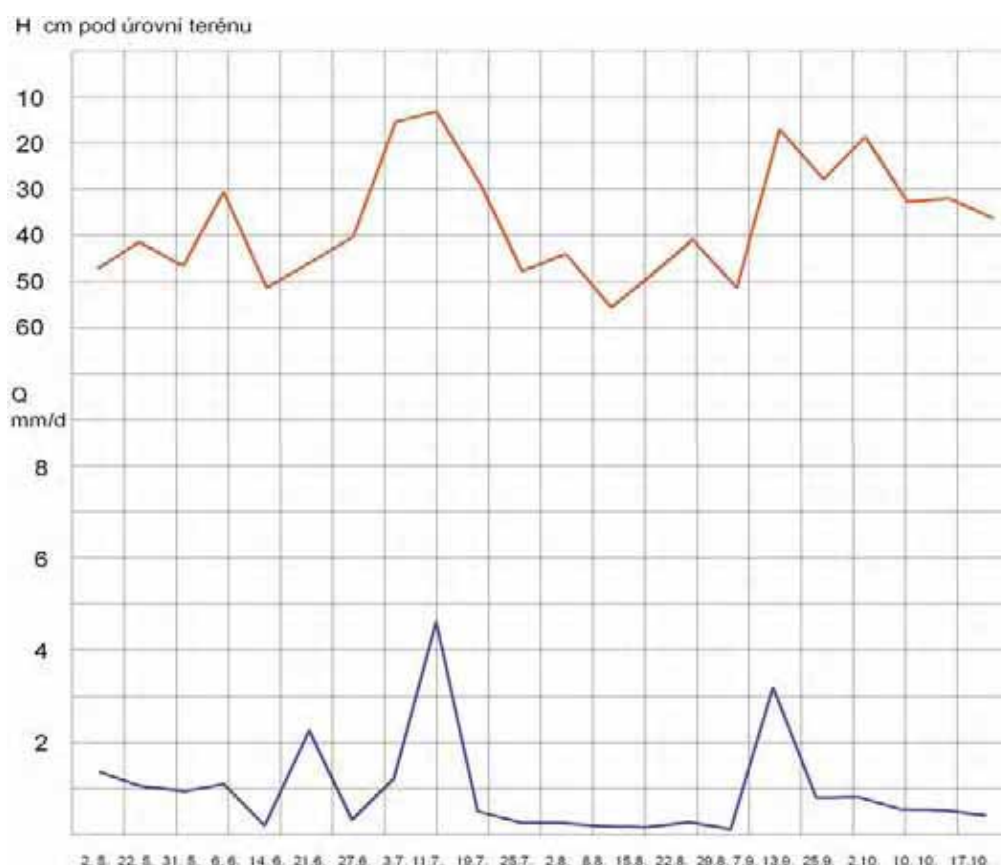
S pravděpodobností větší než 0,999 je závislost potvrzena.

Dynamiku gravitační vody v půdě dobře vystihuje vztah přírůstu – úbytku hydraulické výšky v měrném intervalu (ΔH_v) a lineari-zované hodnoty $HS(p)$ [$\sigma HS(p)$] (obr. 5, tab. 4). Závislost je s pravděpodobností 0,992 potvrzena, ale graf naznačuje tři případy, kdy při vyšších hodnotách $HS(p)$ došlo k úbytku vody v JV. Rovněž rozptýl hodnot ΔH_v při nízkých hodnotách $HS(p)$ ukazuje na vliv vlhkosti půdy na odtok gravitační vody z půdy (obdobně HORTON, HAWKINS 1965, ŠANDA et al. 2006).

Vztah evapotranspirace a podkorunových srážek (tab. 5, obr. 6) je vysoce průkazný. S pravděpodobností 0,994 je závislost potvrzena. Obrázek 6 ukazuje proměnlivost tohoto vztahu. Po vysokých srážkách nemusí být maximum evapotranspirace, a naopak při nulové srážce je úhrn evapotranspirace ($21,2 \text{ mm za } 7 \text{ dní} = 3,0 \text{ mm.den}^{-1}$) vysoký. To ukazuje, že vysoká srážka může odtéct a naopak v období sucha je evapotranspirace dotována ze zásob půdní vody (obr. 1) (obdobně TESAŘ et al. 1992).

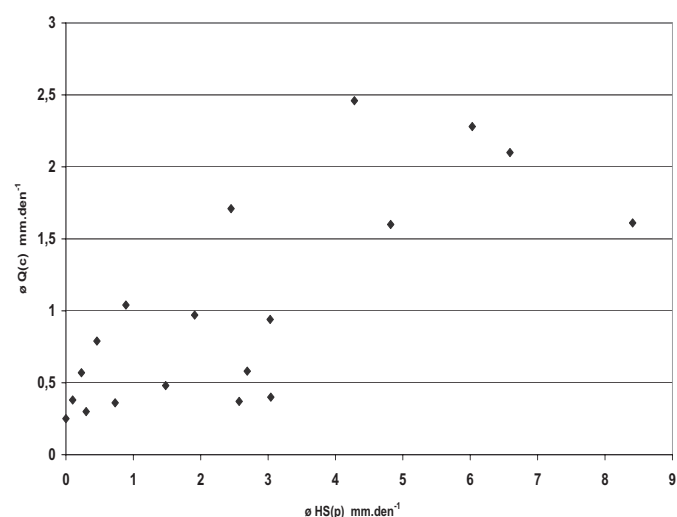
Protože jistě souvisí celkový odtok $Q(c)$ v závěrečném profilu EOP a rovněž evapotranspirace s podkorunovými srážkami, platí zprostředkovaně i vztah mezi celkovým odtokem a evapotranspirací.

Cenné informace o hydrodynamických procesech v lesní půdě poskytují vlhkosti půdy (celkem 2 160 měření). Maximální vodní kapacita (MKVK podle NOVÁKA 1954) je v 60cm půdním profilu 248,2 mm (87 % PVK), plná vodní kapacita (PVK) 284,5 mm. Retenční kapacita dynamická [RK(d)] je potom 36,3 mm. Bod snížené dostupnosti (BSD), při kterém přestává kapilární pohyb vody v půdě, je 151,5 mm, tj. zásoba vody v půdě při sacím tlaku $pF = 2,8$ (60 % PVK). Retenční kapacita půdy statická [RK(st)] je $248,2 - 151,5 = 96,7 \text{ mm}$. Retenční kapacita celková [RK(c)] 60 cm hlubokého profilu lesní půdy v EOP U Dvou louček je $36,3 + 96,7 \text{ mm} = 133,0 \text{ mm}$ (46,7 % PVK).



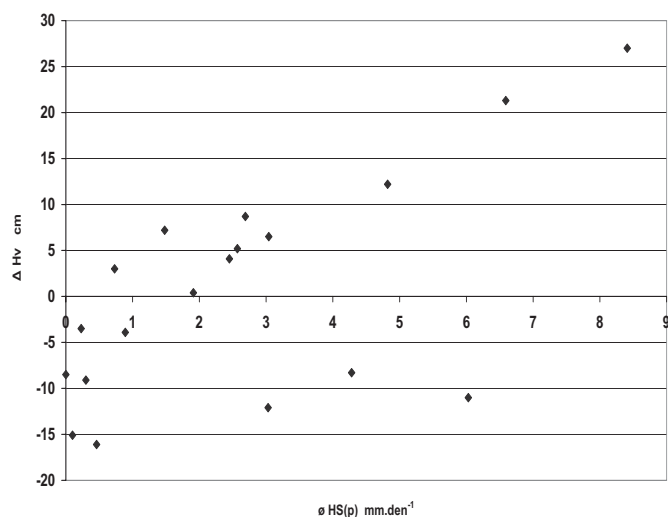
Obr. 3.

Vztah mezi polohou výšky hladiny podzemní vody a odtoků ve vegetačním období 2007
Relationship between depth of groundwater table and discharge in growing season 2007



Obr. 4.

Průměrné denní průtoky jako funkce podkorunových srážek ve vegetačním období 2007
Mean daily discharge as function of throughfall in growing season 2007



Obr. 5.

Změny (přírůstky, úbytky) hydraulické výšky v jehlových vrtech jako funkce podkorunových srážek ve vegetačním období 2007
Changes (increase, decrease) of hydraulic head in auger holes as function of throughfall in growing season 2007

Tab. 3.

Vztah průměrných odtoků ($\bar{Q}$) jako funkce průměrných srážek za interval měření ($\bar{HSp}$) na povodí U Dvou louček v roce 2007 (linearizace)
Relationship of mean discharge ($\bar{Q}$) as function of mean precipitation per measuring interval ($\bar{HSp}$) in watershed U Dvou louček in 2007 (linearization)

y_j	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0				
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	t_j	$t_j x_j$	x_j^2	$t_j x_j^2$
x_i	0,99	1,99	2,99	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99				
0													
0,25	0,500	0,375	0,625	0,875						7	1,75	0,0625	0,4375
0,49													
0,5													
0,75	0,75	1,125	1,875	2,625						5	3,75	0,5625	2,8125
0,99													
1													
1,25	0,625									1	1,25	1,5625	1,5625
1,49													
1,5													
1,75			4,375		7,875				14,875	3	5,25	3,0625	9,1875
1,99													
2													
8,25					10,125		29,25			3	6,75	5,0625	15,1875
2,49													
f_i	7	2	3	2	2		2		1	19	18,75	-	29,1875
$f_i y_i$	3,5	3,0	7,5	7,0	9,0	-	13,0	-	8,5	51,50			
y_i^2	0,25	2,25	6,25	12,25	20,25		42,25		72,25	-			
$f_i y_i^2$	1,75	4,50	18,75	24,50	40,50	-	84,50	-	72,25	246,75			

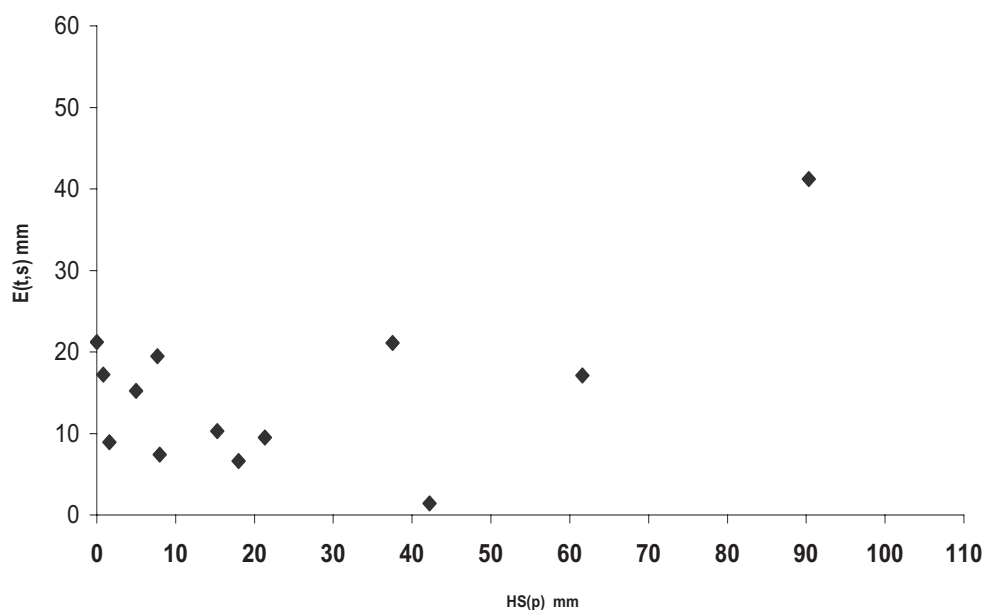
 $\Sigma \Sigma = 75,875$ $\sigma y = 2,710$ $\sigma x = 0,987$ $\delta_y = 2,375$ $\delta_x = 0,750$ $\delta_y^2 = 5,643$ $\delta_x^2 = 0,562$ $y = \bar{Q} \text{ HSp}$ $x = \bar{Q}$

$$r_{x,y} = \frac{75,875 - 19 \cdot 2,710 \cdot 0,987}{19 \cdot 2,375 \cdot 0,750} = \frac{25,054}{33,844} = 0,740$$

$$t = \frac{0,740}{0,672} \cdot 4,123 = 4,540$$

 $P(t) < 0,001$

S pravděpodobností větší než 0,999 je závislost potvrzena.

**Obr. 6.**

Vztah evapotranspirace a podkorunových srážek ve vegetačním období 2007

Relationship between evapotranspiration and throughfall in growing season 2007

Tab. 4.

Vztah rozdílů hydraulické výšky ΔH_v jako funkce průměrných srážek za interval měření ($\bar{\sigma}$ HSp) na povodí U Dvou louček v roce 2007
 Relationship of hydraulic head ΔH_v differences as function of mean precipitation per measuring interval ($\bar{\sigma}$ HSp) in watershed U Dvou louček in 2007

y _j	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0				
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	t _j	t _j x _j	x _j ²	t _j x _j ²
x _i	0,99	1,99	2,99	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99	10,00				
-15														
-17,5														
19,99	17,5										2	-35,00	306,25	
-10														
-12,5														
14,99				-43,75			-81,25				2	-25,00	156,25	
-5														
-7,5														
9,99	-7,5				-33,75						3	-22,50	56,25	
-0,01														
-2,5														
4,99	-2,50										2	-5,00	6,25	
0														
+2,5														
4,99	+1,25	+3,75	+6,25								3	+7,50	6,25	
5														
+7,5														
9,99		+11,25	+37,50	+26,25							4	30,0	56,25	
10														
12,5														
14,99					+56,25						1	+12,50	156,25	
15														
17,5														
19,99														
20														
22,5														
24,99							146,25				1	22,5	506,25	506,25
25														
27,5														
29,99									233,75		1	27,5	756,25	756,25
f _i	7	2	3	2	2		2		1		19			
f _i y _i	3,5	3,0	7,5	7,0	9,0		13,0		8,5		51,5	12,50	-	2 768,75
y _i ²	0,25	2,25	6,25	12,25	20,25		42,25		72,25		-			
f _i y _i ²	7,25	4,50	18,75	24,50	40,50		84,50		72,25		252,25			
ΣΣ = 336,25											x = ΔHv		y = HSp	
σ _y = 2,710	σ _x = 0,5679		δ _y ² = 5,932		δ _y = 2,436		δ _x ² = 145,2908		δ _x = 12,0537					
$r_{x,y} = \frac{336,25 - 19 \cdot 2,710 \cdot 0,6579}{19 \cdot 2,436 \cdot 12,0537} = \frac{302,375}{557,893} = 0,542$											$t = \frac{0,542}{0,706} \cdot 4,1231 = 3,165$			
P(t) = 0,008														
S pravděpodobností 0,992 je závislost potvrzena														

Maximální naměřená retence skutečná $R_{sk}(c)$ je 74,6 mm [56 % $RK(c)$] a minimální naměřená $R_{sk}(c)$ je 5,4 mm [4 % $RK(c)$]. Celkový dynamický obsah vody v lesní půdě se pohybuje v mezích 10 – 36 % PVK. Lesní půda EOP U Dvou louček dokáže zachytit až 75 mm ovzdušných srážek při počáteční dynamické vlhkosti půdy 11,2 % MKVK a 21 % $RK(c)$.

Pozornost si zaslouží změna zásoby vody v povodí, která představuje v podstatě souhrn změn zásob vody gravitační a kapilární v povodí. Jsou to veličiny měřené a ukazují na dynamiku půdní

vody, která se pohybuje v mezích -28 až +25 mm, tj. v oboru 53 mm celkových změn. Je to v rozsahu -21 až +19 % oboru potenciální dynamické zásoby vody v půdě. Za vegetační periodu ubylo z lesní půdy 9,7 mm půdní vody, tj. 7 % potenciální retenční kapacity celkové.

Sumární odtok do geologického podloží EOP ve výši 25,9 mm za vegetační periodu – průměrně 0,18 mm.den⁻¹ – odpovídá průměrné hodnotě 0,22 mm.den⁻¹ dosahované v horním povodí Divoké Orlice (HORSKÝ et al. 1970). Je to 2,1 l.s⁻¹.km⁻², z plochy EOP 0,7 l.s⁻¹.

Tab. 5.

Vztah podkorunových srážek (HSp) a evapotranspirace (E(t.s)) na povodí U Dvou louček v roce 2007
Relationship between throughfall (HSp) and evapotranspiration (E(t.s)) in watershed U Dvou louček in 2007

y	0	10,1	20,1	30,1	40,1	50,1	60,1	70,1	80,1	90,1	100,1	110,1	120,1				
x	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	f_j	$f_j x_j$	x_j^2	$f_j x_j^2$
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130				
5	50	75	125		225									5	25	25	125
10,1																	
15	150	225					975							2	75	225	1 125
20																	
20,1																	
25	250			875										-	50	625	1 250
30																	
30,1																	
35		525												2	-		
40																	
40,1																	
45										4 275			5.625		90	2 025	4 050
50																	
50,1																	
55																	
60																	
f_i	6	2	1	1	1		1			1			1	14	240	-	6.550
$f_i y_i$	30	30	25	35	45		65			95			125	450			
y_i^2	25	225	625	1 225	2 025		4 225			9 025			15.625	-			
$f_i y_i^2$	150	450	625	1 225	2 025		4 225			9 025			15.625	33.350			

 $\Sigma \Sigma = 12.800$ $\sigma_y = 32,14$ $\sigma_x = 17,14$ $\delta_y = 36,73$ $\delta_x = 13,19$

y = HSp

x = Et

$$r_{x,y} = \frac{12 \cdot 800 - 7 \cdot 712,31}{6 \cdot 782,56} = 0,750$$

$$t = \frac{0,750}{0,661} \cdot 3,464 = 3,930$$

P(t) = 0,006

S pravděpodobností 0,994 je závislost potvrzena

ZÁVĚRY

Zvolený způsob analýzy srážko-odtokových vztahů na EOP U Dvou louček hydrologickou bilancí otvírá detailní pohled do tohoto procesu. Správnost postupů potvrzuje analýza výsledků HB naměřenými veličinami v závěrečném profilu povodí.

Vztahy celkového odtoku Q(c) v závěrečném profilu EOP a hydraulických výšek Hv v JV je možné použít k separaci odtoku základního, podpovrchového a povrchového (KNĚŽEK et al. 1982). Odtok základní odpovídá $Q(c) \leq 3,2 \text{ l.s}^{-1}$ (z plochy EOP), pro odtok podpovrchový platí $Q(c) \leq 11,0 \text{ l.s}^{-1}$. Hranice odtoku základního se blíží průměrnému průtoku ve vegetační periodě $\sigma Q(c) = 3,7 \text{ l.s}^{-1}$. Závislost $Q(c) \rightarrow H_v$ platí jistě.

Půdní prostředí lesní půdy transformuje infiltrované srážky jako podzemní nádrž. Srážka v určitý den vyvolá odtok v závěrečném profilu povodí s určitým zpožděním. Linearizace hodnot Q(c) a HS(p) tento jev eliminuje. V době sucha dotuje tato nádrž potřebnou vodou na evapotranspiraci.

Závislost přírůstku – úbytku hydraulické výšky v JV, tj. úbytku a přírůstku gravitační vody v půdě a průměru podkorunové srážky v intervalech měření, je jistá. Rozptyl hodnot – ΔH_v však ukazuje nezanedbatelný vliv vlhkosti půdy na odtok gravitační vody z půdy.

Metoda hydrologické bilance pro tenzometrické pole umožnila kvantifikaci režimu evapotranspirace. Ta je vysoce závislá na podkorunových srážkách a obsahu vláhy v půdě. Vypočtené hodnoty E(t.s) se střední hodnotou $1,65 \text{ mm.den}^{-1}$ v období 22. 5. – 17. 10. 2007 s rozptylem $0,2 - 3,0 \text{ mm.den}^{-1}$ odpovídají obvyklým hodnotám dosahovaným ve srovnatelných podmínkách. Podzemní nádrž půdní vody účinně reguluje vyrovnanost evapotranspirace. V době sucha ji vodou dotuje, přebytek vody jednak akumuluje, jednak odvádí.

Cenné informace o hydrodynamických procesech v lesní půdě poskytují naměřené vlhkosti půdy. Kvalitativní i kvantitativní rozbor vlhkostního režimu půd pomocí hydrolimitů vedl k závěrům, že

- lesní porosty EOP U Dvou louček netrpí suchem;
- maximální naměřená retence ovzdušných podkorunových srážek 75 mm pro profil 60 cm hluboký je vysoká a vysvětluje, proč je v lesním povodí jen minimální povrchový odtok;
- lesní půda na EOP funguje jako podzemní nádrž, která dokáže vyrovnávat maxima a minima ovzdušných srážek a má potenciální retenční kapacitu $1\,330 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$;
- použitý model hydrologické bilance výstižně zobrazuje srážko-odtokový proces v povodí U Dvou louček a vede k závěru o správnosti zvoleného postupu;
- smrkové porosty v povodí U Dvou louček spoluvytvářejí dynamický srážko-odtokový proces. Stadium imisní holiny nezpůsobilo jeho změnu.

- EOP U Dvou louček dotuje hydrogeologické podloží průsakem $0,7 \text{ l.s}^{-1}$, tj. $2,1 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Je to příspěvek EOP do zásob podzemních vod v podhůří Orlických hor a pohled na hydrogeologii rul a svorů v podloží vrcholů Orlických hor.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou výzkumného záměru MZe ČR č. MZE0002070203, výzkumného projektu NAZV č. QH92073.

LITERATURA

- ČERNOHOUS V. 2006a. Vliv obnovy hydrografické sítě poškozené při imisních těžbách na odtokový proces. Doktorská dizertační práce. Praha, ČZU FLD: 101 s., 14 příloh
- ČERNOHOUS V. 2006b. Vliv hydromelioračního zásahu na odtok vody z lesního povodí. In: Jurásek J. et al. (eds.): Sborník referátů Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Opočno 5. - 6. 9. 2006. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 545-557. ISBN 80-86461-71-8
- ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2007. Vliv obnovy hydrografické sítě poškozené při imisních těžbách na odtokový proces. [Renewal of the hydrographical network damaged by pollution-induced felling and its effect on the runoff process.] In: Vančura K. et al.: Les a voda v srdci Evropy – Forest and water in the heart of Europe. Praha, MZe ČR; Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 185-193. ISBN 978-80-7084-634-6
- HOPMANS J. W. 1988. Treatment of spatially variable groundwater levels in one-dimensional stochastic unsaturated water flow modelling. *Agricultural Water Management*, 15/1: 19-36.
- HORSKÝ L. et al. 1970. Hydrologické poměry ČSSR. 3. díl. Praha, Hydrometeorologický ústav: 303 s. + příl.
- HORTON J. H., HAWKINS R. H. 1965. Flow path of rain from the soil surface to the water table. *Soil Science*, 100: 377-383.
- KANTOR P. 1995. Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářsky významných středohorských lesů. Habilitační práce. Brno, MZLU, Lesnická a dřevařská fakulta: 332 s., příl. 32 tab.
- KANTOR P. et al. 2006 a 2007. Srážko-odtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Redakčně upravená roční zpráva za projekt NAZV IG57016. Brno, MZLU Brno, Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 54 s. a 62 s.
- KNĚŽEK M. et al. 1982. Odtok podzemní vody na území Československa. Praha, ČHÚ ve SNTL: 52 s., 9 příloh
- MRÁZ K. et al. 1990. Vodní režim půdy, vztah k přírůstu dřevní hmoty a odtok vody v porostech různých dřevin. Závěrečná zpráva. Strnady, VÚLHM: 50 s. + příl.
- MYSLIVEC V. 1957. Statistické metody zemědělského a lesnického výzkumnictví. Praha, ČSAZV ve Státní zemědělské nakladatelství: 555 s.
- NOVÁK V. 1954. Voda v půdě – vodní režim půdní. In: Klika J., Novák V., Gregor A.: Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. Praha, Nakladatelství ČSAV: 440-484.
- ŠANDA M., HRNČÍŘ M., NOVÁK L., CÍSLEROVÁ M. 2006. Vliv půdního profilu na srážkoodtokový proces. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 54: 183-191.
- ŠANDA M., KULASOVÁ A., CÍSLEROVÁ M. 2009. Hydrological processes in the subsurface investigated by water isotopes and silica. *Soil and Water Research*, 4 (Special Issue 2): S83-S92.
- ŠEDA S. 2003. Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách – U Dvou louček. Závěrečná zpráva. Ústí nad Orlicí, Orlická hydrogeologická společnost, s. r. o.: 12 s., 20 příloh
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., KULHAVÝ Z., ŠACH F. 2005. Příspěvek k hydrologické analýze povodí U Dvou louček v Orlických horách. In: *Soil and Water* 4. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: 95-105.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2010. Hydrologická bilance humusového podzolu v lesním povodí v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 133-140.
- TESAŘ M., ŠÍR M., KUBÍK F., PRAŽÁK J., STRNAD E. 1992. Transpirace lesního porostu ve vegetačním období při dostatku vody v půdě. *Lesnictví-Forestry*, 38: 877-888.

HYDROLOGICAL BALANCE OF ELEMENTARY RUNOFF AREA WITHIN FOREST WATERSHED IN THE ORLICKÉ HORY MTS.

SUMMARY

The study aims to reveal hydrodynamic processes within small mountain watershed (i. e. elementary runoff area, EOP); forest stands cover 70% of its area. Authors choose a hydrological balance method which is based on continuous measurement of discharge from watershed, regimen measurement of tensiometer pressures of soil water at 36 locations at four depths and hydraulic heads at 52 piezometers, and daily precipitation at 4 rain gauges. Regimen measurement was conducted in 6 – 10-day interval between the 22nd May and 17th October in the course of growing season 2007, i. e. 17 times during 148 days. Calculations of evapotranspiration were based on hydrological balance of square plot of one-acre area where hydraulic head was measured. Quantities needed for calculations of hydrodynamics in soil profile were determined in laboratory based on field surveys and collection of soil samples.

The hydrological balance allowed us to quantify the evapotranspiration – $E(t,s)$ regime. The evapotranspiration is highly dependent on throughfall and soil moisture. Calculated $E(t,s)$ values having mean 1.65 mm.day^{-1} and ranging $0.2 - 3.0 \text{ mm.day}^{-1}$ during the 22nd May – 17th October 2007 correspond to usual values reported from comparable conditions.

Forest soil transforms infiltrated precipitation like an underground reservoir. Discharge from watershed related to precipitation in given day is somewhat delayed. The reservoir accumulates a surplus of water. On the other hand, the soil supplies plants with water needed for evapotranspiration during periods of drought.

Relationships between total discharge $Q(c)$ from EOP and hydraulic heads (H_v) in auger holes allow us to separate underground, sub-surface and surface flows. The underground flow is $Q(c) \leq 3.2 \text{ l.s}^{-1}$ (from EOP area), the subsurface flow is $Q(c) \leq 11.0 \text{ l.s}^{-1}$. The limit value for underground flow corresponds to mean discharge ($\bar{Q}(c) = 3.7 \text{ l.s}^{-1}$) during growing season.

The water in EOP U Dvou louček feeds hydrogeological structure – bedrocks (gneiss, mica schist) by percolating 0.7 l.s^{-1} , i. e. $2.1 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. In this way, water of EOP origin recharges groundwater in the Orlické hory Mts. Piedmont.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Doc. Ing. Vladimír Švihla, Dr.Sc.
Fügnerova 809, 266 01 Beroun, Česká republika
tel.: 311 622 578; e-mail: svihla.vladimir@centrum.cz

OVĚŘENÍ Vlivu MYKORHIZNÍHO PREPARÁTU NA RŮST A VÝVOJ SMRKOVÝCH SAZENIC NA LS JABLUNKOV

INFLUENCE OF ARTIFICIAL MYCORRHIZATION ON DEVELOPMENT OF SPRUCE SEEDLINGS AT JABLUNKOV (FOREST DISTRICT)

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - MAREK TUMA

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

ABSTRACT

We studied growth of spruce (*Picea abies*) seedlings growing on four study plots at Jablunkov (forest district Jablunkov Forests of the Czech Republic, p. p.). Experimental seedlings were treated with the ectomycorrhizal preparation Ectovit. In following 3 years we examined samples of treated and control plants what concerns of size features as well as mycorrhizal conditions. Results show that artificial inoculation of spruce seedlings with Ectovit slightly positively influenced on numbers of active mycorrhizae. In comparison of growth features we noticed a slight opposite effect.

Klíčová slova: mykorrhizní symbióza, smrk, inokulace, ektomykorrhizní přípravek

Key words: mycorrhizal symbioses, spruce, inoculation, ectomycorrhizal preparation

ÚVOD

V České republice dochází k rozpadu smrkových porostů nižších a středních poloh na nevhodných stanovištích. Nejvíce je postižena oblast Ostravské pánve, Podbeskydské pahorkatiny, ale též oblasti vyšších nadmořských výšek ve Slezských Beskydech. Lesy stresované suchem jsou následně napadány václavkou a kolonizovány lýkožrouty (ŠRÁMEK et al. 2009). Chřadnoucí stromy jsou aktivně vyhledávány a následně káceny a asanovány. Na některých místech již smrk zcela vymizel z dřevinné skladby. Řešením je přeměna smrkových porostů na smíšené lesy (HOLUŠA, LIŠKA 2002).

V ohrožených lokalitách jsou vysazovány přednostně listnaté dřeviny (buk, klen, jasan) se snahou přiblížit se přirozené dřevinné skladbě. I když hlavním cílem je změna dřevinné skladby, teoretickou podpůrnou možností ochrany proti václavce by mohlo být i ošetření kořenového systému sazenic smrku mykorrhizními přípravky.

Právě jedním z hlavních cílů umělé inokulace je úspěšné přežití sazenic po přesazení a stimulace jejich dalšího efektivního růstu ve stresových podmínkách. Zlepšení zdravotního stavu vede zároveň k zvýšení odolnosti vůči různým abiotickým vlivům a biotickým škodlivým činitelům. Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorrhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nízkých koncentracích nebo v nerozpustné formě (GRYNDLER et al. 2004). Mykorrhizy mají ještě jednu významnou schopnost – doveďou přijaté minerální látky kumulovat a v období nedostatku živin je pak uvolňovat a předávat hostitelské rostlině. Rostlina nao-

pak zásobuje mykorrhizní houbu cukry, především monosacharidy. Mykorrhizní symbióza je tedy procesem oboustranně výhodným (PETERSON et al. 2004).

Přípravků k podpoření mykorrhizní symbiózy je využíváno v lesnictví, školkařství, zahradnictví a zemědělství při rekultivaci půd, osazování svahů a okrajů silnic.

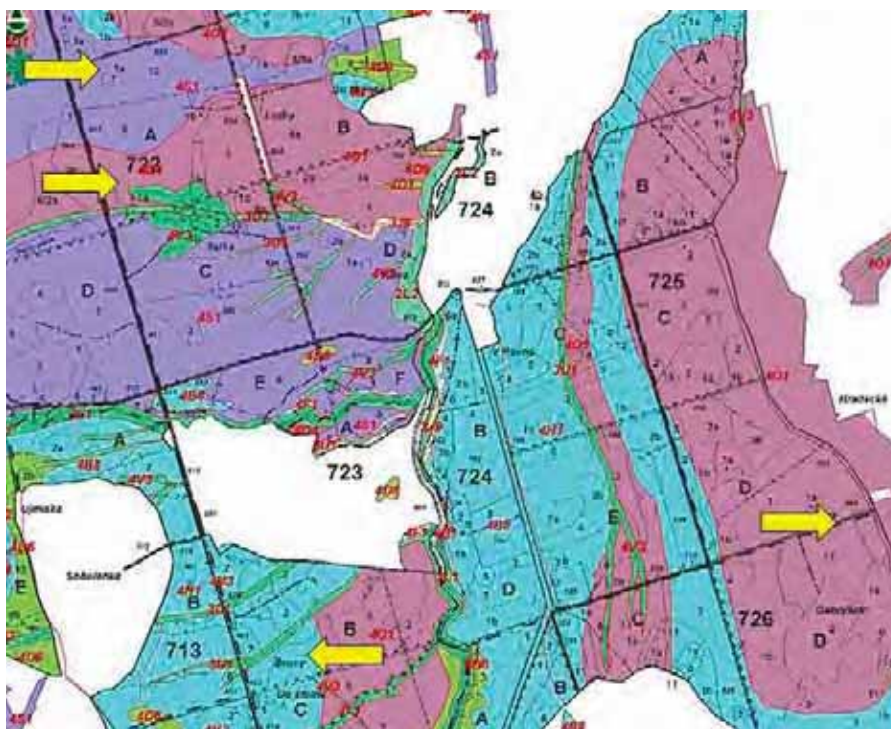
MATERIÁL A METODY

Ověření vlivu mykorrhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic bylo provedeno na vybraných pokusných plochách. Všechny plochy (obr. 1) byly umístěny na LS Jablunkov, revíru Rovina. Plocha č. 1 se podle platného lesního hospodářského plánu nachází v porostní skupině 725 D 7 v 405 m n. m. a leží na úzké holoseči mezi odvozní cestou a jižním okrajem smrkového porostu. Jedná se o rovinu, plně pokrytou travní a bylinnou vegetací a náleží do lesního typu 401 – svěží dubová jedlina štřavelová.

Plocha č. 2 se nachází v porostní skupině 723 B 7 v 403 m n. m. a leží v menší kruhové holoseči ve smrkovém porostu. Jedná se o mírně zvlněnou rovinu s minimálním pokryvem bylinami a trávami. Náleží do lesního typu 4H3 – hlinitá bučina oglejená.

Plocha č. 3 se nachází v porostní skupině 722 A 10 v 448 m n. m. a leží v úzké holoseči mezi odvozní cestou a severním okrajem smrkového porostu. Jedná se o plošinu, plně pokrytou travní a bylinnou vegetací. Náleží do lesního typu 4S1 – svěží bučina štřavelová.

Plocha č. 4 se nachází v porostní skupině 722 A 8 v 415 m n. m. a leží na holoseči mezi odvozní cestou a západním okrajem smrkového porostu. Jedná se o velmi mírný svah, částečně pokrytý trav-



Obr. 1.

Lokalizace pokusných ploch

Location of study plots

ní a bylinnou vegetací. Náleží do lesního typu 401 – svěží dubová jedlina šťavelová.

K zalesnění byly použity čtyřleté prostokořenné sazenice smrku ztepilého. Na plochách nebyla provedena příprava před zalesněním a výsadba byla ruční, jamková.

Rok 2007

Na jaře byl na plochách č. 1 – 4 založen pokus s mykorhizně inokulovanými (ošetřenými) sazenicemi a s kontrolními (neošetřenými) sazenicemi. Sazenice smrku byly ošetřeny ektomykorhizním přípravkem Ectovit (výrobce Symbiom, s. r. o.). Ectovit (obr. 2) je očkovací látka obsahující spory ektomykorhizních hub (*Scleroderma* spp., *Pisolithus* spp. aj.), dvě složky pevného nosiče (směs perlitu a rašeliny) a směsi přírodních látek podporující vznik mykorhizní symbiózy (výtažky z mořských řas, přírodní zdroje dusíku, hořčíku a draslíku). Druhou složkou bylo tekuté médium v polyetylenových sáčcích, které obsahovalo sterilně pěstované mycelium dalších ektomykorhizních hub, vybraných podle cílové dřeviny (<http://www.symbiom.cz/eshop/index.php>).

Na každé z pokusných ploch bylo vysázeno 100 kusů smrkových sazenic máčených v tomto tekutém mykorhizním přípravku a 100 kusů sazenic neošetřených, celkem 800 kusů sazenic.

Na podzim bylo na všech pokusných plochách provedeno vyhodnocení ujmavosti smrkových sazenic. Vzhledem k značným nezdarům provedené výsadby byly z každé plochy odebrány pouze tři ošetřené a tři kontrolní sazenice (celkem 24) pro zhodnocení parametrů sazenic (výška nadzemní části, maximální délka kořene, hmotnost sušiny nadzemní a kořenové části) a mykorhizních poměrů.

Pro zajištění maximální objektivity hodnocení byl výběr odebíraných sazenic v rámci kategorie náhodný. Odebrané vzorky byly označeny v terénu pouze čísly a teprve po provedení analýz jednotlivých sazenic byl k takto anonymně získaným hodnotám přiřazen i typ ošetření (inokulované/kontrolní).

Vlastní vyhodnocení mykorhiz bylo provedeno standardní metodou identifikace všech aktivních a neaktivních mykorhizních špiček na standardních vzorcích všech odebraných sazenic. Hlavní jednotkou při stanovení počtu mykorhiz byl segment kořenu 5 cm dlouhý o průměru do 1 mm. Takto bylo hodnoceno 20 kořenových segmentů na každém kořenovém systému. Úroveň mykorhizních vztahů pak byla hodnocena s využitím dvou parametrů: hustota mykorhizních špiček a jejich procentuální podíl (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Na jednotlivých sazenicích byly dále zjišťovány následující morfologické resp. anatomické znaky, charakterizující jejich stav a vzrůst.

Hodnotící parametry:

1. Hustota aktivních mykorhizních špiček – počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu aktivních mykorhiz vztahovaná na 1 cm délky kořene (cm^{-1})
2. Hustota neaktivních mykorhizních špiček – počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu neaktivních mykorhiz vztahovaná na 1 cm délky kořene (cm^{-1})
3. Procentuální podíl aktivních mykorhizních špiček – poměr aktivních a neaktivních mykorhiz (%)

- | | |
|----|---|
| 4. | Výška nadzemní části – měřená od kořenového krčku po vrchol terminálního pupenu (cm) |
| 5. | Délka hlavního kořene – měřená od kořenového krčku po špici nebo konec záměrně upravené části kořene (cm) |
| 6. | Hmotnost sušiny kořene – průměrná hodnota kořenové sušiny (g) |
| 7. | Hmotnost sušiny nadzemní části – průměrná hodnota sušiny nadzemní části (g) |

Kořenové systémy i nadzemní části odebraných sazenic byly následně využity pro stanovení hmotnosti sušiny. Vzorky byly usušeny v sušárně při 105 °C a zváženy. Naměřené parametry inokulovaných a kontrolních sazenic byly testovány párovým t-testem v programu Statistica.

Roky 2008 - 2009

Na jaře roku 2008 bylo realizováno vylepšení zalesnění provedeného v roce 2007 na všech pokusných plochách. Na ploše č. 1 bylo provedeno vylepšení 70 sazenicemi kontrolními

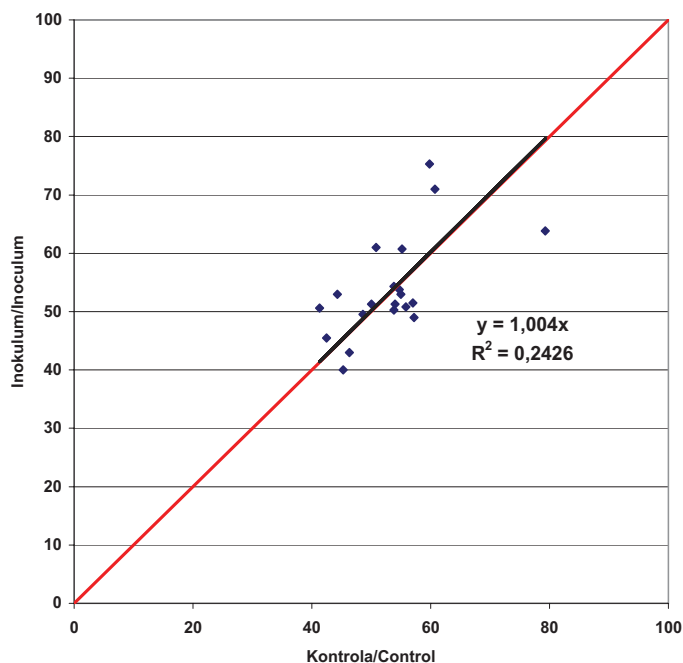
a 50 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 2 bylo provedeno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 50 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 3 bylo realizováno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 40 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 4 bylo realizováno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 50 sazenicemi inokulovanými. Pro jejich vzájemné odlišení byly sazenice z nové výsadby označeny barevnými páskami. K inokulaci kořenových systémů sazenic byl použit stejný přípravek a stejný způsob aplikace jako při zakládání pokusu v roce 2007.

Na podzim roku 2008 a v létě roku 2009 bylo provedeno vyhodnocení ujímavosti a stavu smrkových sazenic. Z každé pokusné plochy byly dále odebrány tři ošetřené a tři kontrolní sazenice z výsadby z roku 2007, dvě sazenice ošetřené a dvě kontrolní z výsadby z roku 2008 (celkem 40 + 40) pro laboratorní zhodnocení parametrů sazenic a mykorrhizních charakteristik. Výběr sazenic byl náhodný. Podobně jako v předešlém roce i zde byly odebrané vzorky označeny pouze čísly a teprve po provedení analýz jim byl přiřazen typ ošetření (inokulované/kontrolní).



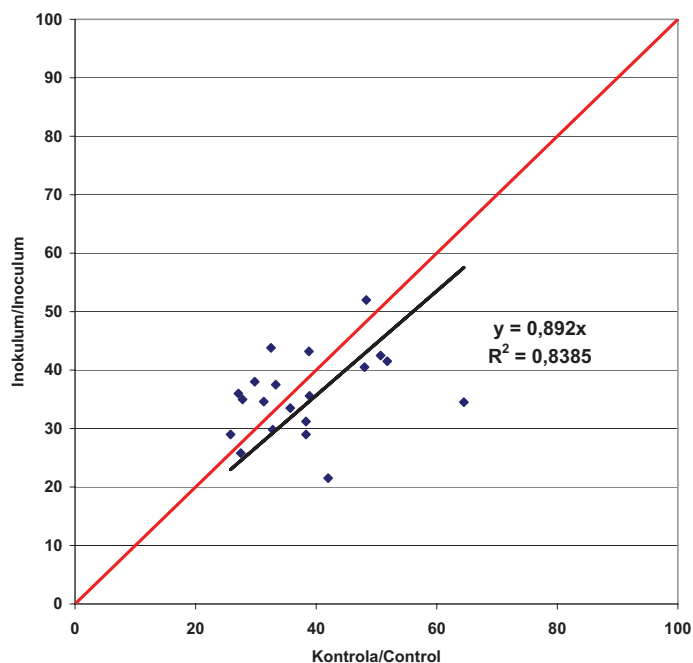
Obr. 2.

Ektomykorrhizní přípravek a jeho aplikace na kořenech smrku
Application of ectomycorrhizal preparation on spruce roots



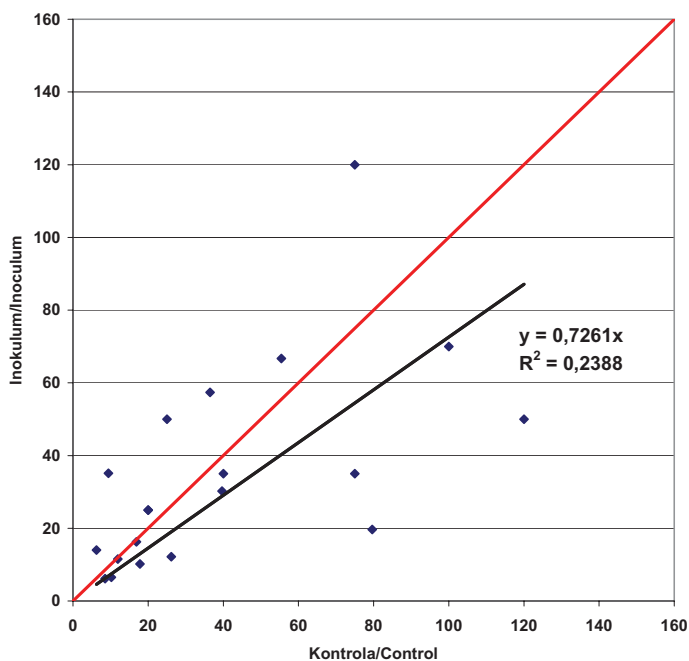
Obr. 3.

Porovnání výšky nadzemní části inokulovaných a kontrolních sazenic
Comparison of treated and control plants: above-ground height



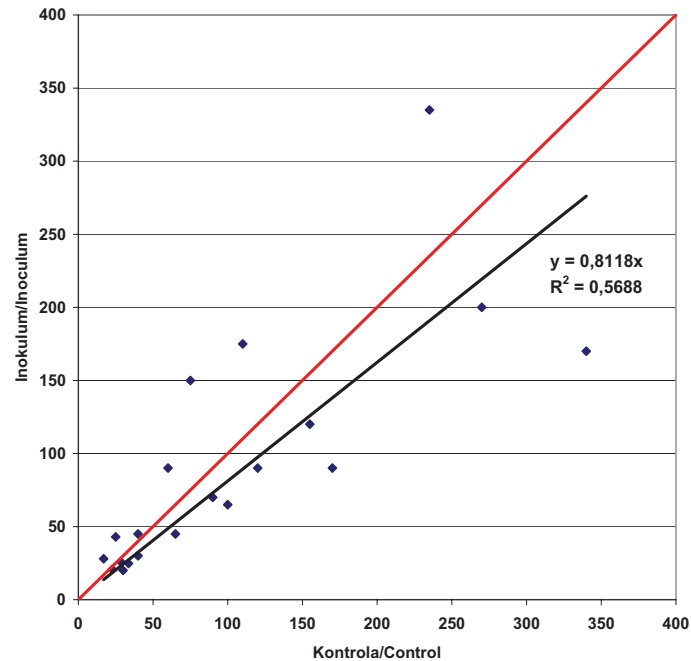
Obr. 4.

Porovnání délky kořene inokulovaných a kontrolních sazenic
Comparison of treated and control plants: maximum length of root



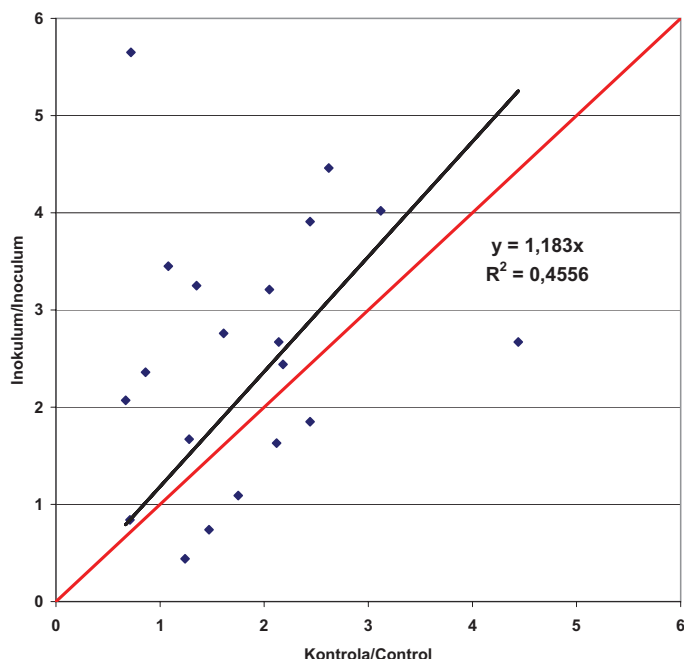
Obr. 5.

Porovnání sušiny kořenů inokulovaných a kontrolních sazenic
Comparison of treated and control plants: dry matter of roots



Obr. 6.

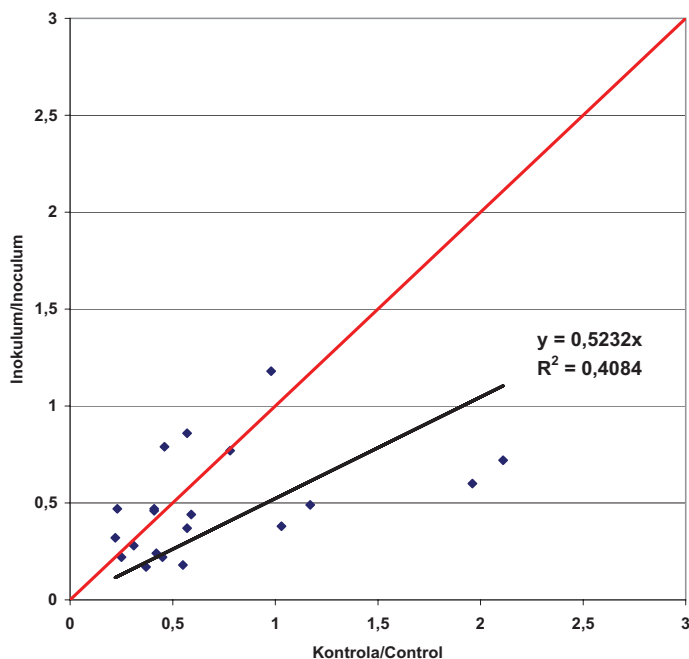
Porovnání sušiny nadzemní části inokulovaných a kontrolních sazenic
Comparison of treated and control plants: dry matter of above-ground parts



Obr. 7.

Porovnání hustoty aktivních mykorrhiz inokulovaných a kontrolních sazenic

Comparison of treated and control plants: density of active mycorrhizae



Obr. 8.

Porovnání hustoty neaktivních mykorrhiz inokulovaných a kontrolních sazenic

Comparison of treated and control plants: density of non-active mycorrhizae

VÝSLEDKY

Rok 2007

Pro zjištění schopnosti mykorrhizního přípravku stimulovat růst sazenic v chřadnoucích smrkových porostech a lépe tak odolávat škodlivým abiotickým vlivům či biotickým činitelům jsme použili jednoduché srovnání sazenic s aplikací mykorrhizního přípravku proti kontrolním sazenicím, které přineslo tyto výsledky:

Ujímavost a růst sazenic byla do značné míry ovlivněna průběhem počasí, které se v první polovině roku vyznačovalo trvale nadprůměrnými teplotami a zároveň po celé období výrazným srážkovým deficitem. Především v dubnu při zalesňování byl měsíční úhrn srážek jen 10,8 mm. Ujímavost sazenic se pohybovala od 25 do 54 %. Porovnání kontrolních a inokulovaných variant přineslo tyto výsledky:

Na kontrolních výsadbách byla zjištěna ujímavost sazenic 41 % a na plochách s inokulovanými sazenicemi 45 %.

Výška nadzemní části inokulovaných sazenic se pohybovala od 44,0 cm do 58,5 cm a kontrolních od 35,4 cm do 68,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic se pohybovala od 25,2 cm do 44,2 cm a kontrolní varianta vykazovala délku od 18,5 cm do 49,3 cm.

Průměrná hmotnost sušiny nadzemních částí inokulovaných sazenic se pohybovala od 20,7 g do 28,0 g a kontrolních od 16,9 g do 33,6 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů inokulovaných sazenic byla od 6,5 g do 14,0 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů u kontrolní varianty byla od 6,3 g do 11,9 g.

Studium mykorrhizních poměrů na pokusných plochách ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz u inokulovaných sazenic se pohybovala od 0,01 cm⁻¹ do 8,23 cm⁻¹ a kontrolních od 0 cm⁻¹

do 4,09 cm⁻¹. V případě hustoty neaktivních mykorrhiz inokulovaných sazenic byly zjištěny hodnoty od 0,23 cm⁻¹ do 1,75 cm⁻¹, u kontrolní varianty od 0,23 cm⁻¹ do 2,49 cm⁻¹. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz inokulovaných sazenic se pohyboval od 2 % do 97 % a kontrolních sazenic od 0 % do 86 %.

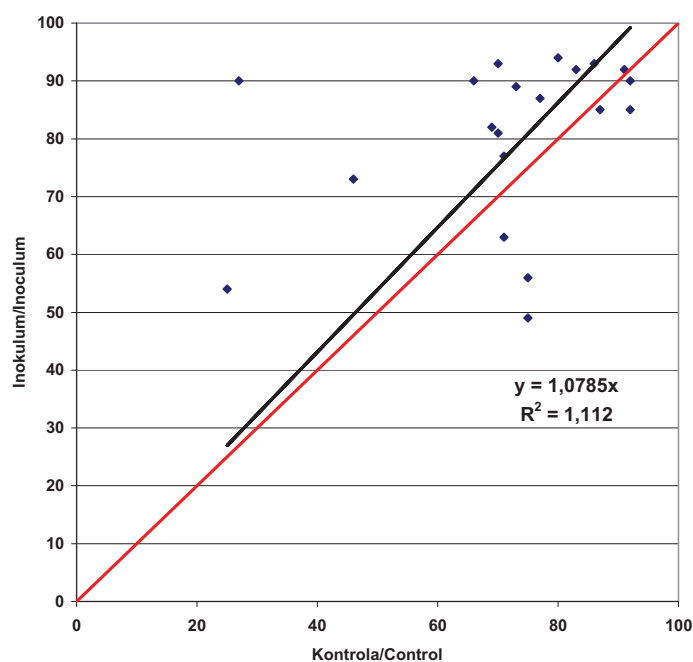
Při podzimní kontrole byly na pokusných plochách nalézány plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*), avšak na odebraných sazenicích nebyla její přítomnost zaznamenána.

Rok 2008

Srovnání sazenic s aplikací mykorrhizního přípravku proti kontrolním přineslo tyto výsledky:

Z výsadby provedené na jaře roku 2007 přežilo na plochách s kontrolními sazenicemi 34 % a na plochách s inokulovanými sazenicemi 29 %. Z jarního vylepšení roku 2008 byla ujímavost kontrolních sazenic 90 % a inokulovaných 75 %.

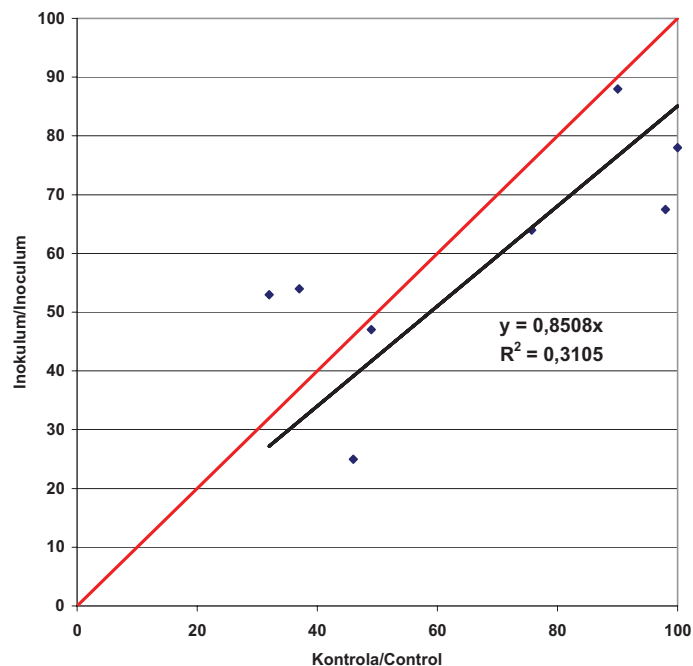
Výška nadzemní části u inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v rozmezí od 39,0 cm do 74,0 cm, u kontrolních sazenic od 39,0 cm do 62,0 cm. V případě sazenic z vylepšení se výška inokulovaných sazenic pohybovala od 40,0 cm do 51,5 cm a kontrolních od 41,5 cm do 52,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 19,0 cm do 49,0 cm a kontrolních od 22,0 cm do 44,0 cm. Délka kořene u inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 20,5 cm do 56,0 cm a kontrolních od 23,0 cm do 49,0 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic z výsadby roku 2007 se pohybovala od 90,0 g do 175,0 g a kontrolních od 75,0 g do 155,0 g. Sušina inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 20,0 g do 45,0 g a kontrolních od 25,0 g do 40,0 g. Průměrná sušina



Obr. 9.

Porovnání procentuálního podílu aktivních mykorrhiz inokulovaných a kontrolních sazenic

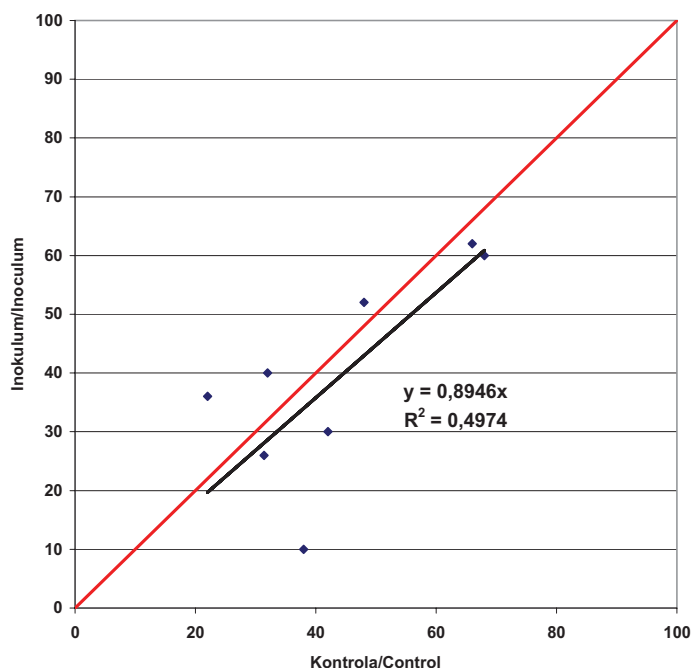
Comparison of treated and control plants: percentage of active mycorrhizae



Obr. 10.

Porovnání ujmavosti inokulovaných a kontrolních sazenic po prvním roce

Comparison of treated and control plants: rooting



Obr. 11.

Porovnání přežití inokulovaných a kontrolních sazenic po druhém roce

Comparison of treated and control plants: survival

kořenů inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v hodnotách od 19,7 g do 66,7 g a kontrolních od 36,5 g do 79,6 g. Sušina kořenů inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 6,1 g do 35,1 g a kontrolních od 8,6 g do 26,2 g.

Vyhodnocení mykorrhizních parametrů ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 0 cm⁻¹ do 2,95 cm⁻¹ a kontrolních od 0,23 cm⁻¹ do 2,21 cm⁻¹. Hustota aktivních mykorrhiz z vylepšení se pohybovala u inokulovaných sazenic od 0,12 cm⁻¹ do 4,43 cm⁻¹ a kontrolních od 0,18 cm⁻¹ do 2,57 cm⁻¹. Hustota neaktivních mykorrhiz z výsadby v roce 2007 inokulovaných sazenic byla od 0,17 cm⁻¹ do 1,20 cm⁻¹ a kontrolních od 0,31 cm⁻¹ do 3,71 cm⁻¹. U inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 0,14 cm⁻¹ do 0,52 cm⁻¹ a u kontrolních od 0,16 cm⁻¹ do 0,52 cm⁻¹. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz sazenic inokulovaných v roce 2007 se pohyboval od 0 % do 89 %, u kontrolních od 13 % do 88 %. U inokulovaných sazenic z vylepšení byl od 26 % do 95 %, u kontrolních od 30 % do 94 %.

Při provedené podzimní kontrole nebyly plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na pokusných plochách nalézány, avšak při laboratorním zpracování odumřelých sazenic bylo na bázi kmínku dvou sazenic kontrolní varianty z výsadby z roku 2007 a jedné kontrolní sazenice z vylepšení zjištěno syroccium václavky.

Rok 2009

Srovnání hodnocených parametrů sazenic s aplikací mykorrhizního přípravku proti kontrolním variantám přineslo tyto výsledky:

Z jarní výsadby roku 2007 přežilo 25 % kontrolních sazenic a 25 % inokulovaných sazenic. Z vylepšení provedeného na jaře 2008 přežilo 51 % kontrolních sazenic a 49 % inokulovaných sazenic.

Výška nadzemní části u inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v rozmezí od 52,5 cm do 87,0 cm, u kontrolních sazenic od 52,5 cm do 85,5 cm. V případě sazenic z vylepšení se výška inokulovaných sazenic pohybovala od 45,0 cm do 68,0 cm a kontrolních od 47,5 cm do 59,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 23,0 cm do 67,0 cm a kontrolních od 26,0 cm do 83,0 cm. Délka kořene u inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 22,0 cm do 55,0 cm a kontrolních od 17,0 cm do 63,0 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic z výsadby roku 2007 se pohybovala od 90,0 g do 335,0 g a kontrolních od 170,0 g do 340,0 g. Sušina inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 45,0 g do 90,0 g a kontrolních od 60,0 g do 100,0 g. Průměrná sušina kořenů inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v hodnotách od 35,0 g do 120,0 g a kontrolní varianty od 75,0 g do 120,0 g. Sušina kořenů inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 25,0 g do 50,0 g a kontrolních od 20,0 g do 40,0 g.

Vyhodnocení mykorrhizních charakteristik ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 1,50 cm⁻¹ do 9,14 cm⁻¹ a kontrolních od 0,50 cm⁻¹ do 3,83 cm⁻¹. Hustota aktivních mykorrhiz z vylepšení se pohybovala u inokulovaných sazenic od 1,76 cm⁻¹ do 4,72 cm⁻¹ a kontrolních od 1,42 cm⁻¹ do 5,92 cm⁻¹. Hustota neaktivních mykorrhiz z inokulovaných sazenic z výsadby v roce 2007 se pohybovala od 0,20 cm⁻¹ do 1,41 cm⁻¹ a kontrolních od 0,13 cm⁻¹ do 1,64 cm⁻¹. U inokulovaných sazenic z vylepšení se hodnoty pohybovaly od 0,12 cm⁻¹ do 0,48 cm⁻¹ a kontrolních od 0,35 cm⁻¹ do 1,37 cm⁻¹. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz sazenic inokulovaných v roce 2007 se pohyboval od 62 % do 94 %, u kontrolních od 43 % do 95 %. U inokulovaných sazenic z vylepšení byl od 86 % do 96 %, u kontrolních od 55 % do 92 %.

Při kontrole nebyly plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na pokusných plochách nalézány. Při laboratorním zpracování odumřelých sazenic bylo na bázi kmínku jedné sazenice inokulované varianty z výsadby z roku 2007 potvrzeno syroecium václavky.

Souhrnné porovnání inokulovaných a kontrolních sazenic

Průměrná ujmavost inokulovaných sazenic smrku (výsadba z r. 2007) byla 60 % a kontrolních sazenic 66 %. Přežití sazenic do druhého roku (2008, 2009) u inokulovaných sazenic bylo 40 % a kontrolních sazenic 43 %. Průměrná výška nadzemní části inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 53,9 cm a kontrolních 53,3 cm. Průměrná délka kořene inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 35,7 cm a kontrolních 38,2 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 91,9 g a kontrolních sazenic 101,4 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 34,8 g a kontrolních 39,7 g. Průměrné hodnoty hustoty aktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byly 2,56 cm⁻¹ a kontrolních sazenic 1,81 cm⁻¹. Hodnoty hustoty neaktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byly 0,48 cm⁻¹

a kontrolních sazenic 0,69 cm⁻¹. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byl 80 % a kontrolních 71 %.

Vzhledem k tomu, že v pokusu jsou hodnoceny různě staré sazenice a analýza zahrnuje poměrně malý počet vzorků v mnoha kategoriích, bylo zvoleno grafické porovnání inokulovaných a kontrolních sazenic. Pro odfiltrování vlivu roku, stanoviště a různého věku sazenic byly porovnávány průměrné hodnoty inokulovaných a kontrolních sazenic získané ze stejných ploch. Sledovanými parametry byla délka kořene, výška nadzemní části, sušina nadzemní a kořenové části, hustota aktivních a neaktivních mykorrhiz, procento aktivních mykorrhiz. Pokud by ošetření části sadebního materiálu nemělo vliv, obě sledované hodnoty parametru by měly být podobné, tj. v ideálním případě hodnoty z kontrolních sazenic rovny hodnotám inokulovaných rostlin. V tom případě by tyto hodnoty v grafickém vyjádření ležely na přímce se směrnici 1. Jednotlivé body jsou samozřejmě díky vlivu přirozené biologické variability v různé míře odchýleny od této přímky. Pokud má inokulace vliv, lze tyto body charakterizovat regresní přímkou, která má jiný sklon. Čím je odklon větší, tím je odchylka sledované veličiny a tedy vliv ošetření výraznější. Pokud má tato regresní přímka směrnici menší než 1, hodnoty naměřené na kontrolních sazenicích jsou větší než hodnoty měřených inokulovaných sazenic a opačně. Hodnota R² charakterizuje, v jaké míře se jednotlivé hodnoty odchylují od této přímky (jak přesně regrese reprezentuje naměřená data).

Při srovnání výšky nadzemní části (obr. 3) leží přímka přímo na neutrální ose, z čehož je možné odvodit, že kontrolní sazenice a ty inokulované se neliší. Při hodnocení délky kořene (obr. 4) můžeme body charakterizovat přímkou se směrnici 0,89. Tato přímka leží mírně pod neutrálními hodnotami, což naznačuje, že délka kořene u kontrolních rostlin byla mírně vyšší než u inokulovaných. Odchylka není příliš velká.

Sušina kořenové části má směrnici 0,73 (obr. 5), to znamená, že hmotnost kořenů u inokulovaných sazenic byla výrazně nižší než u kontrolních. Sušina nadzemní části (obr. 6) vykazuje velmi podobné hodnoty (směrnice je 0,81) a hodnota R² vyjadřuje velmi dobrou shodu těchto bodů. Sušina je v průměru nižší u inokulovaných sazenic než u kontrolních.

Při vlastní analýze mykorrhizních charakteristik se však ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz (obr. 7) je podle očekávání vyšší u inokulovaných sazenic. Přímka, která aproximuje tyto hodnoty, má směrnici 1,18 a korelace je poměrně vysoká. Hustota neaktivních mykorrhiz (obr. 8) při přibližně stejné korelaci je výrazně nižší, prakticky poloviční (zjištěná směrnice je 0,52). Z toho lze usuzovat, že inokulace sazenic měla pozitivní vliv na zastoupení mykorrhiz na kořenech. Procento aktivních mykorrhiz (obr. 9) při malé korelaci těchto bodů je však velmi blízké neutrální hodnotě.

Z hodnocení ujmavosti sazenic z prvního roku (obr. 10) vyplývá, že srovnání obou variant lze charakterizovat regresí se směrnici 0,85, která leží značně mimo neutrální osu. To znamená, že ujmavost kontrolních sazenic byla vyšší než inokulovaných. Přežití po druhém roce (obr. 11) se již blíží neutrální přímce.

Neparametrické testy souborů inokulovaných a kontrolních neprokázaly statisticky významné rozdíly v žádné ze zkoumaných veličin. Pouze hodnoty hustoty aktivních mykorrhiz se při parametrickém t-testu přiblížily kritické hodnotě ($p = 0,056$).

DISKUSE

Pozitivní vliv umělé inokulace semenáčků mykorhizními houbami je prokázán ve sterilních kulturách, hrncových a polních pokusech (CUDLÍN et al. 1983, DIXON et al. 1998, HATCH 1937, KROPÁČEK 1987, 1989, MORTIER et al. 1989, KOWALSKI 2007, PARKE et al. 1984, SZABLA 2005, THEODOROU 1968, aj.). Přehled výsledků pokusů s mykorhizními houbami přináší práce CASTELLANA (1996), ve které analyzuje dostupné výsledky převážně terénních inokulačních experimentů. Ze statistické analýzy provedené pro všechny druhy dřevin i typy inokula dohromady vyplývá, že aplikace mykorhizního inokula velmi zřídka vede k inhibici růstu dřevin. K prokazatelné stimulaci došlo asi u poloviny pokusů.

Jedním z důvodů nejednoznačnosti výsledků může být nemožnost srovnání mykorhizních dřevin s čistě nemyorhizními, kontrolními variantami, které je velmi obtížné v terénu získat. Proměnlivost výskytu těchto mikroorganismů v přirozených podmínkách i v závislosti na půdních poměrech a také vliv neopakovatelných klimatických podmínek po několik testovaných vegetačních období jsou jednou z hlavních příčin velkých rozdílů u experimentálně získaných výsledků s umělou inokulací semenáčů a sazenic (PEŠKOVÁ 2000).

Všechna srovnání růstových charakteristik smrkových sazenic ošetřených přípravkem Ectovit v našich pokusech buď naznačují, že inokulum nemělo vliv na sledované parametry nebo byl vliv negativní. Uvedená zjištění jsou v rozporu s deklarovaným vlivem inokula na růst a vývoj sazenic v rozsáhlých studiích realizovaných v Polsku, kde byly prokázány statisticky průkazné rozdíly u sazenic borovice lesní inokulovaných houbami *Hebeloma crustuliniforme* a *Laccaria bicolor* proti sazenicím kontrolním v případě hodnocených růstových charakteristik - výška nadzemní části, roční přírůsty, tloušťka kořenového krčku aj. (KOWALSKI 2007). Vyšší hodnoty výšky nadzemní části u mykorhizovaných sazenic byly prokázány i u několika dalších dřevin včetně smrku (KOWALSKI 2007, SZABLA 2005). Naopak TUČEKOVÁ et al. (2009) ve svých prvních výsledcích s ověřováním efektivnosti mykorhizního preparátu VAMBAC na růst sazenic vysázených na kalamitních holinách Kysúc uvádí slabý pozitivní vliv preparátu na výšku sazenic a tloušťku kořenového krčku. Příznivě se po prvním vegetačním období od ošetření smrku mykorhizním přípravkem vyvíjely jemné vlásečnicové kořeny (TUČEKOVÁ et al. 2009).

Nebyl prokázán ani rozdíl v ujímavosti inokulovaných a kontrolních sazenic na všech našich testovaných plochách. Výzkumy v Polsku v oblastech zničených požárem ukázaly, že po pěti letech přežilo 37 % sazenic inokulovaných mykorhizní houbou *H. crustuliniforme* a 26 % inokulovaných houbou *L. bicolor*, kontrolní sazenice odumřely všechny (KOWALSKI 2007).

Při vlastní analýze mykorhizních charakteristik se však ukázalo, že hustota aktivních mykorhiz je podle očekávání vyšší u inokulovaných sazenic. Hustota neaktivních mykorhiz při přibližně stejné korelaci je výrazně nižší, prakticky poloviční. Z toho lze usuzovat,

že inokulace měla pozitivní vliv na zastoupení mykorhiz na kořenech. V práci HOLUŠA et al. (2009) se rovněž potvrdilo, že hustota aktivních mykorhiz i procentuální podíl aktivních mykorhiz byla prokazatelně vyšší u inokulovaných sazenic. Výsledky byly průkazné i přesto, že půdy na zalesňovaných plochách obsahují oproti umělým substrátům autochtonní ektomykorhizní houby a celou řadu mikroorganismů s potenciálními symbiotickými vztahy, které mohou vytvořit nekontrolovatelné interakce, ovlivnit růst sazenic a zastřít případně i rozdíl mezi očkovanými a kontrolními variantami (GRYNDLER et al. 2004). Ve svých pokusech s umělou inokulací borovic REPÁČ (2007) rovněž uvádí, že semenáčky borovic bývají významnou měrou kolonizovány původními, přirozeně se vyskytujícími symbiotickými houbami. K spontánnímu vzniku mykorhiz tak dochází i u neočkovaných kontrol, které v některých pokusech vykazovaly i vyšší průměrné hodnoty (CAISOVÁ 1994).

ZÁVĚR

Umělá inokulace smrkových sazenic mykorhizním přípravkem slabě pozitivně ovlivnila rozvoj aktivních mykorhiz. V hodnocení růstových charakteristik (výška nadzemní části, délka kořene, sušina nadzemní a kořenové části) byl pozorován mírný opačný efekt. Na rozvoji mykorhiz a vzrůstu sazenic se podílí mnoho faktorů, které lokálně a časově kolísají. Vzhledem k rozsahu souboru jde o závěry předběžné, založené na minimálním počtu zkoumaných jedinců. Výsledky by bylo vhodné upřesnit dalším sledováním na rozsáhlejší materiálu včetně případného zapojení dalších metod, jako je např. identifikace hub molekulárními metodami.

Vyhodnocení pokusu přineslo nejednoznačné výsledky. Jedním z důvodů nejednoznačnosti výsledků může být kvalita inokula a mimo jiné i proměnlivost výskytu přirozených mikroorganismů (primární přirozená mykorhizace) v závislosti na půdních poměrech a také vliv neopakovatelných klimatických podmínek a případné mikroklimatické rozdíly v průběhu testovaného období. Na základě vyhodnocení tohoto pokusu nelze metodu umělé inokulace sazenic pro lesnickou praxi v inkriminované oblasti odmítnout (vede patrně k vyššímu zastoupení aktivních mykorhiz). Je však nutné zohlednit ekonomické náklady.

Na druhou stranu je třeba mít na paměti, že umělou mykorhizací provádíme nekontrolovatelnou a neomezenou distribuci různých očkovacích přípravků do prostředí (bez přesné znalosti druhového složení).

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ za přispění Lesů České republiky, s. p., Grantové služby LČR.

LITERATURA

- CAISOVÁ V. 1994. Hodnocení mykorrhizace sazenic smrku pichlavého (*Picea pungens*) po aplikaci tekutého a suchého inokula lakovky (*Laccaria proxima*). Práce VÚLHM, 79: 117-123.
- CASTELLANO M. A. 1996. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji K. G. (ed.): Concepts in Mycorrhizal Research. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers B.V.: 223-301.
- CUDLÍN P., MEJSTRÍK V., SKOUPÝ J. 1983. Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. Plant Soil, 71: 353-361.
- DIXON R. K., GARRETT H. E., COX G. S., MARX D. H., SANDER I. L. 1998. Inoculation of three *Quercus species* with eleven isolates of ectomycorrhizal fungi. I. Inoculation success and seedling growth relationships. Forest Science, 30/2: 364-372.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁTKA M. 2004. Mykorrhizní symbióza. O soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- HATCH A. B. 1937. The physical basis of mycotrophy in genus *Pinus*. Black Rock Forest Bull., 6: 168 s.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. 2002. Hypotéza hynutí smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). Zprávy lesnického výzkumu, 47/1: 9-15.
- HOLUŠA J., PEŠKOVÁ V., VOŠTRÁ L., PERNEK M. 2009. Impact of mycorrhizal inoculation on spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests infested by honey fungus. Periodicum Biologorum, 111/4: 413-417.
- KOWALSKI S. (ed.) 2007. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych: 398 s.
- KROPÁČEK K. 1987. Testování granulovaného inokula za sterilních a polosterilních podmínek. In: Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub. Sborník referátů, DT Pardubice, ČSVTS: 65-71.
- KROPÁČEK M. 1989. Umělá mykorrhizace sadebního materiálu lesních dřevin. Kandidátská disertace. Rukopis. Praha, VŠZ: 145 s.
- MORTIER F., LE TACON F., GARBAYE J. 1989. Effect of dose and formulation of *Laccaria laccata* inoculum on mycorrhizal infection and growth of Douglas-fir in a nursery. Agric., Ecosystems Environ., 28: 351-354.
- PARKE J. L., LINDERMAN R. G., TRAPPE J. M. 1984. Inoculum potential of ectomycorrhizal fungi in forest soils of Southwest Oregon and Northern California. Forest Science, 30/2: 300-304.
- PEŠKOVÁ V. 2000. Mykorrhizní inokulace, cesta, jak zlepšit ujmavost sazenic. Lesnická práce, 79/3: 120-121.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2006. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. Review. Zprávy lesnického výzkumu, 51/4: 61-68.
- PETERSON R. L., MASSICOTTE H. B., MELVILLE L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. National Research Council of Canada: 173 s.
- REPÁČ I. 2007. Poznatky z aplikácie symbiotických húb pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). In: Saniga M., Jaloviar P., Kucbel S. (eds.): Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia, Zborník pôvodných vedeckých prác. Zvolen, Technická univerzita: 163-170.
- SZABLA K. 2005. Mikoryzacja sadzonek a efekty hodowlane w uprawach. Autoreferat disertační práce. Warszawa, Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych: 67 s.
- ŠRÁMEK V., SOUKUP F., SLODIČÁK M., BALCAR V., HELLEBRANDTOVÁ K., LACHMANOVÁ Z., NOVÁK J., NOVOTNÝ R., PEŠKOVÁ V., VÍCHA Z., VEJPUŠKOVÁ M., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. 2009. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. Grantová služba LČR – 05/09: 100 s.
- THEODOROU C. 1968. Inositol phosphate in needles of *Pinus radiata* D. DON. and the phytase activity of mycorrhizal fungi. Proceedings of the 9th International Congress of Soil Science, 3: 483-493.
- TUČEKOVÁ A., LONGAUEROVÁ V., LEONTOVÝČ R. 2009. Poznatky z testovania mykorizovaného preparátu Vambac na smreku (*Picea abies* L.) v oblasti s dlhodobou zvýšeným stavom *Armillaria* sp. In: Mykorrhiza v lesích a možnosti její podpory. Sborník referátů. ČLS, VÚLHM, MZE: 52-58.

INFLUENCE OF ARTIFICIAL MYCORRHIZATION ON DEVELOPMENT OF SPRUCE SEEDLINGS AT JABLUNKOV (FOREST DISTRICT)

SUMMARY

Forests in forest district Jablunkov Forests of the Czech Republic, p. p., have been partly affected by intensive development of spruce chlorosis in the last years. As a result, some trees are drying up and eventually die. There is a plan to alter spruce monocultures to mixed forests. Other possible approach is application of a root mycorrhizal preparation that may improve survival and successful development of seedlings after replanting and reinforce their effective growth in stress conditions. It should theoretically improve their health status and resistance against abiotic and biotic damaging agent (GRYNDLER 2004, KOWALSKI 2007).

We established four study plots in typical biotopes where 100 treated and 100 control seedlings of Norway spruce were planted. For inoculation we used liquid ectomycorrhizal preparation Ectovit (a product from Symbiom, Ltd.) according to recommended procedure.

In subsequent 3 years we randomly sampled treated and control plants for analyses of size features like: above-ground height, maximum length of roots, dry matter of roots and above-ground part. Development of mycorrhizal conditions was investigated by analysing some plants.

Results show that artificial inoculation of spruce seedlings with Ectovit slightly positively influenced on numbers of active mycorrhizae. In comparison of growth features we noticed a slight opposite effect.

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

ANALÝZA MALÝCH A STŘEDNÍCH PILAŘSKÝCH PODNIKŮ V ČR

ANALYSIS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED SAWMILLS IN CR

JAN BOMBA - MARTIN BÖHM - PŘEMYSL ŠEDIVKA

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

The timber industry has a long-standing tradition in the Czech Republic. In the past it went through a number of changes and followed a course that was significantly different from the developments taking place in the countries of Western Europe. For some time the industry has been undergoing a process of restructuring. Due to the absence of a register of saws and their characteristics, a new survey was launched in order to monitor the capacity of sawmills currently operating in the Czech Republic and to establish their technical and technological parameters. The survey was conducted over two years and involved over 700 companies, of which 195 provided the requested data. The companies were classified into five groups according to their cutting capacity. The survey took into account the technological and material characteristics, the degree of mechanization, the question of adding value to final products, waste disposal and potential for further investments. The data were processed for all the five classes and the results were compared.

Klíčová slova: dřevařský průmysl, pilařský podnik, strojní vybavení, technologické charakteristiky

Key words: timber industry, sawmills, technological and material characteristics

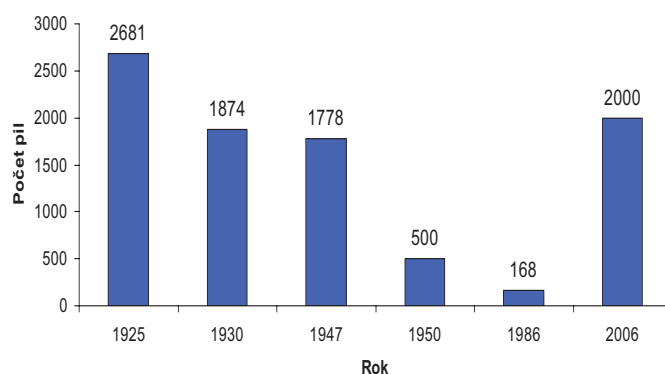
ÚVOD

Dřevařský průmysl má v ČR dobrou surovinovou základnu. Lesní plochy zaujímají 7 886 519 ha, tedy přibližně 33 % plochy celé České republiky. Ročně se vytěží okolo 16 mil. m³ dřeva a z toho více jak 47 % je zpracováno pilařskými technologiemi (Zpráva o stavu lesa, 2008). Dřevo jako přírodní materiál je stále více používáno i ve stavebnictví, které v minulosti výrazně dřevo potlačovalo a nahrazovalo ho jinými materiály. Tomuto trendu se přizpůsobuje i dřevařský průmysl, ale vyrovnaní jeho úrovně se zeměmi západní Evropy bude ještě nějakou dobu trvat.

Důvodem je přerušení tradice druhou světovou válkou a následně nástup řízeného hospodářství. Po znárodnění byla většina pil zrušena nebo převedena na jinou výrobu. Dřevařský průmysl byl zařazen mezi neprioritní a útlumová odvětví. Období centrálně řízeného hospodářství téměř úplně zrušilo tradiční formu předávání zkušeností a kvalifikačních poznatků pilařských podnikatelů, které v jiných sousedních zemích probíhalo nepřetržitě (FRIESS 2003). Graf 1 prezentuje vývoj počtu pil v průběhu minulého století.

Situace se nezlepšila ani po roce 1989, kdy po vlnách restitucí a zakládání nových pilařských podniků zaznamenává dřevařský průmysl bouřlivý rozvoj. Došlo k rozpadu stávající struktury a zakládání nových podniků. Právě ty byly často stavěny pod heslem „lacině postavit a rychle vydělávat“. Důsledky tohoto směru vývoje pak byly:

- nízká až primitivní technická i technologická úroveň většiny nově do provozu uváděných zařízení;
- vysoký podíl ruční práce a nízká produktivita (hlavně léta 1990 – 1993);



Zdrojová data: FRIESS 2003, PRAŽAN, PŘÍKASKÝ 2007

Graf 1.

Vývoj počtu pil v ČR od roku 1925 do roku 2006

Development of sawmills in CR since 1925 to 2006

Pozn.: V roce 1930 jsou uváděny pouze pily s více než 10 zaměstnanci, v roce 1947 se jedná o počet pil před úplným znárodněním, počet pil v roce 2006 je považován za odhad.

- odbytové problémy tuzemských výrobců strojně-technologického zařízení a tím útlum jejich výroby;
- zvýšení zpracovatelské kapacity na asi 145 – 160 % úrovně konce 80. let minulého století;
- nedostatek suroviny, což v období liberalizace cen znamená prudké zvýšení její ceny;

- nové provozy často vlastnili a řídili lidé v oblasti zpracování dřeva bez vzdělání, zkušeností i citu, v mezích případech i bez zájmu o něj (JANÁK 1999, FRIESS 2003).

Během tohoto období téměř utichla také publikační činnost a tento trend přetrvává dodnes. Ze zmíněného období nám chybí údaje o počtech podniků, jejich strojním vybavení, majetkoprávních vztazích apod. Cílem tohoto výzkumu je analýza současného stavu malých a středních pilařských podniků na území ČR se zaměřením na jejich strojní vybavení, surovinové a výrobní charakteristiky a další technicko-technologické vlastnosti.

Velikost podniku

Velikost produkční jednotky (závodu, provozu, firmy) je velmi frekventovaným pojmem v mnoha souvislostech, přičemž často chybí přesné vymezení tohoto pojmu.

V současné době jsme svědky nebývalého zájmu o problematiku drobných a středních firem. Právě tyto velikostní kategorie bývají označovány za páteř ekonomiky, hlavního řešitele problémů nezaměstnanosti, nositele zdravého podnikatelského rizika a mnoha jiných ekonomických čtností (FRIESS 2006).

Velikost firmy může být vyjádřena fyzicky – prostorovou rozlehlostí, dále pak výstupem produkce v technických jednotkách nebo v hodnotovém vyjádření, často bývá také vyjádřena počtem zaměstnanců. V tomto článku je velikost posuzována podle roční kapacity pořezu.

Velikost jako kapacitní údaj

Nejmenší pily	pod 1 000 m ³ kulatiny ročního pořezu	
Malé pily 1	1 000 -	4 999 m ³ kulatiny ročního pořezu
Malé pily 2	5 000 -	19 999 m ³ kulatiny ročního pořezu
Střední pily	20 000 -	99 999 m ³ kulatiny ročního pořezu
Velké pily	100 000 -	499 999 m ³ kulatiny ročního pořezu
Velkopily	nad 500 000 m ³ kulatiny ročního pořezu	

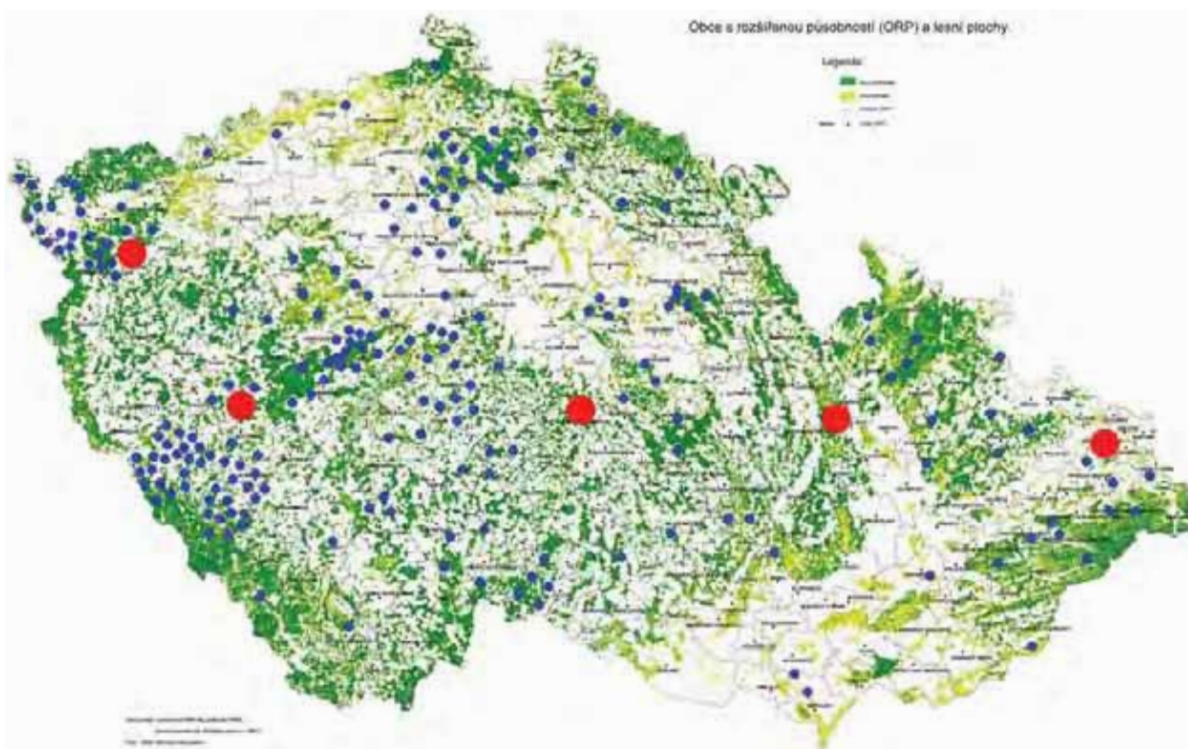
(MANTAU 2006)

METODIKA

Získání informací o existenci pilařských podniků na území ČR

Vzhledem ke skutečnosti, že neexistuje žádná aktuální databáze těchto subjektů, bylo nutné provést vlastní šetření. Jako zdroje pro získání informací byly vybrány následující oblasti:

- výzkumné zprávy a práce fakulty lesnické a dřevařské, ČZU v Praze
- odvětvové výkazy Společenstva dřevozpracujících podniků
- databáze Českého statistického úřadu
- databáze Evropské databanky (EDB)
- internetové databáze



Původní mapa: ÚHÚL

Obr. 1.

Graficky znázorněné podniky, analyzované v této práci (modré body) a ilustračně znázorněná poloha velkopil (červené body)
Graphical survey of medium-sized sawmills analysed in this work (blue points) and localization of large enterprises (red points)

Získávání informací o nalezených podnicích

Po vypracování databáze podniků následovalo vlastní šetření za účelem získání informací o strojním vybavení a dalších charakteristikách každého podniku. Aby byl tento výzkum objektivní a jednotlivé výsledky porovnatelné, bylo nutné pečlivě připravit soubor otázek – dotazník.

Dotazník

Dotazník obsahoval 19 základních otázek, některé však bylo nutné rozvést dílčími dotazy. Celkově byl dotazník koncipován tak, aby působil jednoduše a odpovědi nebyly časově náročné. Při sestavování otázek bylo nutné důkladně zhodnotit, zda některá otázka nezjišťuje citlivé údaje, které podniky nezveřejňují. Takto koncipovaný dotazník byl nejprve zpracován v programu MS Excel a následně také jako internetová aplikace.

Vlastní výzkum byl prováděn v průběhu roku 2008 a 2009 a celkem v něm bylo přímo osloveno 720 podniků. Další neurčité množství bylo osloveno článkem v odborném tisku (Lesnická práce), který informoval o průběhu výzkumu a o možnosti poskytnutí údajů. Celkem byly získány údaje o 195 podnicích (obr. 1).

Roční kapacita pořezu je u těchto pil různá – od 100 m³ do 83 000 m³ zpracované kulatiny. Aby bylo možné tyto provozovny srovnat a objektivně posoudit, je nutné jejich rozdělení do 5 skupin podle velikosti (roční kapacity pořezu – viz tabulku 1). V tabulce jsou skupiny označeny velkými písmeny řecké abecedy, jsou zde uvedeny počty podniků a slovní označení skupin.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z provedené analýzy lze usuzovat, že v ČR je v provozu nejvíce podniků s kapacitou od 1 000 do 4 999 m³ kulatiny za rok, druhou nejpočetnější skupinu tvoří pily od 5 000 do 19 999 m³ kulatiny za rok. Nejméně se zde setkáme s kapacitami mezi 50 000 a 99 999 m³ kulatiny za rok (tab. 1). Podle kvalifikovaných odhadů (PRAŽAN, PŘÍKASKÝ 2007) je však nejvíce pil s kapacitou do 1 000 m³ pořezané kulatiny za rok. Důvod, proč v tomto průzkumu není nejvíce dotazníků právě od těchto subjektů, bude zřejmě ten, že tyto podniky nemají internetové stránky, nepoužívají elektronickou poštu a obecně jsou známy pouze ve svém blízkém okolí.

Počet zaměstnanců

Celkový počet zaměstnanců na zmapovaných pilách je 2 769. Počty zaměstnanců v jednotlivých skupinách zobrazuje tabulka 2.

Zpracovávaná surovina

Celkový přehled o množství a procentním porovnání u jednotlivých skupin uvádí tabulka 3.

Tyto podniky zpracují dohromady 1 590 410 m³ kulatiny ročně, z toho je 1 428 162 m³ jehličnaté a 162 248 m³ listnaté. Vyjádřeno v procentech to znamená, že pily zpracovávají 89 % jehličnaté a 11 % listnaté kulatiny. Velmi podobné je to i u nejmenších pil. Pily ve skupině B zpracovávají největší podíl listnaté kulatiny z celkového množství dřeva zpracovaného v rámci skupiny (18 %), nejvíce listnaté hmoty ovšem zpracují pily s kapacitou 5 000 – 19 999 m³/rok (87 788 m³). Pily ve skupině D zpracují sice jen 8 % listnaté hmoty v rámci skupiny, celkově se však jedná o větší množství, než zpracují pily ve skupině B. Ve skupině E (střední pily) je zpracovávána výhradně jehličnatá kulatina (graf 2).

Tab. 1.

Zařazení podniků do skupin podle kapacity pořezu
Classification of enterprises according to cutting capacity

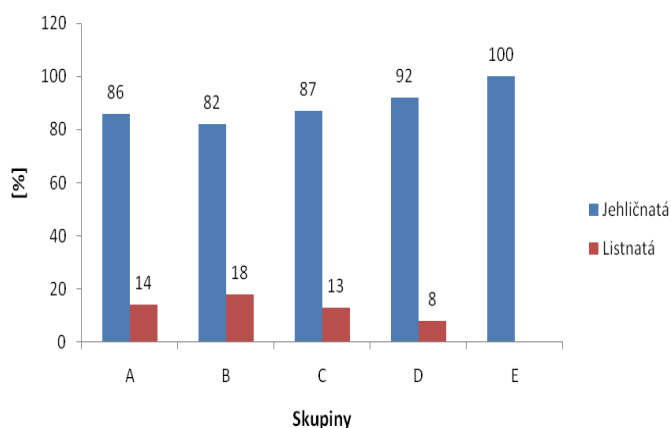
Skupina/Group	Kapacita pořezu m ³ /rok/ Cutting capacity m ³ /year	Počet podniků ¹	Označení skupiny ²
A	do 1 000	30	nejmenší pily ³
B	1 000 - 4 999	80	malé pily ⁴ 1
C	5 000 - 19 999	66	malé pily ⁴ 2
D	20 000 - 49 999	17	střední pily ⁵
E	50 000 - 99 999	2	střední pily ⁵

¹Number of enterprises; ²group marking; ³the smallest sawmills; ⁴small sawmills; ⁵middle-sized sawmills

Tab. 2.

Počet zaměstnanců
Number of employees

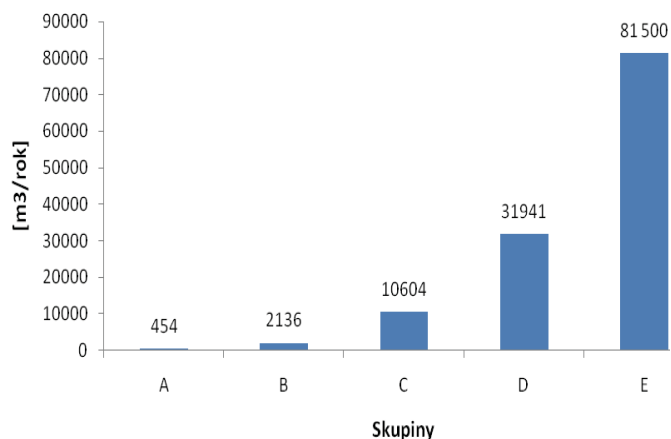
Skupina/Group	A	B	C	D	E
Počet zaměstnanců/Number of employees	62	456	1 308	821	122
Ø v podniku/in enterprise	2	6	20	48	61



Graf 2.
Porovnání zpracovávané suroviny v jednotlivých skupinách
Comparison of processed material in individual groups

Základní kapacitní charakteristiky podniků jsou uvedeny v tabulce 4.

Zmapované podniky zpracovávají od 100 do 83 000 m³ kulatiny ročně, z toho průměrná kapacita jednoho podniku z výběru zaujímá 8 156 m³ kulatiny ročně. Z výše uvedeného vyplývá, že existuje více podniků s nižší kapacitou pořezu. Průměrný pořez jednoho podniku v každé skupině ukazuje graf 3.



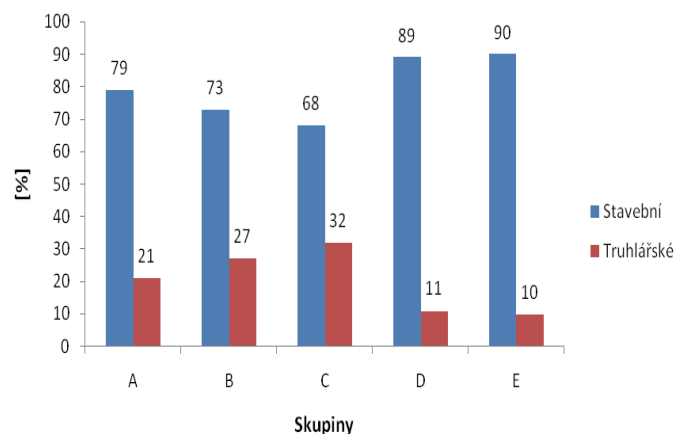
Graf 3.
Graf průměrné kapacity pořezu podniků
Graph of average cutting capacity of enterprises

Vyráběné řezivo

Množství a procentní podíl vyráběného řeziva uvádí tabulka 5.

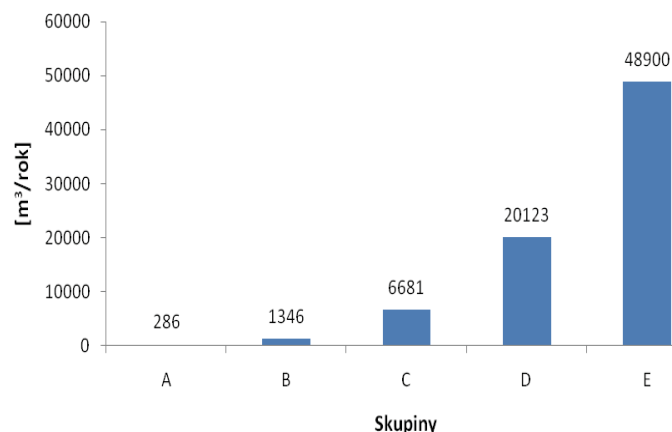
Na pilách je vyrobeno 997 068 m³ řeziva ročně, z toho je 778 173 m³ stavebního a 218 895 m³ truhlářského řeziva. Celkově stavební řezivo představuje 78 % a truhlářské 22 % z celkového množství. Téměř stejný podíl můžeme sledovat i u nejmenších pil. Nejvíce truhlářského řeziva vyrobí pily ve skupině C (32 %),

a to 139 871 m³. Tato skutečnost souvisí i se zpracovávanou kulatinou, tyto pily pořežou nejvíce listnaté hmoty ze všech skupin. Se vzrůstající kapacitou opět klesá podíl výroby truhlářského řeziva (graf 4).



Graf 4.
Grafické porovnání vyráběného řeziva v jednotlivých skupinách
Graph of processed sawn timber in individual groups

Průměrnou produkci podniků v jednotlivých skupinách uvádí tabulka 6 a graf 5.



Graf 5.
Graf průměrné produkce podniků
Graph of average production of enterprises

Hlavní stroje

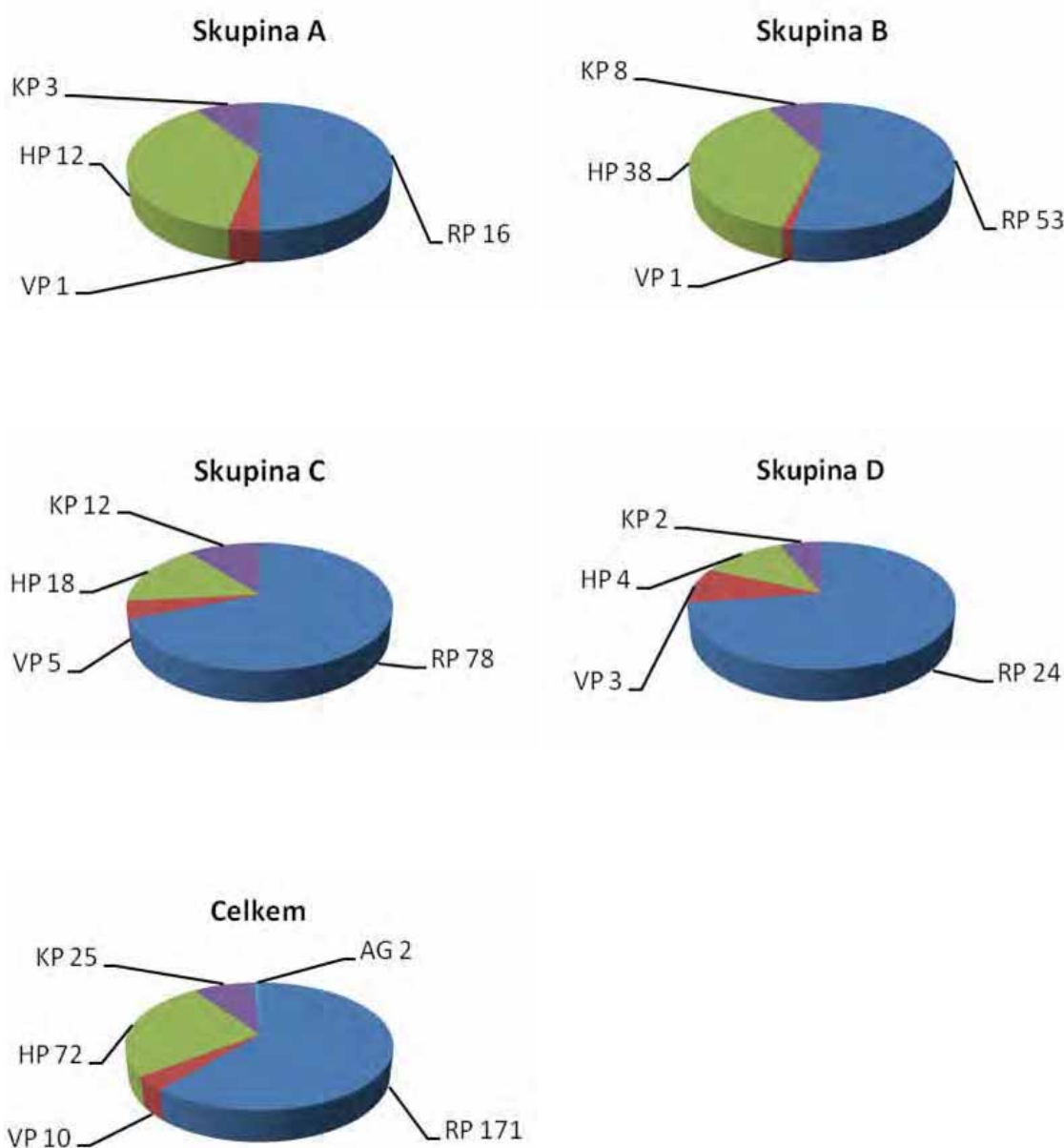
Použité zkratky a pojmy: RP - rámová pila; VP - kmenová pásová pila (vertikální); HP - pásová pila (horizontální); KP - kotoučová pila (hranolovací); AG – agregátní technologie

Číslice před zkratkou udává počet strojů

Rozdělení, počty a stáří hlavních strojů v pilnici zobrazuje tabulka 7.

Z analýzy vyplývá, že nejčastěji používaným hlavním strojem je rámová pila – ve 195 podnicích pracuje 171 strojů (obr. 2). Průměrné stáří těchto strojů se pohybuje okolo 30 let a to u všech skupin. Podíl rámových pil vzrůstá od skupiny A ke skupině D, kdy ve skupinách C a D již pracuje více strojů, než je počet podniků. Druhým nejčastěji používaným strojem je horizontální pásová pila s celkovým počtem 72 provozovaných strojů. Průměrné stáří těchto strojů se pohybuje okolo 10 let. Nejvíce pásových pil pracuje ve skupině B, následují skupiny C a A. Ve skupině D nalezneme již jen 4 tyto stroje. Dalším hlavním strojem, se kterým se můžeme

v našich pilnicích setkat, je kotoučová nebo-li hranolovací pila. Hranolovacích pil bylo nalezeno 25, a to s průměrným stářím okolo 16 let. Nejvíce se s tímto strojem setkáme ve skupině C (12 kusů), kde tvoří doplňující technologii na zpracování slabé hmoty. Ve skupinách A a B je tohoto stroje užíváno i jako jediného hlavního stroje. Posledním z klasických hlavních strojů k poře-zu kulatiny je vertikální neboli kmenová pásová pila (bloková). Celkový počet 10 kusů potvrzuje skutečnost, že české země nikdy nepatřily mezi země s pásovkovými technologiemi. Průměrné stáří 30 let je v tomto případě negativně ovlivněno dvěma historickými exempláři ve skupinách A a B. Ve skupinách C a D působí dohromady 8 pil s průměrným stářím 13 let. Technologickým vybavením skupiny E jsou shodně frézopásové agregáty, kdy se v podstatě



Obr. 2.

Porovnání počtů hlavních strojů

Comparison of number of principal machines

jedná o dvě dvojité kmenové pásové pily s mžikovým přestavováním a předřazenou sekačkou. Stáří agregátů je 15 až 20 let. Procentní zastoupení hlavních strojů v jednotlivých skupinách ukazuje graf 6.

Tabulka 8 ukazuje, jaké kombinace hlavních strojů a v jakých četnostech jsou na pilách používány.

Nejrozmanitější kombinace hlavních strojů nalezneme ve skupině C, cca 11 různých možností, dále ve skupině B (5 možností). Ve skupině D existují jen 4 různé kombinace a ve skupině A jen dvě. Stejně pořadí platí i pro počty podniků, ve kterých tyto kombinace nalezneme. Tedy, ve skupině A jen dva podniky, ve skupině D 13 podniků, ve skupině B je to 17 podniků a ve skupině C 36 podniků.

Nejpoužívanější kombinací je dvojice rámových pil, kterou nalezneme ve 29 podnicích. Druhou nejčastější kombinací je složení rámové a kotoučové pily – 11 podniků, následuje kombinace rámové a horizontální pásové pily – 8 podniků.

Návazné stroje v pilnici

Rozdělení, počty a stáří návazných strojů jsou uvedeny v tabulce 9.

V podnicích je provozováno 121 rozmítacích pil s průměrným stářím 22 let, dále 106 omítacích pil s průměrným stářím okolo 20 let a 144 zkracovacích pil v průměru 17 let starých. Drobné pily mají ve svém strojním vybavení poměrně málo návazných strojů, omítací a rozmítací pily jsou staršího data výroby, zkracovací pily jsou pouze 2, poměrně nové. Nejvybavenější jsou podniky

Tab. 3.
Zpracovávaná surovina
Processed material

Surovina ¹	Skupina A		Skupina B		Skupina C		Skupina D		Skupina E		Celkem ⁴	
	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]
Jehlič. ²	11 735	86	140 355	82	612 092	87	500 980	92	163 000	100	1 428 162	89
Listnatá ³	1 885	14	30 555	18	87 788	13	42 020	8	0	0	162 248	11
Celkem ⁴	13 620	100	170 910	100	699 880	100	543 000	100	163 000	100	1 590 410	100

¹Material; ²Coniferous; ³Deciduous; ⁴Totally

Tab. 4.
Kapacitní charakteristika podniků
Capacity characteristic of enterprises

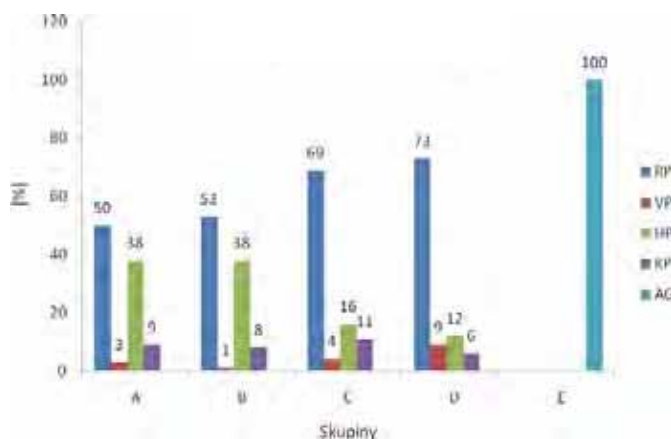
Základní charakteristiky podniků ¹ [m ³ /rok]	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Z celku
Podnik s nejmenší kapacitou pořezu ²	100	1 000	5 000	20 000	80 000	100
Podnik s největší kapacitou pořezu ³	950	4 800	19 800	45 000	83 000	83 000
Průměr. kapacita pořezu 1 podniku ⁴	454	2 136	10 604	31 941	81 500	8 156

¹Basic characteristics of enterprises; ²Enterprises with the lowest cutting capacity; ³Enterprise with the highest cutting capacity; ⁴Average cutting capacity of 1 enterprise

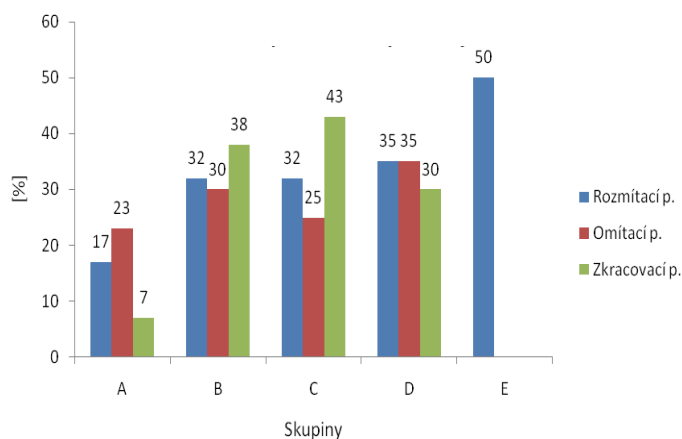
Tab. 5.
Vyráběné řezivo
Processed sawn timber

Řezivo ¹	Skupina A		Skupina B		Skupina C		Skupina D		Skupina E		Celkem ⁴	
	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]	[m ³ /rok]	podíl [%]
Stavební ²	6 769	79	78 882	73	301 053	68	303 629	89	87 840	90	778 173	78
Truhlář. ³	1 811	21	28 602	27	139 871	32	38 462	11	9 960	10	218 895	22
Celkem ⁴	8 581	100	107 673	100	440 924	100	342 090	100	97 800	100	997 068	100

¹Sawn timber; ²Construction lumber; ³Carpentry; ⁴Totally



Graf 6.
Procentní zastoupení hlavních strojů ve skupinách
Proportional representation of principal machines in groups



Graf 7.
Procentní zastoupení návazných strojů ve skupinách
Proportional representation of tie-in machines in groups

Tab. 6.
Průměrná produkce podniku podle skupin
Average production of enterprise according to groups

Průměrná produkce jednoho podniku [m ³ /rok]	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	286	1 346	6 681	20 123	48 900	5 113

Tab. 7.
Hlavní stroje
Principal machines

Hlavní stroj	Skupina A		Skupina B		Skupina C		Skupina D		Skupina E		Celkem ³	
	počet [ks] ¹	stáří [roky] ²	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]
RP	16	31	53	29	78	31	24	28			171	30
VP	1	51	1	42	5	13	3	13			10	30
HP	12	10	38	9	18	7	4	13			72	10
KP	3	18	8	12	12	16	2	18			25	16
AG									2	15	2	15

¹number (pcs); ²age (years); ³Totally

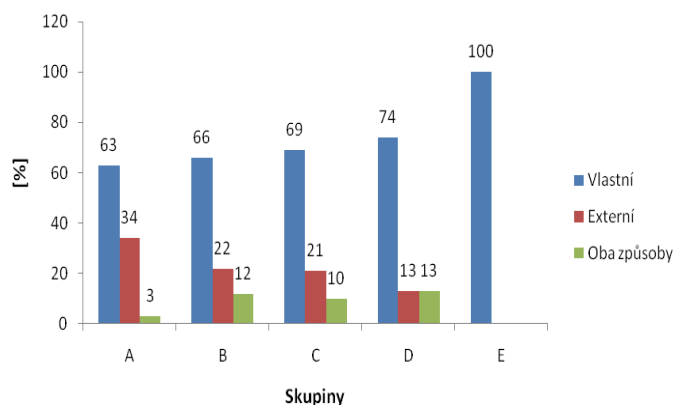
ve skupině D, omítací a rozmítací pilu vlastní všichni výrobci, zkracovací pilu vlastní 14 ze 17 výrobců. Celkově lze říci, že vybavenost těmito stroji vzrůstá se stoupající kapacitou pořezu, tedy od skupiny A ke skupině D (graf 7).

Nástroje

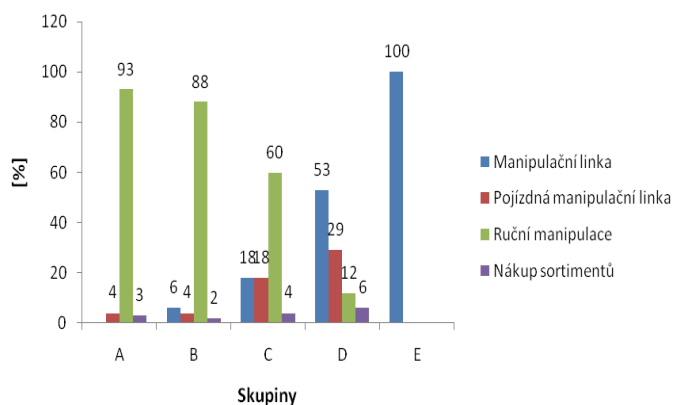
Druhy používaných nástrojů v jednotlivých podnicích ukazuje tabulka 10.

Ocelové nástroje s rozváděnými zuby používá 169 pilařských podniků, 68 pil má stroje osazené stelitovanými nástroji a 32 pil používá oba druhy nástrojů. Ve skupině A používají všechny pily ocelové nástroje s rozváděnými zuby. Od skupiny B se počet těchto nástrojů snižuje a zvyšuje se počet stelitovaných nástrojů, pily ve skupině E používají již jen nástroje opatřené stelitem.

Vlastní brusírnou provozuje 166 podniků, 54 pil si nechává nástroje ošetřovat u externích brusířských firem a 25 podniků využije

**Graf 8.**

Graf zastoupení jednotlivých způsobů ostření nástrojů
Representation of particular ways of instrumental sharpening

**Graf 9.**

Porovnání způsobů manipulace kulatiny
Comparison of manipulation with roundwood

Tab. 8.

Sestavy strojů
Sets of machines

Sestavy strojů	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
2RP	1	3	18	7	29
2HP		2	1		3
1RP + 1KP	1	3	7		11
1RP + 1HP		6	1	1	8
1RP + 2HP		3	3		6
1RP + 1VP				2	2
1VP + 2HP			1		1
2RP + 1KP			2		2
2RP + 1HP			1	3	4
2RP + 2HP			1		1
1HP + 1KP			1		1
2HP + 1KP			1		1

Počet podniků/Number of enterprises; Celkem/Totally

vá obou způsobů (tabulka 11). Z grafu 8 je patrné, že s rostoucí kapacitou pořezu vzrůstá počet podniků s vlastní brusírnou a naopak se snižuje počet pil využívajících externích firem. Pouze podniky ve skupině E nevyužívají služeb externích firem.

Způsob manipulace kulatiny

Způsob manipulace kulatiny na pilách ukazuje tabulka 12.

Na 29 pilách je k manipulaci kulatiny používána stacionární manipulační linka. Na dalších 24 pilách funguje pojízdňá manipulační linka (Baljer-Zembrod). Naprostá většina podniků (144) provádí manipulaci ručními řetězovými pilami s pomocí vyso-

kozdvížných vozíků či čelních nakladačů, 7 pil využívá možnosti nákupu hotových výřezů. Ve skupině nejmenších pil nalezneme jednu pojízdňou manipulační linku, jedna pila nakupuje sortimenty a na zbylých 28 provádí ruční manipulaci. Od skupiny B do skupiny D vzrůstá počet stacionárních i pojízdňých manipulačních linek a klesá podíl ruční práce. Pily skupiny E provozují výhradně manipulační linky (graf 9).

Způsob manipulace s řezivem v pilnici

Tento způsob je pro jednotlivé podniky zobrazen v tabulce 13.

Tab. 9

Návazné stroje v pilnici
Tie-in machines

Návazný stroj ¹	Skupina A		Skupina B		Skupina C		Skupina D		Skupina E		Celkem	
	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]	počet [ks]	stáří [roky]
Rozmítací pila ²	5	39	38	18	60	16	17	14	1		121	22
Omítací pila ³	7	26	35	15	47	17	17	21			106	20
Zkracovací pila ⁴	2	16	45	14	83	20	14	18			144	17

¹Tie-in machine; ²Rip saw; ³Edger saw; ⁴Crosscut saw; počet (ks)/number (pcs); stáří (roky)/age (years); Celkem/Totally

Tab. 10.

Druhy používaných nástrojů
Kinds of used instruments

Druh nástroje/ Instrument	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
Ocel - rozváděné zuby ¹	30	69	57	13		169
Stelitované ²		24	31	11	2	68
Oba druhy ³		13	12	7		32

¹Steel – spring-set teeth; ²Stellite; ³Both types; počet podniků/number of enterprises; Celkem/Totally

Tab. 11.

Způsob údržby nástrojů
Maintenance of instruments

Způsob ostření nástrojů ¹	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
Vlastní brusárna ²	20	70	57	17	2	166
Externí firmy ³	11	23	17	3		54
Oba způsoby ⁴	1	13	8	3		25

¹Sharpening of instruments; ²grinding mill of one's own; ³External firm; ⁴Both ways; počet podniků/number of enterprises; Celkem/Totally

Tab. 12.

Manipulace kulatiny
Manipulation of roundwood

Způsob manipulace ¹	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
Manipulační linka ²		5	13	9	2	29
Pojízdná manipulační linka ³	1	3	13	5		22
Ruční manipulace ⁴	28	71	43	2		144
Nákup sortimentů ⁵	1	2	3	1		7

¹Way of manipulation; ²Manipulation unit; ³Mobile manipulation unit; ⁴Manual manipulation; ⁵Purchase of assortments; počet podniků/number of enterprises; Celkem/Totally

Tab. 13.

Manipulace s řezivem

Manipulation with sawn timber

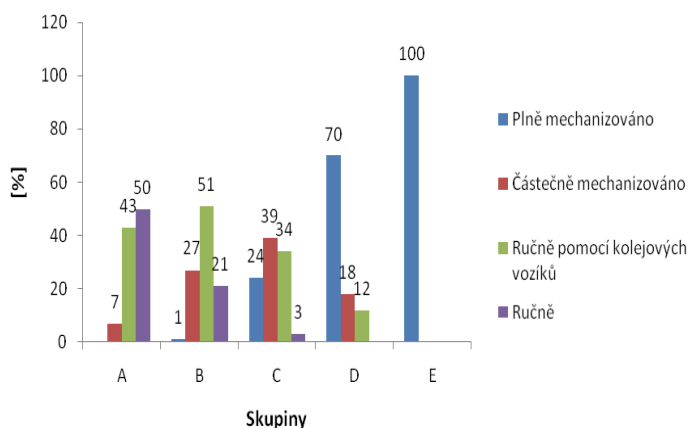
Způsob manipulace ¹	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
Plně mechanizováno ²		1	16	12	2	31
Částečně mechanizováno ³	2	21	26	3		52
Ručně pomocí kolejových vozíků ⁴	13	40	23	2		78
Ručně ⁵	15	17	2			34

¹Way of manipulation; ²Fully mechanized; ³Partly mechanized; ⁴Manually by tracked car; ⁵Manually; počet podniků/number of enterprises; Celkem/Totally

Plně mechanizovanou pilnici nalezneme ve 31 podnicích. Částečně mechanizováno je 52 podniků. 78 pil přepravuje materiál v pilnici ručně s pomocí kolejových vozíků a 34 podniků manipuluje s materiálem pouze ručně (graf 10). U drobných pil je převaha ruční práce, pouze na dvou pilách je částečná mechanizace. Ve skupině B je již jedna pila plně mechanizována, což je pro tyto kapacity diskutabilní. Dalších 21 podniků disponuje částečnou mechanizací, 40 pil používá kolejové vozíky a zbylých 17 pil používá pouze ruční manipulaci. Ve skupině C je již 16 podniků plně mechanizovaných, 26 částečně mechanizovaných, 23 využívá kolejové vozíky a na dvou pilách přetrvává stále ještě ruční manipulace s řezivem. Ve skupině D je většina pil plně mechanizovaných (12), na třech je mechanizace částečná a dvě pily stále ještě využívají kolejových vozíků. Podniky ve skupině E jsou samozřejmě plně mechanizovány (graf 10).

Přidružená výroba

Přidruženou výrobu provozuje dohromady 87 podniků. Shodný počet podniků (26) provozuje truhlářství a výrobu palet, o něco méně se pak věnují výrobě hoblovaného programu. Následuje výroba obalů, sloupů atd.

**Graf 10.**

Procentní porovnání způsobů manipulace v jednotlivých skupinách
Proportional comparison of manipulation ways in particular groups

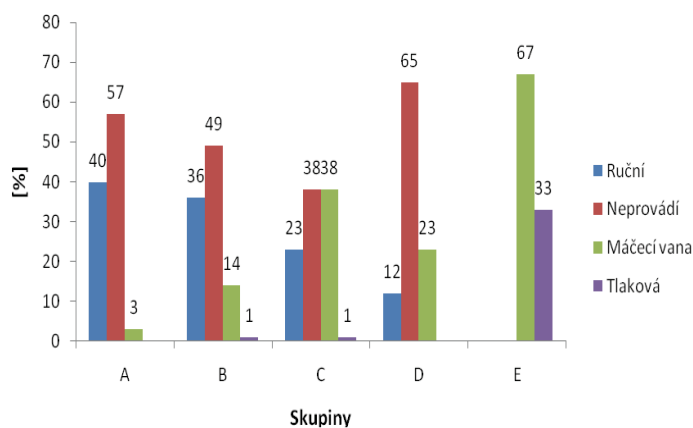
Chemická ochrana stavebního řeziva

Druh ochrany řeziva a počty podniků jsou uvedeny v tabulce 14.

Ve skupině drobných pil vlastní jeden podnik máčecí vanu, 12 podniků provádí ruční ochranu řeziva a 17 podniků tuto operaci neprovádí vůbec. Ve skupině B je v provozu jedna impregnační stanice, 11 máčecích van, 29 pil provádí ruční impregnaci a 39 pil ochranu neprovádí. Ve skupině C je opět při jedné pile provozována impregnační stanice, dále 25 máčecích van a na 15 pilách chrání stavební řezivo ruční aplikací. Ve skupině D většina pil (11) neprovádí ochranu řeziva, dvě pily provádí ruční ochranu a 4 pily provozují máčecí vanu. Dvě střední pily mají máčecí vany, jedna z nich je navíc součástí klasické impregnační stanice na bílou i černou impregnaci (graf 11).

Sušárny

Celkově provádí umělé sušení řeziva 94 podniků, což zaujímá 48 % z celkového počtu podniků. Je předpoklad (i podle předpokládaných investic), že se podíl sušáren bude i nadále zvyšovat, protože v rámci konkurenceschopnosti budou pily muset co nejvíce zhodnocovat finální produkt – řezivo.

**Graf 11.**

Procentní porovnání ochrany řeziva v jednotlivých skupinách
Proportional comparison of sawn timber preservation in particular groups

Tab. 14.

Ochrana řeziva

Preservation of sawn timber

Způsob impregnace ¹	Skupina A	Skupina B	Skupina C	Skupina D	Skupina E	Celkem
	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků	počet podniků
Tlaková ²		1	1		1	3
Máčecí vana ³	1	11	25	4	2	43
Ruční ⁴	12	29	15	2		58
Neprovádí ⁵	17	39	25	11		91

¹Way of impregnation; ²Pressure; ³Dipping tank; ⁴Manually; ⁵Without impregnation; počet podniků/number of enterprises; Celkem/Totally**Využití odpadu**

Celkem 92 % podniků prodává pilařský odpad na topení. Z 18 % podniků směřuje odpad také na výrobu aglomerovaných materiálů. Pouze 2 % podniků prodávají odpad do papíren. Tento odpad je ve formě bílé štěpky, kterou produkují pouze větší pily z našeho výběru, neboť je třeba zpracovávat odkorněnou kulatinu. Pily mající v okolí stáje pro koně často prodávají odpad ve formě pilin jako stelivo. Celkově tuto formu zpracování odpadu uvedlo 8 % podniků.

Hlavní problémy podniků

Nejčastějšími problémy nejmenších pil jsou odbyt řeziva, chybějící stroje a ceny kulatiny. Ve skupině B jsou nejvýznamnějším problémem zaměstnanci, dále problémy s dodávkami a cenami kulatiny a s odbytem řeziva. Zajímavostí je, že jeden z podniků uvedl jako problém nadbytečnou kapacitu pořezu. Skupina C se potýká hlavně s odbytem řeziva, nerovnoměrnými dodávkami kulatiny, technologickým vybavením i se zaměstnanci. Obdobně ve skupině D jsou problémy s odbytem řeziva, nerovnoměrnými dodávkami kulatiny a s technologickým vybavením. Pily ve skupině E neuvedly žádné problémy. Podíváme-li se na tuto část v globálu, vidíme, že nejvíce podniků (22) má problémy s odbytem řeziva, dále shodný počet podniků (14) uvedl problém s nerovnoměrnými dodávkami kulatiny a se zaměstnanci. U zaměstnanců je buď problém s jejich nedostatkem, nebo s jejich kvalifikací. Dalšími významnějšími problémy jsou staré a chybějící stroje a dále pak vysoké a nepružné ceny kulatiny.

Investice

Ve skupině A uvedlo nutnost investice 5 podniků, každý podle svých potřeb. Ve skupině B by nejvíce podniků (6) investovalo do mechanizace pilnice. Dále by podniky investovaly do skladových prostor, do rozmitacích pil a do sušáren. Podniky ve skupině C by investovaly hlavně do sušáren řeziva (6), dále do rekonstrukce pilnice, do omítacích pil a do manipulačních vozíků Baljer-Zembrod. Ve skupině D by dvě pily investovaly do sušáren řeziva, jinak jsou investice individuální. Podniky skupiny E neuvedly žádné investice. Vzhledem k současné hospodářské situaci je většina investic prozatím pozastavena.

ZÁVĚR

Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo zanalyzovat dosavadní stav pilařského průmyslu se zaměřením na strojní zařízení a výrobní charakteristiky malých a středních pil. Současná domácí literatura, zabývající se touto problematikou, ve své podstatě neexistuje. Obdobné výzkumy jsou prováděny i v dalších zemích (Německo, USA, Kanada ...) ovšem v jiných hospodářských podmínkách, než jaké panují v České republice. Při zpracovávání projektu bylo hodnocení zaměřeno především na to, jak se malé a střední podniky adaptují v měnících se hospodářských podmínkách, resp. zjištění a definování jejich charakteristik.

Pily byly rozděleny podle nejnovějšího kapacitního rozdělení do skupin, označených v tomto článku A – E. Vlastní analýza probíhala dva roky, informace byly získávány pomocí jednotného dotazníku.

V průměru zpracovávají pily 89 % jehličnaté a 11 % listnaté kulatiny, z toho vyrobí 78 % stavebního a 22 % truhlářského řeziva. Nejčastěji provozovaným hlavním strojem je rámová pila (61 %), dále pak horizontální pásová pila (26 %), kotoučová pila (9 %), a kmenová pásová pila (3 %). Agregátní linka nalézá uplatnění v těchto kapacitách jen 1 %.

Jsou-li v podnicích užívány sestavy hlavních strojů, pak je to nejčastěji dvojice rámových pil, a dále jsou oblíbené kombinace rámové pily s kotoučovou pilou či horizontální pásovou pilou. Ve zmapovaných podnicích nalezneme 371 návazných strojů, z toho je 32 % rozmitacích pil, 29 % omítacích pil a 39 % zkracovacích pil. Brusírnou nástrojů nalezneme v 85 % pil. Se stoupající velikostí podniku vzrůstá podíl stelitovaných nástrojů – jejich zastoupení je 35 %. Obdobně vzrůstá také mechanizace manipulace kulatiny i mechanizace pilnic. Stále však 74 % podniků z výběru manipuluje kulatinu ručními řetězovými pilami. Chemickou ochranu řeziva provádí 53 % podniků a umělé sušení řeziva 48 % podniků.

Z provedené analýzy vyplývá, že strojní vybavení malých a středních pil je značně zastaralé a mnohdy i vyhovující. Na mnoha pilách buď chybí stroje nebo naopak jsou vybaveny stroji a zařízeními, které bylo v minulosti konstruováno na mnohem vyšší výkony. Stále se potýkáme s nízkou produktivitou práce, což je dáno stále ještě vysokým podílem ruční práce. Pro existenci pil těchto velikostí je důležité další zhodnocování finálních produktů, což si dnes většinou majitelé dobře uvědomují a provádí nezbytná opatření.

LITERATURA

- FRIESS F. 2003. Pilařské zpracování dřeva I. Materiály k přednáškám. Praha, Lesnická fakulta ČZU: 13-22.
- FRIESS F. 2006, Velikost provozu a strategie firmy v pilařské výrobě. Praha, PowerPoint: 2-39.
- JANÁK K. 1999. Stav pilařství v českých zemích jak se k němu dospělo, když... In: Lesnická práce, 78/5.
- MANTAU U. 2006. Strukturveränderungen in der Nadel- und Laubholzsägeindustrie – Vergleich der Strukturhebungen 2002 und 2005. In: 1. Internationaler Kongress der Säge- & Holzindustrie 2006. Verband der Deutschen Säge und Holzindustrie Wiesbaden Lehrinstitut der Holzwirtschaft und Kunststofftechnik Rosenheim. Rosenheim: 52-68.
- PRAŽAN P., PŘÍKASKÝ F. 2007. Stav a vývoj pilařského průmyslu ve střední Evropě a ČR se zaměřením na malé a střední podniky. In: Dřevařský průmysl v ČR, současný a budoucí vývoj průmyslu založeného na bázi dřeva. Sborník odborných příspěvků z celostátního semináře Brno, s. 21-30.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2007. Praha, Ministerstvo zemědělství: 18-86.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2008. Praha, Ministerstvo zemědělství: 15-113.
- URL: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/1869/156/>>
- Dostupné z: <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/1869/156/>
- Poslední aktualizace: 27. 2. 2008, [citováno 2008-02-27]

ANALYSIS OF SMALL AND MEDIUM SIZE SAWMILLS IN CR

SUMMARY

The main objective of the survey was to analyse the state-of-play of the sawmill industry in the Czech Republic with particular focus on the machinery and production characteristics of small and medium-sized sawmills, there being practically no currently available up-to-date studies covering this area. Similar surveys have been conducted in other countries, too, but their economic context differs from that in the Czech Republic. The survey also looked at how small and medium-sized enterprises adapt to a changing economic environment.

The actual analysis was carried out over a two-year period. Information was obtained using a uniform questionnaire. Sawmills were divided into five groups following the most recent capacity classification and plotted onto a map.

The survey found that the sawmills process on average 89% of coniferous logs and 11% of deciduous logs, producing 78% of construction lumber and 22% of carpentry lumber. Most of the sawmills operate a frame saw (61%). Other machines used include the horizontal band saw (26%), the circular saw (9%) and the log band saw (3%). Given the capacity of the sawmills, only 1% of them use an aggregate line.

Companies operating sets of main machines mostly use a pair of frame saws or combine a frame saw with a circular saw or a horizontal band saw. The companies surveyed operate 371 machines for subsequent treatment, of which 32% are rip saws, 29% edger saws and 39% crosscut saws. 85% of the sawmills run a tool sharpening mill. The percentage of stellite-tipped tools, which account for 35% of all tools, increases in proportion with the size of the company. A similar proportional increase was observed in the degree of mechanization of log handling and saw-lines. However, 74% of the companies surveyed handle logs using hand-held chain saws. Altogether 53% of the companies treat lumber with chemical products and 48% use artificial drying methods.

The analysis shows that the machinery in small and medium-sized sawmill plants is largely outdated. Many plants either lack machinery or are equipped with machines which, in the past, were designed for a much higher performance. Low labour productivity is a persistent problem, mainly due to a high share of manual labour. The existence and prosperity of sawmill plants of this size depends mainly on further increase of the value of their final products.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Bomba, Ph.D., Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Česká republika
tel.: 224 383 789; e-mail: bomba@fd.czu.cz

KVANTITATIVNÍ VYJÁDRĚNÍ STABILITY LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

QUANTITATIVE EXPRESSION OF FOREST ECOSYSTEMS STABILITY

PAVEL ROTTER

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, Brno

ABSTRAKT

V práci je představena hypotéza, s jejímž využitím lze kvantitativně popsat stav lesních ekosystémů. Hypotéza vychází z obecné teorie systémů, konceptu samoorganizace a nerovnovážné termodynamiky. Základní myšlenka hypotézy spočívá v tezi, že les, v němž probíhá evoluce, lze popsat jako systém, jenž sleduje jisté cíle. Hypotéza předpokládá, že u cílů, které se týkají látkové bilance a koloběhu energie, lze optima těchto cílů matematicky formulovat a to v závislosti na povaze zdrojů na daném stanovišti. Práce uvádí způsob, jak zmíněná optima vyjádřit pomocí měřitelných veličin. K těmto optimům lze pak vztáhnout i aktuální stav lesa, přičemž další rozpracování této myšlenky nás dovede k možnosti určit stabilitu daného lesního ekosystému. Takto vyjádřená stabilita je definovaná jako míra vhodnosti daného porostu pro konkrétní stanoviště a odráží sílu a počet vazeb mezi jednotlivými členy lesního ekosystému. Je rovněž vyjádřením pravděpodobnosti odolnosti porostu vůči působení náhodného stresoru.

Klíčová slova: lesní ekosystém, stabilita, látková bilance, stresor, biodiverzita, atraktor, kvantitativní vyjádření

ÚVOD

Rozvoj nerovnovážné termodynamiky (PRIGOGINE, GLANDORFF 1971), formulace synergetiky (HAKEN 1987) a uvedení pojmu samoorganizace do věd o životě (EIGEN 1971, JANTSCH 1975, MATURAMA, VARELA 1980, LAZDO 1987), to vše přineslo vědecky opodstatněný podklad pro popis lesa jako vyvíjející se disipativní struktury vykazující schopnost autoregulace. Zavedení systémového myšlení do ekologie lesa přineslo koncept rezistence a resilience (HOLLING 1977) a rozvoj teorie sukcese (HORN 1981). Přineslo také preciznější definici cílového stavu sukcesního vývoje nazývaného tradičně klimax. Současné myšlení nazírá na klimax mnohem dynamičtěji a překonává tak v mnohém původní definici zavedenou Clementsem (MÍCHAL 1994). Definice stacionárního stavu (klimaxu) vycházející z nerovnovážné termodynamiky předpokládá rovnost vstupů a výstupů v tomto stavu (ULRICH 1991) a minimální, leč nikoliv nulovou, produkci entropie v souladu s Glansdorff-Prigoginovým evolučním kritériem (GLANDORFF 1974). Entropie se však zatím zdá být veličinou pro popis lesních ekosystémů nevhodnou, protože dosud nedošlo k definování v praxi použitelných nástrojů, pomocí kterých by bylo možné entropii vyčíslit (MÍCHAL 1994).

Velký pokrok v aplikaci poznatků nerovnovážné termodynamiky do ekologie lesa a následně i lesnické praxe přinesla koncepce stability terestrických ekosystémů založená na látkové bilanci (ULRICH 1987, 1991), jelikož bilance látek a energie představuje veličiny měřitelné a tudíž uchopitelné. Přesto se v praxi neprosadil žádný koncept umožňující na základě holistických přístupů jednoznačně vyčíslit (tj. shrnout do jednoho údaje) určitým způsobem definovanou stabilitu konkrétního porostu, o čemž svědčí například

výběr kritérií posuzovaných v rámci největšího evropského projektu monitorujícího stav lesních ekosystémů – FutMon (2009) nebo staršího programu ICP Forests.

Cíl této teoretické práce tedy spočívá ve snaze definovat na základě holistického přístupu stabilitu lesních ekosystémů tak, aby se jednalo o veličinu vypočitatelnou z co možná nejmenšího počtu v terénu stanovitelných charakteristik souvisejících s energeticko-látkovou bilancí systému. Uskutečnění takového záměru by přineslo například možnost kvantitativně a jednoznačně posoudit dopad různých způsobů hospodaření na stav lesních ekosystémů, ale také možnost stanovit, jak podmínky konkrétního stanoviště v člověkem relativně málo pozměněných porostech ovlivňují stacionární stav daného porostu. Oba tyto přístupy by mohly mít velký význam například v analýze rizik, přičemž oblast potenciální aplikace je však mnohem širší.

LES Z POHLEDU TEORIE SYSTÉMŮ

Lesy patří z hlediska termodynamiky k otevřeným systémům (ULRICH 1991). Sukcese ekosystému představuje jeho vývoj v biologicky progresivním směru, čímž se systém stává stále složitějším co do počtu a bohatosti vazeb. Takovýto vývoj systému je iniciován živým subsystémem (WADDINGTON 1977). Nejvíce interakcí jednotlivých členů ekosystému probíhá v půdě, proto se také v půdě utváří nejbohatší síť vzájemných vztahů. Lesní půda představuje jistou formu kybernetické paměti (MORAVEC 1969), v níž se kumulují smyčky a tedy i informace, jež odrážejí „zkušenosti“ ze sukcese na daném stanovišti. Předěle uvedená tvrzení, jež mají svou oporu v obecné teorii systémů (BERTALANFFY 1968) a nerovnovážné termodynamice

ce, jsou poslední dobou potvrzována četnými terénními studii. Pro příklad uveďme roli mycelia ektomykorhizních hub plnicího funkci univerzální propojovací sítě přítomné hojně v půdách nezdevastovaných lesů (LEPŠOVÁ 2003). Další pozorování rovněž svědčí o vzájemné koordinaci aktivit živé složky půdního subsystému: větší produkce glomalinu zlepšujícího strukturu půdy byla pozorována právě u půd s narušenou strukturou (RILLING, STEINBERG 2002), velmi pozoruhodný je rovněž efekt chůvy, kdy dospělé stromy podporují „dotacemi“ organických látek mladé stromky, nacházející se dosud v zástínu, přičemž jako transportní systém využívají mycelium ektomykorhizních hub (SIMARD et al. 1997, ONGUENE, KUYPER 2002). Tyto a další objevené procesy svědčí o tom, že vývoj půdního subsystému snižuje kompetici organismů (GRYNDLER et al. 2005).

Na předešlých příkladech bylo doloženo systémové chování půdního subsystému a celého lesního ekosystému. Můžeme tedy tvrdit, že lesní ekosystém sleduje v průběhu sukcese jistý cíl. Splnění k cíli je pro živé systémy s evolucí typické. James Lovelock vidí cíl evoluce globálního ekosystému - Gaii - v udržení co nejvhodnějších podmínek pro život (LOVELOCK 2008). Splnění systému jako celku k cíli se vynořuje až na určitém stupni organizace systému a je tedy typickou emergentní vlastností (CHECKLAND 1981). Za cíl evoluce lesa lze považovat takový ekosystém, který optimálně využívá podmínek na daném stanovišti (tyto podmínky ekosystém samozřejmě během sukcese sám částečně modifikuje). Z tvrzení, že lesní ekosystém jako celek sleduje jisté cíle, vychází základní teze, která nám umožní definovat stabilitu tak, aby byla vypočitatelná z veličin stanovitelných v terénu.

OPTIMÁLNÍ VYUŽÍVÁNÍ ZDROJŮ STANOVIŠTĚ JAKO CÍL SUKCESE

Živý systém se udržuje v quasistacionárním stavu pomocí energeticko-materiálově-informačních toků, přísun energie a určitých specií tedy představuje kritickou podmínku jeho existence (PRIGOGINE, GLANDS DORF 1971). Lesní ekosystémy jsou fixovány na konkrétní stanoviště. Z lokálního pohledu nabízí každé stanoviště kvantitativně odlišnou (i když někdy podobnou) paletu zdrojů. Pojem zdroj budeme nadále používat pro označení energetického či materiálového faktoru stanoviště, který má vztah k danému ekosystému (tyto vztahy budou dále upřesněny). Využívání zdrojů stanoviště je v ekosystému zajištěno souborem procesů. Definujeme tyto procesy tak, že využití i -tého zdroje ω_i zajišťuje i -tý proces Ω_i . Ze systémového pohledu může být stav procesů vystihnout nějakou shrnující veličinou, nezabývající se detaily uskutečňování těchto procesů. Pripusťme, že každý proces sleduje určitý cíl a je pomocí zpětných vazeb v systému, negativních, mění-li se kvantita a pozitivních, mění-li se kvalita (MICHAL 1994), v ideálním případě optimalizován pro co nejefektivnější plnění tohoto cíle. Cíl daného procesu Ω_i tedy splývá s optimálním využíváním zdroje ω_i . Předpokládáme tedy, že pro každý zdroj ω_i existuje optimum jeho využití ω_i , jehož matematické vyjádření závisí na povaze tohoto zdroje na daném stanovišti. Sestavíme-li si energeticko-materiálový diagram ekosystému takovým způsobem, aby vystihoval všechny důležité toky, tj. vstupy ze zdrojů, výstupy a případnou recyklaci některých zdrojů, můžeme se pokusit kvantifikovat schopnost daného ekosystému využívat zdrojů na stanovišti, pokud ovšem budeme schopni stanovit optima ω_i jednotlivých procesů Ω_i využívajících zdroje ω_i a zjistit stav těchto procesů.

Stav i -tého procesu můžeme definovat jako jeho vzdálenost od optima ω_i , přičemž se zmenšující se vzdáleností od optima ω_i poroste účinnost i -tého procesu π_i . Účinnost procesu π_i , tak jak jsme ji definovali, představuje typickou veličinu popisující systém jako celek a mající tedy holistický charakter. Soubor jednotlivých π_i totiž vystihuje sílu a bohatost vazeb v systému, čili to, jak je systém schopen koordinovat své chování ve smyslu přizpůsobení se stanovišti. Systém obsahující více pevných vazeb je stabilnější, což vyplývá z obecné teorie systémů (BERTALANFFY 1968). Soubor účinností procesů využívajících zdroje odráží právě pevnost a počet vazeb v systému a může tedy posloužit ke kvantifikaci stability systému A :

$$A = \prod_{i=1}^n \pi_i \quad (1)$$

kde π_i představuje vyjádření účinnosti i -tého procesu. Součinnový tvar zde reflektuje fakt, že se jedná o vyjádření veličiny popisující systém.

Třída účinností procesů π_i postačujících k vyjádření A

Předpokládejme, že budeme schopni sestavit pro daný lesní ekosystém dokonalý diagram bilance látek a energie, zahrnující všechny procesy týkající se využití zdrojů. Dostaneme tedy množinu účinností $M = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$, s jejíž pomocí budeme na základě (1) schopni vypočítat A . Předpokládejme dále, že v systému dojde k přerušení několika vazeb, což povede k tomu, že účinnost i -tého procesu bude konvergovat k nule. Pokud bude platit podmínka:

$$\pi_i \rightarrow 0 \Rightarrow \pi_{i+1} \rightarrow 0 \dots \pi_{i+(n-1)} \rightarrow 0 \quad (2)$$

bude platit i podmínka:

$$\pi_i \rightarrow 0 \Rightarrow A \rightarrow 0. \quad (3)$$

Proces Ω_i , pro který platí podmínka (2) a (3), nazveme kritickým procesem a zdroj ω_i , který využívá kritickým zdrojem. Mezi kritické procesy budou jistě náležet všechny procesy zajišťující pro systém přísun vody, energii slunečního záření, minerálních živin atd., řečeno slovy naší terminologie procesy využívající kritické zdroje. Vyjde-li při výpočtu A pouze z několika dobře definovaných účinností kritických procesů, bude takto získaná hodnota A blízká hodnotě A , kterou získáme zahrnutím všech kritických účinností, jelikož popisujeme systém. Je totiž zcela logické, že systém, který na daném stanovišti není schopen dobře využívat například vodu, nemůže vykazovat vysokou stabilitu a nízká účinnost využití vody ovlivní i ostatní účinnosti procesů. Při výběru procesů, jejichž účinnosti zahrneme do vyjádření A , bychom měli respektovat následující kritéria:

- musíme mít jistotu, že se skutečně jedná o procesy splňující podmínky (2) a (3), tedy o kritické procesy,
- tyto procesy musí mít jasně definovaná optima, což především závisí na jednoznačnosti zařazení zdrojů, které využívají, do systému uvedeného dále,
- účinnosti zvolených kritických procesů musí být vypočitatelné z veličin, které lze v terénu stanovit, a to pokud možno co nejnázne.

Jelikož pro popis ekosystému jsou důležité procesy na průřezových místech, což jsou myšlené řezy v uzlových bodech ekosystému (např. kořen/půdní roztok, vzduch/list) (ULRICH 1991), můžeme předpokládat, že množina dobře definovaných účinností kritických procesů poskytne vhodný rámec pro vyjádření A .

Obecná formulace účinnosti i -tého procesu π_i

Čím více se sledovaný (kritický) i -tý proces kvantitativně přiblíží optimálnímu využití zdroje (cíli), tím bude hodnota jeho účinnosti π_i vyšší. Jelikož progresivní vývoj systému, ve smyslu přibližování se cíli, bude s blížícím se cílem vyžadovat stále „jemnější“ koordinaci procesů uvnitř systému, je nasnadě použít pro vyjádření účinnosti π_i exponenciální funkci:

$$\pi_i = \exp - |\delta o_i| \quad (4)$$

kde δo_i představuje vzdálenost od optimálního využití zdroje (cíle) i -tého (kritického) procesu. Výhoda tohoto vyjádření spočívá rovněž v tom, že vypočítané hodnoty stability A budou ležet v intervalu (0,1). Porovnejme nyní dva procesy Ω_i a Ω_i' , přičemž první náleží systému S a druhý systému S' , oba tyto procesy využívají typově stejný zdroj. Optimum využití zdroje pro systém S je o_i , pro systém S' pak o_i' . Budeme dále předpokládat, že $o_i' \gg o_i$ a také že pro $\delta o_i'$ a δo_i platí $\delta o_i' \approx \delta o_i$. Pokud bychom vyčíslili obě účinnosti i -tých (kritických) procesů podle (4), vyšlo by nám $\pi_i \approx \pi_i'$. Účinnost i -tého kritického procesu pro systém S by však vzhledem k absolutní velikosti o_i měla představovat menší hodnotu, tedy pokud platí $o_i' \gg o_i$ mělo by za této situace platit $\pi_i' \gg \pi_i$. Z toho vyplývá, že vztah (4) bude nutno upravit tak, abychom zahrnuli i relativní „měřítko“, což můžeme obecně formulovat jako:

$$\pi_i = \exp - |\delta o_i / o_i| \quad (5)$$

kde o_i představuje hodnotu optimálního využití zdroje (cíle) i -tého kritického procesu.

Klasifikace zdrojů na základě jejich optimálního využití

Těsná koordinace aktivit mezi druhy známá jako symbióza posouvá charakter celého živého systému blíže k superorganismu (THOMAS 1975). Užíváme zde pojmu superorganismus, abychom zdůraznili nezbytnost systémového přístupu pro správné uchopení celé problematiky. Jednotlivé druhy organismů tvořící lesní ekosystém (pravděpodobně pouze jeho prostorově fixovanou část) jsou od určitého stupně sukcese provázány symbiotickými nebo usměrňujícími vazbami natolik, že lze hovořit o cíleném využívání zdrojů stanoviště lesním „superorganismem“, které probíhá s jistou efektivitou. Pro každý typ zdroje tedy existuje určitý cíl jeho využití, kterému se systém snaží přiblížit. Vzhledem k optimálnímu nakládání se zdroji lesním ekosystémem lze pravděpodobně rozlišit tři kategorie zdrojů:

- i) zdroje, jež je třeba spotřebovat,
- ii) zdroje, jež je třeba recyklovat,
- iii) zdroje, jež je třeba inhibovat.

Cílový ekosystém (klimax) je determinován podmínkami na stanovišti (ULRICH 1991) a charakterem dostupných druhů. Chceme-li tedy kvantitativně posuzovat míru koordinace procesů v daném ekosystému (ať už přirozeném nebo obhospodařovaném) vzhledem k podmínkám konkrétního stanoviště, je třeba zaměřit se na ty zdroje, jejichž distribuce nebo zásoba se mezi jednotlivými stanovišti liší. Právě podle efektivit využití těchto zdrojů můžeme poznat, zda je systém tvořen pro dané podmínky vhodnými druhy s vhodnými vzájemnými vazbami, z čehož na základě vztahu (1) určíme rovněž stabilitu systému v pravděpodobnostním smyslu. Proměnlivé zdroje mohou však nabývat i extrémní povahy (např. příliš mnoho světla a málo srážek), což se projeví tím, že cílový systém bude sice pro dané stanoviště, vzhledem k jeho povaze a charakteru dostupných druhů, adaptován nejlépe ze všech, ale účinnost využívání jednotlivých zdro-

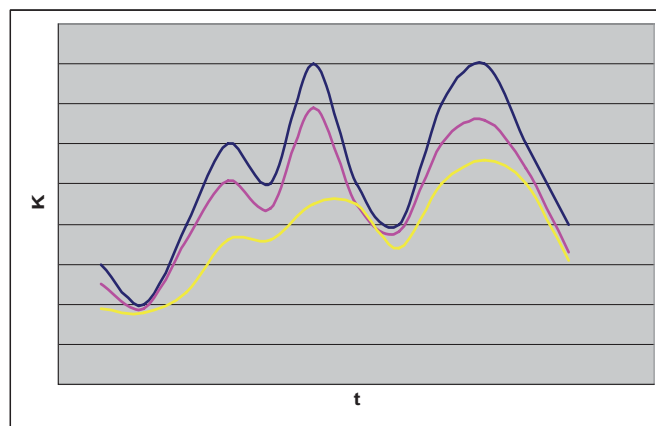
jů bude přece jenom nižší než u stanoviště s pro organismy obecně vhodnějšími podmínkami. Jelikož mezi zdroje, jejichž dostupnost se pro jednotlivé typy stanovišť mírného pásu příliš neliší, patří například CO_2 , O_2 , nebudeme se v této práci zabývat posuzováním efektivit využití těchto ani z tohoto hlediska podobných zdrojů.

Definice optimálního využití pro jednotlivé kategorie zdrojů, vyjádření π_i v závislosti na povaze zdroje

Pro účely vyčíslení stability podle rovnice (1) je třeba předložit matematicky jednoznačnou definici optim pro využívání zdrojů kategorizovaných v předešlém odstavci. Obecné vyjádření těchto optim musí zahrnovat takové veličiny, které budou odrážet poměry na daném stanovišti, jelikož se zabýváme koordinací procesů v systému vzhledem k podmínkám stanoviště. Pokud hodnotu A použijeme k porovnávání jednotlivých ekosystémů, např. přírodně blízkého smíšeného porostu a monokultury na analogických stanovištích nebo k porovnávání různých stanovišť, přičemž právě pro tyto účely byla A definována, musíme respektovat fakt, že smysluplné je porovnávání procesů v porostech přibližně stejného vývojového stadia v průběhu vegetačního období bez většího výskytu anomálií v počasí.

Definice optima u zdroje kategorie i), vyjádření π_i pro tento typ zdroje

Pro tento typ zdroje platí, že spotřeba zdroje ekosystémem neomezuje zásobu zdroje, tato zásoba je vzhledem ke spotřebě lokálního lesního ekosystému nevyčerpatelná. Distribuci zdroje ke stanovišti ekosystém ovlivňuje málo nebo vůbec. Distribuce zdroje v čase může být povahy přibližně konstantní nebo proměnné (avšak ležící v určitých, stanoviště definujících mezích). Do této kategorie zdrojů patří: voda, sluneční záření, minerální prvek, jenž je pro členy ekosystému esenciální a v matečné hornině je přítomen ve velkém množství (což v některých případech může být např. Ca^{2+} , Mg^{2+}). Vzhledem k nevyčerpatelnosti zdroje (z pohledu lokálního ekosystému) spočívá optimální využití zdroje v jeho co největším využití pro potřeby ekosystému. Nejříve dojde k zachytu zdroje a posléze k jeho spotřebě (platí např. pro vodu a světlo). Optimum využití zdroje tedy ztotož-



Obr. 1.

Vstup ze zdroje na stanoviště (modrá křivka), jeho zachyt (růžová křivka) a spotřeba (žlutá křivka) hypotetickým systémem v průběhu jedné vegetační doby (podrobněji viz text)

níme s kvantitou jeho vstupu na stanoviště, což samozřejmě může představovat aproximaci, přesto ovšem pro účely srovnávání jednotlivých ekosystémů, aproximaci velmi užitečnou. K snazšímu odvození vztahu pro π_i u zdroje, jenž je třeba spotřebovat, nám poslouží pohled na obrázek 1 znázorňující vstup, záchyt a spotřebu zdroje hypotetickým systémem v průběhu jedné obvyklé vegetační doby. Časový vývoj kvantity okamžitého vstupu z i -tého zdroje na stanoviště obsazené ekosystémem označíme jako K_i , na obrázku jej reprezentuje modrá křivka. Růžová křivka reflektuje tu část kvantity vstupu, kterou byl ekosystém schopen pro své účely zachytit, tuto část označíme jako Z_i . Žlutá křivka pak vyjadřuje skutečnou spotřebu zdroje ekosystémem, značenou dále jako Σ_i . V případě zdroje kategorie i), ztotožníme optimum jeho využití s modrou křivkou.

Účinnost využití u tohoto typu zdroje tedy poroste s tím, jak se bude růžová křivka blížit modré a žlutá křivka růžové. Se zřetelem k tomuto předpokladu a s pomocí vztahu (5) můžeme vyjádřit π_i pro zdroj i) jako:

$$\pi_i = \exp - \left| \frac{\int_{t_1}^{t_2} (K_i - Z_i) dt \cdot \int_{t_1}^{t_2} (Z_i - \Sigma_i) dt}{\int_{t_1}^{t_2} \Sigma_i dt} \right| \quad (6)$$

kde K_i je vstup z i -tého zdroje na stanoviště v čase t , Z_i představuje záchyt vstupu z i -tého zdroje v čase t , Σ_i pak vyjadřuje spotřebu vstupu i -tého zdroje ekosystémem v čase t .

Monteithova hypotéza a její vztah k π_i u zdroje kategorie i)

Hypotézu používající kvantifikovaný vstup ze zdroje na stanoviště, záchyt tohoto vstupu a jeho využití systémem jako nástroj k hodnocení stavu ekosystému již předložil například J. L. MONTEITH a to konkrétně pro případ slunečního záření (MONTEITH 1972). Hypotéza předpokládá, že množství sluneční energie, které dopadá na porost, určuje horní mez produkce porostu, skutečná produkce je určována množstvím fotosynteticky aktivní radiace, které je korunovou vrstvou zachyceno v průběhu vegetační sezony a konverzí této energie do produkované biomasy. Hypotéza předpokládá lineární závislost mezi množstvím dopadajícího slunečního záření I_i a tvorbou nadzemní biomasy (D_w):

$$(D_w) = \varepsilon I_i \quad (7)$$

Důležitý je koeficient ε zahrnující v sobě informaci o účinnosti záchytu sluneční energie a účinnosti její konverze do nadzemní biomasy. Velikost parametru ε slouží k oceňování produkční schopnosti porostu a například také pro zhodnocení vlivu různých stresorů na lesní ekosystém. Platnost vztahu (7) byla potvrzena mnoha studiemi (KULHAVÝ et al. 2003). Platnost vztahu (7) znamená, že procesy využívající v systému světla jsou schopny kopírovat změny v kvantitě vstupu z tohoto zdroje tak, že sledují stejnou tendenci (vzestupnou, konstantní nebo sestupnou) jako kvantita vstupu z tohoto zdroje. Právě tuto skutečnost znázorňuje obrázek 1.

Modifikace vyjádření π_i pro esenciální prvek spadající do kategorie zdroje i)

V případě esenciálního prvku, vyskytujícího se v matečné hornině vzhledem ke zkoumanému systému prakticky v nevyčerpatelném množství a spadajícího tedy do kategorie zdrojů I, je způsob vyjádření π_i podle vztahu (6) poněkud nevyhovující. Celkovou záso-

bu K_i můžeme aproximativně prohlásit za v čase konstantní a zároveň tvrdit, že

$$K_i \gg Z_i,$$

poté ovšem platí:

$$K_i - \int_{t_1}^{t_2} Z_i dt \approx K_i$$

zároveň můžeme předpokládat, že záchyt systémem zhruba odpovídá spotřebě (jelikož sám záchyt už je v tomto případě aktivním dějem), což lze vyjádřit jako $Z_i \approx \Sigma_i$, vezmeme-li v úvahu tyto skutečnosti, můžeme vztah formulovat jako:

$$\pi_i = \exp - \left| \frac{K_i^r - \int_{t_1}^{t_2} Z_i dt}{\int_{t_1}^{t_2} \Sigma_i dt} \right| \quad (8)$$

kde K_i^r představuje vhodně vyjádřenou zásobu, vztaženou např. na jednotku objemu.

Definice optima u zdroje kategorie ii), vyjádření π_i pro tento typ zdroje

U zdroje, kde hrozí vyčerpání zásoby či silné omezení toku ze zdroje do systému kvůli povaze tohoto zdroje, je nutno vyzdvihnout význam recyklace zdroje. Do této kategorie zdrojů můžeme zařadit většinu esenciálních minerálních živin na daném stanovišti. Účinnost recyklace lze vyjádřit pomocí míry výstupu daného zdroje z aktivní zóny ekosystému. Výstup v čase t (Ψ) by měl být u ideálně přizpůsobeného ekosystému minimální. Podmínka minimálního výstupu vede k tomu, že hodnota rozdílu $\int_{t_1}^{t_2} (\Sigma_i - \Psi_i) dt$ by měla být naopak maximální. Účinnost tedy můžeme formulovat jako:

$$\pi_i = \exp - \left| \frac{\int_{t_1}^{t_2} \Psi_i dt}{\int_{t_1}^{t_2} (\Sigma_i - \Psi_i) dt} \right| \quad (9)$$

kde Σ_i vyjadřuje spotřebu i -tého zdroje ekosystémem v čase t . Jak vidíme, vztah předpokládá, že spotřeba vždy bude větší než výstup z aktivní zóny ekosystému.

Definice optima u zdroje kategorie iii), vyjádření π_i pro tento typ zdroje

Tento typ zdroje ve skutečnosti představuje pro ekosystém zátěž. Cílový způsob využití zdroje proto spočívá: 1. v imobilizaci zdroje pro členy ekosystému, 2. v co nejrychlejším odstranění z ekosystému, tímto procesem se v této práci nebudeme zabývat. Do první zde vyčleněné kategorie patří Al^{3+} (aq), který může být mobilizován z matečné horniny, kde se nachází ve velkém množství. Al^{3+} se v ekosystému může uvolňovat vlivem kyselého podloží, vlivem biologických procesů nebo antropogenně indikovanou kyselou depozicí. Všechny tyto procesy totiž vedou ke zvýšení vstupu H_3O^+ do půdního systému. Právě iont H_3O^+ pak způsobuje mobilizaci hliníku, což vede k proje-

vům tzv. hliníkového stresu (ULRICH 1991, HRUŠKA et al. 2001). Zásobu Al^{3+} v matečné hornině můžeme považovat za nevyčerpatelnou a konstantní. Účinnost imobilizace zdroje lze potom vyjádřit jako:

$$\pi_i = \exp - \frac{\int_{t_1}^{t_2} c_{Al^{3+}(aq)} dt}{K_i^r - \int_{t_1}^{t_2} c_{Al^{3+}(aq)} dt} \quad (10)$$

kde K_i^r vyjadřuje vhodně definovanou zásobu (v tomto případě Al) a $c_{Al^{3+}(aq)}$ představuje vhodně definovanou koncentraci vodného (a tedy biodostupného) Al^{3+} .

Analýza vztahu mezi stabilitou A a biodiverzitou

Vydeme-li z jazyka používaného při termodynamické analýze spřažených procesů (např. FISCHER 1987), můžeme procesy v ekosystému popsat pomocí zobecněných termodynamických toků J, J' a zobecněných termodynamických sil X, X' . Silou X budeme rozumět sumu takových energetických vstupů na stanoviště, které mohou potenciálně pohánět jednotlivé procesy v ekosystému. Silou X' rozumíme sumu sil indukovaných uvnitř ekosystému pomocí toků J , jejichž energetické pokrytí zajišťuje právě síla X . Z pohledu energetické bilance v ekosystému tedy veličiny X, J patří mezi pochody hnací a veličiny X', J' mezi pochody poháněné. Pochody X', J' udržují systém v quazistacionárním stavu a vztah mezi X', J' a X, J můžeme tedy označit za velmi důležitý se zřetelem k celkovému popisu stavu ekosystému ve smyslu přizpůsobení se podmínkám daného stanoviště. V termodynamické analýze spřažených procesů se můžeme setkat s veličinou η zvanou účinnost konverze energie a definovanou jako (např. FISCHER 1987):

$$\eta = - \frac{J' X'}{J X} \quad (11)$$

kde součin XJ představuje vstup, který může ekosystém potenciálně využít. Pouze vhodnou interakcí ekosystému s XJ vzniká indukovaný výstup $X'J'$, který ekosystém využívá k nejrůznějším anabolickým a katabolickým dějům. Předpokládáme, že velikost XJ určují podmínky stanoviště. Nezabývejme se nyní konkrétním podílem jednotlivých zdrojů a procesů v ekosystému na X, J, X', J' , předpokládáme však, že kvalita přizpůsobení ekosystému určitému stanovišti rozhoduje o velikosti $X'J'$. Potom ovšem zcela jistě existuje závislost:

$$A = f(\eta) \quad (12)$$

a v oblastech s oprávněnou použitelností lineární aproximace pak můžeme psát:

$$\prod_{i=1}^n \mu_i = -K \frac{J' X'}{J X} \quad (13)$$

Účinnost konverze energie η souvisí se stupněm spřažení q , definovaným v nerovnovážné termodynamice pomocí fenomenologických koeficientů (např. FISCHER 1987):

$$q = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_{11} L_{22}}} \quad (14)$$

Vztah mezi η a q vyjadřuje následující rovnice (např. FISCHER 1987):

$$\eta = - \frac{x(q+x)}{1+qx} \quad (15)$$

Stupeň spřažení je evidentně funkcí počtu prvků n , které spřažení zajišťují a také síly vazeb mezi nimi F_v , přičemž platí, že větší počet prvků se silnější vzájemnou vazbou zajistí větší stupeň spřažení (např. FISCHER 1987), můžeme tedy psát:

$$q = f(n) \cdot f(F_v) \quad (16)$$

V lesním ekosystému představují uzly umožňující spřažení jednotlivých procesů živé organismy. Pokud tedy chceme zdůraznit systémové hledisko v popisu lesa (či jiného ekosystému), můžeme na soubor jednotlivých organismů pohlížet jako na síť (BURNS 1991), která využívá s určitou účinností zdrojů (v souladu se zavedenou definicí stability A). Struktura sítě vynikne, právě tehdy, uvažíme-li provázanost jednotlivých organismů při využívání těchto zdrojů. Kvalita této sítě symbiotických a kompetičních vztahů tedy určuje stabilitu daného ekosystému. Zapojení jednotlivých organismů do struktury sítě závisí na tom, jakými vztahy se daný organismus může do struktury sítě zapojit, to znamená z velké části na tom, o jaký druh organismu se jedná. Můžeme tedy aproximativně přejít od jednotlivých organismů ke druhům. V dalším textu budeme tedy n považovat za počet druhů v daném ekosystému. Sílu vazby mezi jednotlivými druhy organismů v síti F_v (viz rovnice 16) bude velmi těžké vyjádřit. Nyní se však o to ani nebudeme pokoušet, s přihlédnutím ke vztahům (16), (15), (13) a (11) můžeme tvrdit, že existuje závislost mezi n a A . Samotný tento fakt nám postačí k učinění poměrně závažných predikcí o dalším vývoji ekosystému (viz další odstavec). Na základě vztahů používaných při termodynamické analýze spřažených procesů jsme tedy naznačili, že u lesních ekosystémů nacházejících se ve finálním stacionárním stavu nebo jeho blízkosti, existuje závislost mezi stabilitou A a počtem druhů n v tom smyslu, že n zvyšuje A . Na druhové bohatosti stojí jedna z možných definic biodiverzity (HAWKSWORTH 1995, HEYWOOD 1995). V tomto smyslu tedy u lesů ve stacionárním stavu větší biodiverzita znamená větší stabilitu A , tedy větší odolnost porostu vůči působení náhodného stresoru.

Jednoduché predikce o budoucnosti ekosystému na základě hodnot A a n

Připusťme, že jsme pomocí vztahu (1) zjednodušeného s přihlédnutím k podmínkám (2) a (3) na základě monitoringu určitých veličin v terénu schopni uspokojivě vyjádřit stabilitu A , která vypoví o tom, jak dobře sledovaný ekosystém využívá možností daných stanovištěm (ještě jednou zdůrazňujeme, že stabilita A představuje srovnávací veličinu). Připusťme také, že máme uspokojivý přehled o počtu druhů n na daném stanovišti. Na základě těchto údajů jsme schopni učinit minimálně predikce shrnuté v tabulce 1.

Pokud bychom měli komentovat výskyty v pravém sloupci tabulky 1 (predikce budoucího vývoje ekosystému), zaměříme se nejprve na druhy v tabulce prezentovaný případ (nízká A , vysoké n). Předpokládáme, že reálný ekosystém nefunguje tak, že by se v něm mohlo vyskytovat velké množství druhů při malé hodnotě A . Uvažujeme

například, že systém má nízkou hodnotu stability A , zároveň však vykazuje vysoký počet druhů n . Nízká hodnota stability A v tomto případě znamená i velmi nízkou hodnotu F_v . Jestliže je síla vazby mezi druhy malá, znamená to, že převažuje kompetice nad symbiózou, což v důsledku vede k menšímu počtu druhů n . Pokud se tento způsob argumentace bude jevit příliš spekulativní, je možno také tvrdit, že už samotné vysoké n je dlouhodobě s nízkou hodnotou A neslučitelné, protože lze těžko přijmout tvrzení, že velký počet druhů může dlouhodobě obývat stanoviště, které neumí účinně využívat. Taková situace nastává v reálu pravděpodobně, a to navíc krátkodobě, jen tehdy, pokud náhlá změna podmínek stanoviště, zapříčiněná vnějším faktorem, vede k rychlému zmenšení hodnoty stability A , přičemž, než stihnou příslušné druhy vymizet, můžeme pak skutečně nalézt i v „nefunkčních“ ekosystémech velký počet druhů. Tento případ mohl nastávat v průběhu 20. století relativně často a může se dít i nyní. Nízká hodnota A nám tedy v takových případech jednoznačně predikuje úbytek na daném stanovišti původních druhů (ty mohou být posléze nahrazeny vhodnými druhy novými, pokud existují a vyskytují se v překonatelné vzdálenosti).

V tabulce 1 uvedený případ tří (relativně vysoká A , nízká n) ukazuje na další zajímavou situaci, v přírodě reprezentovanou například boreálními lesy. Upřesněme, že relativně vysokou hodnotou A rozumíme takovou hodnotu, jež se jeví vzhledem k danému nepříznivému stanovišti vysoká – zde opět vyniká srovnávací charakter A . Mezi malým počtem druhů se v průběhu evoluce ekosystému vyvinuly silné vazby. Nutno podotknout, že takové systémy jsou potenciálně nestabilní a vskutku často podléhají katastrofám, jež se však mnohdy staly nedílnou součástí jejich vývojových cyklů (MÍCHAL 1994).

Poslední v tabulce 1 uvedený příklad mohou reprezentovat dospělé smrkové monokultury pěstované ve velmi nevhodných podmínkách.

Z předešlých úvah můžeme již nyní vyvodit několik velmi závažných závěrů, především je to důležitost biodiverzity pro stabilitu ekosystémů (a to nejen ve smyslu n), jelikož „nabídka“ dostupných druhů a jejich vnitrodruhové variability rozhoduje podstatnou měrou o velikosti A , určuje totiž (spolu s abiotickými činiteli) polohu stacionárního stavu. Čím je v okolí lokálního ekosystému více druhů, s tím větší pravděpodobností se najdou právě takové, jež se vhodně

zapojí do sítě vztahů v ekosystému sledujícího cíl, což se pozitivně projeví na velikosti A .

Důležitou otázkou zůstává, zda je navržený způsob stanovení stability A aplikovatelný i na porosty nacházející se v oblasti nelinearity, což znamená, že v systému probíhající procesy jsou komplexními funkcemi (např. exponenciálními) zapojených sil (ULRICH 1991). Takovéto porosty jsou narušené a „hledají“ nový stacionární stav. Lze předpokládat, že takovéto porosty nejsou schopny koordinovat svou činnost vzhledem k dosažení cíle, což se projeví na nízké hodnotě A . Pro stanovení A však musíme kvantifikovat účinnost π_i dostatečného množství procesů, tedy alespoň jednoho z každé kategorie.

ZÁVĚR

V této práci definovaná stabilita A by měla být po dopracování celého systému vypočitatelná s použitím několika málo na daném stanovišti relativně snadno stanovitelných veličin (převážně půdních), měřených několikrát během vegetačního období coby vstupních dat. Stabilita A má charakter srovnávací veličiny, její zavedení by mohlo přispět k hlubšímu pochopení některých souvislostí v ekologii lesa a v praxi pak i ke kvantitativnímu vyjádření toho, jak je určitý lesní porost (různým způsobem pozměněný) vhodný pro dané stanoviště. Mohly by být například stanoveny hodnoty A pro lesy, jež se svým charakterem blíží lesům přirozeným a tyto hodnoty by mohly být porovnány s hodnotami získanými pro silně pozměněné porosty na stanovištích s podobnými podmínkami. Hodnota A by rovněž mohla být zohledněna při vytváření systému limitů pro nejrůznější stresory antropogenního charakteru (např. rizikové prvky). Při současné znalosti hodnoty stability A a biodiverzity vyjádřené pomocí n by zároveň mělo být možné učinit jisté jednoduché predikce o budoucnosti ekosystému ve smyslu stanovení pravděpodobnosti ohrožení daného porostu (analýza rizik). Hluběji by pak měla být analyzována funkce stability A jako atraktoru a její význam pro evoluci lesa a následně těsnější propojení s analýzou rizik.

Tab. 1.

Pravděpodobný vývoj lesního ekosystému predikovaný na základě stability A a počtu druhů n

Vypočtená hodnota A	Stanovená hodnota n	Pravděpodobná hodnota F_v	Predikce budoucího vývoje ekosystému
vysoká	vysoká	vysoká	Za stávající situace se jedná o vyrovnaný ekosystém, dlouhodobě stabilizovaný, vzhledem k vysokému počtu druhů pravděpodobně také značně odolný vůči změně některých faktorů.
nízká	vysoká	velmi nízká	Poměry na stanovišti se zásahem zvenčí velmi nedávno změnily tak, že stávající ekosystém zde již není schopen účinně využívat zdrojů, velmi brzy lze očekávat rapidní úbytek až vymizení těch druhů, které v ekosystému dosud dominovaly.
relativně vysoká	nízká	vysoká	V ekosystému působí poměrně malý počet dobře provázaných druhů, ekosystém je však potenciálně nestabilní.
nízká	nízká	nízká	Jedná se o nestabilní ekosystém, pravděpodobně neuzpůsobený danému stanovišti.

LITERATURA

- BERTALANFFY L. VON 1968. General System Theory. New York, Braziller.
- BURNS T. P., PATTEN B. C., HIGASHI H. 1991. Hierarchical evolution in ecological network. In: Burns T. P., Higashi H. (eds.): Theoretical studies of ecosystems: the network perspective. New York, Cambridge University Press.
- CHECKLAND P. 1981. Systems Thinking, Systems Practice. New York, John Wiley.
- EIGEN M. 1971. Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften*, 58: 465-523.
- FISCHER O., KUČERA I. 1987. Nerovnovážné soustavy. Praha. Státní pedagogické nakladatelství.
- GLANDSORFF P., PRIGOGINE I., NICOLIS G. 1974. The thermodynamic stability theory of non-equilibrium states. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 71: 197-199.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁDKA M. 2004. Mykorhizní symbióza: O soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia.
- HAKEN H. 1987. An Approach to Self-organization. In: Eugene Yates F. (ed.): Self-Organizing Systems. New York, Plenum.
- HAWKSWORTH D. L. (ed.) 1995. Biodiversity Measurement and Estimation. London, Chapman & Hall.
- HEYWOOD V. H. (ed.) 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge, Cambridge University Press.
- HOLLING C. S. 1977. Resilience and Stability of Ecosystems. In: Jantsch E., Waddington C. H. (eds.): Evolution and Consciousness. Massachusetts, Addison – Wesley Publishing Comp.
- HORN H. S. 1981. Succession. In: May R. M. (ed.): Theoretical Ecology: Principles and Application. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 253-271.
- HRUŠKA J., CIENCIALA E. (eds.) 2001. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd. Praha, Ministerstvo životního prostředí.
- JANTSCH E. 1975. Design for evolution: Self-organization and Planning in the Life of Human Systems. New York, George Braziller.
- KULHAVÝ J. (ed.) 2003. Ekologie lesa. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.
- LAZCO E. 1987. Evolution. Boston, Shambhala.
- LEPŠOVÁ A. 2003. Les jako ektomykorhizní systém. Praha, Lesnická práce, <http://lesprace.silvarium.cz/content/view/563/58/>
- LOVELOCK J. 2008. Gaia vrací úder. Praha, Academia.
- MATURAMA H., VARELA F. 1980. Autopoiesis and Cognition. Dordrecht, Holland, D. Seidel.
- MÍČAL I. 1994. Ekologická stabilita. Brno, Veronica.
- MONTEITH J. L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9: 747-766.
- ONGUENE N. A., KUYPER T. W. 2002. Importance of the ectomycorrhizal network for seedling survival and ectomycorrhizal formation in rain forest of south Cameroon. *Mycorrhiza*, 12: 13-17.
- PRIGOGINE I., GLANDSORFF P. 1971. Thermodynamics Theory of Structure, Stability and Fluctuations. New York, Wiley.
- RILLING M. C., STEINBERG P. D. 2002. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification? *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1371-1374.
- SIMARD S. W., PERRY D. A., JONES M. D., MYROLD D. D., DURALL D. M., MOLINA R. 1997. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388: 579-582.
- THOMAS L. 1975. The Lives of a Cell. New York, Bantam.
- ULRICH B. 1991. Folgerungen aus 10 Jahren Waldökosystem und Waldschadensforschung. *Forst und Holz*, 46: 575-588.
- ULRICH B. 1987. Stability, elasticity, and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. In: Schulze E. D., Zwölfer D. H. (eds.): Potential and Limitations of Ecosystem Analysis, *Ecol. Stud.* New York, Springer-Verlag.
- WADDINGTON C. H. 1977. Tools for thought. New York, Basic Books Inc. Publisher.

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Bc. Pavel Rotter
 Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, Brno
 Přírodovědecká fakulta,
 Masarykova univerzita
 Kamenice 126/3, Brno, 625 00
 tel: 549 494 267; e-mail: 211729@mail.muni.cz

POKYNY PRO AUTORY PŘÍSPĚVKŮ DO ZPRÁV LESNICKÉHO VÝZKUMU

Zprávy lesnického výzkumu jsou recenzovaným vědeckým časopisem, ve kterém jsou uveřejňovány výsledky výzkumu vztahující se k lesnímu hospodářství, lesním ekosystémům a naplňování funkcí lesa. Přináší informace pro lesnickou vědu a praxi. Náplň časopisu tvoří originální vědecké články a krátká odborná sdělení v českém nebo slovenském jazyce s anglickým doprovodem (abstrakt, klíčová slova, souhrn, popisky tabulek, grafů, obrázků a fotografií). Příležitostně jsou zařazovány příspěvky z lesnické historie, rozborů literatury k aktuálnímu tématu (review) a recenze, stálou rubrikou je příloha Lesnické aktuality, která uvádí stručné výtahy ze zahraniční literatury. Časopis je řízen ediční radou, která připravuje ediční plán, vychází čtvrtletně a je excerpcován do řady zahraničních bibliografií, databází (mimo jiné CABI) a referátových časopisů a zpracováván Elsevier Bibliographic Databases. Maximálně jednou ročně vydávané Zprávy lesnického výzkumu Speciál přináší práce mimoústavních odborníků, popř. příspěvky z vědeckých konferencí. Ediční rada v takových případech může spolupracovat s hostujícím editorem, na jehož výzvu autoři přispívají do tohoto čísla.

Zasílání a zpracování příspěvků

Rukopisy mohou být zaslány redakci e-mailem (redakce@vulhm.cz), nebo na CD, popř. na disketě. Autoři mohou navrhnout 3 potenciální recenzenty včetně jejich adresy, telefonu, faxu a e-mailu. Uvedení e-mailu recenzenta je povinné. Výkonný redaktor potvrdí obdržení příspěvků. Dodané příspěvky jsou po redakční úpravě zasílány dvěma recenzentům. Na základě recenzních posudků je článek buď bez dalších úprav přijat nebo postoupen autorovi k úpravám, v případě rozporného hodnocení zaslán dalšímu recenzentovi. Lhůta pro zpracování posudků je maximálně 4 týdny. Autoři mají na dodatečné úpravy maximálně 2 týdny. Výkonný redaktor informuje autory o přijetí nebo zamítnutí příspěvku. Přijaté příspěvky jsou před tiskem zaslány korespondenčnímu autorovi ke korektuře.

Požadavky na úpravu rukopisu

Předkládaný vědecký článek musí odpovídat výše uvedenému zaměření časopisu a musí být členěn na úvod, materiál a metodiku, výsledky, diskusi, závěr a literaturu. Autor článku doplní stručným anglickým abstraktem, maximálně 10 klíčovými slovy v češtině a angličtině a anglickým maximálně jednostránkovým souhrnem obsahujícím stručný popis problematiky, materiálu a metodiky, výsledků a závěrů práce. V anglickém souhrnu je vhodné uvádět odkazy na tabulky a obrázky v hlavním textu. Všechny práce vycházející z řešení projektů výzkumu musí mít uvedenou dedikaci k tomuto projektu, která se umísťuje za závěr.

Celkový rozsah by neměl překročit 30 stran v požadované úpravě včetně tabulek, grafů a obrázků. Text musí být zpracován v editoru MS Word (okraje 2,5 cm, Times New Roman 12, řádkování dvojité, bez dělení slov a se zarovnáním vlevo). Stránky a rovněž řádky musí být průběžně číslovány. Rukopis je žádoucí upravit podle normy ČSN 01 6910 O správné úpravě písemností. Tabulky, grafy a obrázky musí mít kromě dvojazyčného názvu i vnitřní popisky v obou jazycích.

Obrázky, grafy a fotografie lze vřadit do textu, ale kromě toho je třeba je dodat v samostatných souborech. U obrázků a fotografií se doporučují formáty GIF, JPG, TIF, EPS s rozlišením alespoň 600 dpi, nejméně 300 dpi při reprodukci 1 : 1. Grafy vytvořené v programu MS EXCEL je třeba dodat jako zdrojový soubor v tomto programu (nestačí grafy importované do programu Word). Tabulky musí být psány stejným typem písma jako text rukopisu a spolu s obrázky se dodávají na samostatných listech za hlavním textem rukopisu. Odkazy na obrázky, grafy, fotografie a tabulky je třeba v textu rukopisu vyznačit. Popisky k těmto materiálům musí být na samostatném listě a průběžně číslovány.

Seznam citované literatury musí obsahovat všechny práce citované v rukopisu (viz vzor). Citace se v seznamu řadí abecedně převážně podle autorů (eventuálně podle korporace, např. ÚHÚL, nebo podle prvního slova z názvu dokumentu). V případě více citací jednoho autora se záznamy řadí vzestupně podle roku vydání. Práce autora vydané v témže roce se rozliší malými písmeny. Citace dokumentů se uvádějí v plném znění (bez zkratk).

Odborné sdělení je příspěvek obsahující aktuální, výjimečně zajímavé informace významné pro lesnickou vědu nebo praxi, nicméně není určen k publikaci prvních výsledků vědeckých experimentů. Tyto příspěvky budou také zasílány k recenzím.

Celkový rozsah odborného sdělení by neměl přesáhnout 10 stran při dvojitěm řádkování textu (2500 slov). Struktura vědeckého článku (úvod, materiál a metodika, ...) nemusí být dodržena, např. vhodné je sloučení výsledků a diskuse. Příspěvek by měl obsahovat maximálně dvě tabulky nebo dva obrázky a alespoň pět citovaných prací v seznamu literatury. Text, případně tabulka, grafy, obrázky a fotografie musí být zpracovány podle pokynů uvedených výše.

Vzor citací literatury

Citace knihy

SMOLÁK J., MUSIL S. 1985. Ochrana rostlin. 1. vyd. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 338 s. ISBN

Citace článku v periodiku

ZAVADIL Z. 1991. Zakládání semenných plantáží ve Švédsku. Zprávy lesnického výzkumu, 17: 3-9.

Citace příspěvku ve sborníku

PETR J. 1970. Problémy ochrany a bezpečnosti práce. In: Novák P., Novotný J. (eds.), Ochrana, bezpečnost a hygiena při práci v lesním hospodářství. České Budějovice: Dům techniky: 67-95.

Ukázky odkazů na citovanou literaturu v textu rukopisu

a) V literatuře (Brabec 1978) se uvádí, že

b) BRABEC (1978) uvádí, že