

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 53

ČÍSLO 1/2008

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

Vedoucí redaktorka: Ing. J. Danysová. Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc.

Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

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; RNDr. Jana Malá, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, DSc.; doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; doc. Ing. Pavel Klíč, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; prof. RNDr. Michal Marek, DrSc.; prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; doc. Ing. Marek Tučani, CSc.

OBSAH - CONTENT

ŠTEFAN KOHÁN

Hodnotenie vplyvu podzemnej vody na rast a objemovú produkciu topola '*Pannonia*' v intenzívnych kultúrach na Východoslovenskej nížine
Influence of groundwater on growth and volume production of poplar '*Pannonia*' In intensive cultures in the Eastern Slovak lowland

1

MILAN BÍBA - WOJCIECH JAKUBOWSKI - MILAN JAŘABÁČ - ZUZANA OCEÁNSKÁ - ZDENĚK VÍCHA

Pravděpodobnosti nejmenších průtoků ve dvou beskydských experimentálních povodích vyhodnocené hydrologickým modelem Lowfestim
Probabilities of minimal discharges from two experimental watersheds in the Beskydy Mts. evaluated by the hydrological model Lowfestim

6

PAVEL SAMEC - KAREL MAROSZ - ALEŠ KUČERA - KLEMENT REJŠEK

Biochemické vlastnosti a vztahy ležícího mrtvého dřeva a nadložního humusu v přirozených bučinách
Biochemical properties and their relations between fallen dead wood and surface humus layer in natural beech forests

15

VILÉM PODRÁZSKÝ - JIŘÍ REMEŠ

Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů - douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky
Soil-forming role of important introduced conifers - Douglas fir, Grand Fir and Eastern White pine

27

PAVLA KOLÁŘOVÁ - LENA BEZDĚČKOVÁ

Ověření metod předosevní přípravy semen některých domácích druhů keřů (ptačí zob, kalina, brslen)
Pre-treating the seeds of some autochthonous shrub species (*Ligustrum*, *Viburnum*, *Euonymus*) to improve their germination

34

ONDŘEJ IVANEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Klonové výsadby smrku ztepilého - izoenzymové analýzy vybraných klonů II
Clonal plantations of Norway spruce - isozyme analysis of selected clones II

49

JARMILA NÁROVCOVÁ

Produkce a růst krytokořenného sadebního materiálu buku lesního
Production and growth of European beech containerized planting stock

55

JARMILA NÁROVCOVÁ - ANTONÍN JURÁSEK - JAN BARTOŠ

Růst krytokořenného sadebního materiálu buku lesního na živných stanovištích
European beech containerized planting stock growing on fertile sites

60

JAN LEUGNER - ANTONÍN JURÁSEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Porovnání růstu matečných stromů horských populací smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.) a jejich vegetativních potomstev vysazených v různých podmínkách
Comparison of growth of ortets of mountain populations with Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) and their vegetative progenies in different growth conditions

66

JIŘÍ ČÁP - PETR NOVOTNÝ - JIŘÍ ŠINDELÁŘ - JOSEF FRÝDL

Posouzení vývoje potomstev jedle bělokore (*Abies alba* MILL.) původem ze Slovenska a České republiky na výzkumné ploše č. 53 - Konopiště, Mrač do věku 35 let
Review of development of Slovak and Czech silver fir (*Abies alba* MILL.) provenances on research plot no. 53 - Konopiště, Mrač for the first 35 years

71

LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS

- Regenerace smrku ztepilého v malých zápojcích ve smíšených horských lesích Bavorských vápencových Alp
Regeneration niches of Norway spruce saplings in small canopy in mixed mountain forest of the Bavarian Limestone Alps 82
- Vliv prostředí na klíčení a diverzitu borovice lesní ve středním Španělsku
Influence on environmental conditions on germinant survival and diversity of Scots pine in central Spain 82
- Infiltrace vody a hydraulická vodivost v písčitých kambizemích: vliv přeměny lesa na hydrologické vlastnosti půdy
Water infiltration and hydraulic conductivity in sandy cambisols: impacts of forest transformation on soil hydrological properties 83
- Je jedle bělokora méně citlivá na škody při těžbě dřeva než smrk ztepilý?
Is silver less vulnerable to extraction damage than Norway spruce? 83
- Tvorba lesního mozaikovitého modelu a jeho vylepšení pro vyhodnocení dlouhodobého ochranného efektu horských lesů
Improving the establishment submodel of a forest patch model to assess the long-term protective effect of mountain forests 84

HODNOTENIE VPLYVU PODZEMNEJ VODY NA RAST A OBJEMOVÚ PRODUKCIU TOPOĽA 'PANNONIA' V INTENZÍVNYCH KULTÚRACH NA VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINE

INFLUENCE OF GROUNDWATER ON GROWTH AND VOLUME PRODUCTION OF POPLAR 'PANNONIA' IN INTENSIVE CULTURES IN THE EASTERN SLOVAK LOWLAND

ŠTEFAN KOHÁN

ABSTRACT

This article presents results based on assessment of growth and volume production of poplar 'Pannonia' on 5-year series of research plots on mean heavy clay soil in intensive cultures lying in the non-flooded alluvia of the Latorice river. Series of research plots involves two partial plots, plot I and plot II. Due to level of groundwater in the depth of 3.0 – 3.5 m during spring plot I represents half-dry site for breeding water-demanding Euroamerican poplars, whilst plot II where level of groundwater is in depth of 1.5 – 1.8 m during spring is half-moisture and suitable for poplar breeding. Evaluation of results shows that favourable level of groundwater on plot II has positive effect both on height and diameter growth and volume production of observed poplar 'Pannonia'. On the plot II mean height reached 13.1 m, mean diameter 15.5 cm and Derbholz supply 36,250 m³ per ha; according to tree it is 50,270 m³ per ha, whilst on plot I values of mean height were 10.1 m, mean diameter 11.6 cm and Derbholz supply 13,125 m³. Proportional comparison of these data shows that on plot II mean height reached of 29.7 %, mean diameter of 33.6 %, and Derbholz supply of 176.1 % higher values than on plot I. The similar results were proved in comparison of average annual increments and volume of mean stem. These results must be taken only as preliminary due to low age of trees and will be needed to be completed and specified.

Kľúčové slová: topoľ 'Pannonia', pestovanie v intenzívnej kultúre pri rozličnej hladiny podzemnej vody, rast a objemová produkcia, Východoslovenská nížina

Key words: poplar, breeding in intensive culture with different groundwater level, growth and volume production, Eastern Slovak lowland

ÚVOD

Úspešná realizácia intenzívnych technológií pri pestovaní šľachtených topoľov predpokladá aj voľbu vhodných klonov pre dané stanovište. V ekologických podmienkach Slovenska rozlišujeme intenzívne pestovanie topoľov v lignikultúrach, ktoré sa zakladajú v rubných sponoch, v intenzívnych kultúrach založených v stredných sponoch a v špeciálnych kultúrach na urýchlenu produkciu vlákniiny, ktoré sa zakladajú v hustých sponoch. Hlavné zásady pre intenzívne pestovanie topoľov boli rozpracované a overené v Taliansku, kde najmä pestovaním výkonných klonov, ako 'I-214', 'I-154', 'I-273' a ďalších sa dosiahli pozoruhodné výsledky, a to najmä zvyšovaním drevnej produkcie (PICCAROLO 1952, GIORDANO 1956, VENTRE 1981 a iní). V krajinách západnej Európy, ako napr. vo Francúzsku, v Holandsku, SRN a inde sa pri intenzívnom pestovaní okrem talianskych klonov dobre osvedčili aj klony balzamových a interamerických topoľov (POURTET 1969, STERN 1972, MANN 1972, WEISGERBER 1984 a ďalší). V ďalších krajinách Európy, ako napr. v štátoch bývalej Juhoslávie, v Poľsku, v Českej republike a inde sa tiež intenzívne venovali tejto problematike a dosiahli pozoruhodné výsledky (HEJMANOWSKI 1975, KNĚŽEVIČ 1980, MOTTI 1967, ČÍŽEK et al. 1992 a iní).

Uplatnením intenzívnych technológií pestovania topoľov dosiahli v susednom Maďarsku podstatné zvýšenie drevnej suroviny, kde v súčasnosti používajú na pestovanie 18 rajonizovaných klonov topoľov (HAKUPA, SIMON 1985, FUHRER et al. 2003 a mnohí ďalší).

V ekologických podmienkach Maďarska sa dobre osvedčil aj klon 'Pannonia', ktorý bol vyšľachtený v Maďarsku. Je to samičí topoľ, vytvára rovné kmene a úzku korunu, vyznačuje sa dobrým zdravotným stavom a poskytuje vysokú objemovú produkciu (TÓTH, ERDŐS 1988).

Rast, objemovú produkciu a zdravotný stav topoľov na Slovensku hodnotili viacerí autori a vypracovali aj rajonizáciu vhodných klonov (CIFRA-KRÉBES 1973, VOJTUŠ 1978, VARGA 1990, 2004, KOHÁN et al. 1981, KOHÁN 1998, 1999, 2001, 2003). Problematike intenzívneho pestovania topoľa 'Pannonia' sa venoval doteraz KOHÁN (2004).

MATERIÁL A METODIKA

Sledovaná a hodnotená séria trvalých výskumných plôch sa založila na bývalej poľnohospodárskej pôde, ktorá bola už niekoľko rokov nevyužitá, v dôsledku čoho bola zarastená nežiadúcim trávnatým porastom. Z uvedeného logicky vyplýva, že pozemok neposkytoval žiaden materiálny úžitok, ba v značnej miere prispel k zhoršeniu prírodného a životného prostredia. Pred založením série trvalých výskumných plôch na bývalom poľnohospodárskom pozemku sa vykonala celoplošná mechanická príprava pôdy, ktorá pozostávala z hlbkej orby a povrchovej úpravy pôdy diskovaním. Na výsadbu sa použili dobre vyvinuté a zdravé jednoročné sadenice topoľového klonu 'Pannonia' na jednoročnom korení. Výsadba topoľov sa uskutočnila v pravidelnom štvorcovom spone 4 x 4 m,

s počtom stromov 625 ks na hektár, s rastovou plochou 16 m² na jeden strom, teda vo forme intenzívnej topoľovej kultúry. Sériu výskumných plôch tvoria dve čiastkové plochy, ktoré sa založili, ako je to uvedené, úplne rovnakým spôsobom a sú označené číslami I a II. Obidve čiastkové plochy vykazujú rovnaké pôdne vlastnosti, ale čo je veľmi významné, rozlišujú sa rozdielnou hladinou podzemnej vody. Charakteristika a hodnotenie ekologických pomerov sú podrobne rozvedené v nasledujúcej kapitole.

Na polosuchej čiastkovej ploche I s nižšou hladinou podzemnej vody (v hĺbke okolo 3,0 a 3,5 m), ako aj na čiastkovej ploche II, teda polovlhkej (s priaznivou hladinou podzemnej vody v hĺbke 1,5 – 1,8 m) sa vykonalo biometrické meranie všetkých jedincov. Počet nameraných topoľov na čiastkovej ploche I činil 65 ks na čiastkovej ploche II tiež 65 ks.

Na obidvoch sledovaných čiastkových plochách sa od ich založenia každoročne sústavne vykonala celoplošná mechanická kultivácia pôdy diskovaním, a to každoročne dvakrát vo vegetačnom období vo dvoch na seba kolmých smeroch. Okrem toho sa v prvých dvoch rokoch uskutočnilo aj individuálne ošetrovanie topoľov ručným okopávaním. V rámci biotechnických opatrení sa v prvých troch rokoch systematicky uskutočňovala úprava korún topoľov a raz, vo štvrtom roku aj ich oklesňovanie. S ohľadom na to, že hodnotenie rastu, objemovej produkcie a zdravotného stavu vykonáme v 5. roku, teda pomerne v mladom veku topoľov, prebiehkové zásahy sa doteraz neuskutočnili.

Prvé biometrické meranie topoľov sa vykonalo po ukončení vegetačného obdobia v piatom veku topoľov, a to na všetkých jedincoch obidvoch čiastkových plôch. Výšky sa merali s presnosťou na 0,5 m, hrúbky (vo výške 1,3 m) s presnosťou na 0,5 cm, a to dva razy na seba kolmých smeroch. V rámci spracovania materiálu sa zisťovali hlavné taxačné veličiny a to stredná výška a stredná hrúbka, kruhová základňa, zásoba na 1 hektár, ako aj priemerné prírastky. Objemová produkcia sa vypočítala podľa objemových tabuliek (MECKO et al. 1993) a uvádza sa jednak objemom hrubým, jednak objemom stromovým.

Význam hodnotenia tejto série výskumných plôch topoľa '*Pannonia*' spočíva v tom, že doteraz nebola v tejto oblasti Východoslovenskej nížiny žiadna intenzívna kultúra topoľa '*Pannonia*', kde by boli jednotlivé čiastkové plochy rozličným spôsobom ovplyvnené hladinou podzemnej vody. Na základe praktických skúseností a vedeckých poznatkov, ktoré sa získali najmä v zahraničí, je reálny predpoklad, že po overení rastových vlastností a objemovej produkcie sledovaného a hodnoteného topoľa '*Pannonia*' bude možné spoľahlivo zistiť vplyv rozličnej hladiny podzemnej vody na vývoj sledovaného topoľa a pestovať ho na stanovištiach s optimálnou hladinou podzemnej vody. S ohľadom na nízky vek sledovaného topoľa na jednotlivých čiastkových plochách, stručne hodnotené výsledky výskumu pokladáme zatiaľ iba za predbežné, ktoré bude potrebné ďalším sledovaním doplniť a spresniť. Pred hodnotením predbežných výsledkov výskumu je však žiadúce, aby sme aspoň stručne opisali a charakterizovali ekologické podmienky v oblasti série výskumných plôch. Ide tu predovšetkým o klimatické, pôdne a hydrologické pomery v záujmovej oblasti hodnotenej série výskumných plôch, ktoré leží v oblasti Medzibodrožia na Východoslovenskej nížine. Pre úplnosť je treba ešte uviesť, že súčasné ekologické, najmä však pôdne a hydrologické pomery boli v záujmovej oblasti miestami značne ovplyvnené vodohospodárskou úpravou ako aj inými technickými opatreniami.

OPIS A HODNOTENIE EKOLOGICKÝCH PODMIENOK

Hodnotený výskumný objekt „Pod kláštorom“ leží v katastrálnom území Leles v okrese Trebišov, na nezaplavovaných alúviách Latorice v oblasti Medzibodrožia na Východoslovenskej nížine. Celé územie patrí do povodia Bodrogu, ktorý vzniká zo sútoku Latorice a Ondavy a vlieva sa na území Maďarska do Tisy. Na mieste, kde Bodrog opúšťa naše územie, je najnižší bod Slovenska, a to 96 m n. m. Podstatnú časť územia tvoria aluviálne náplavy, ktoré boli pred vybudovaním ochranných hrádzi v rámci vodohospodárskej úpravy Východoslovenskej nížiny sústavne zaplavované. Výskumný objekt leží v nadmorskej výške 107 m.

Celá táto oblasť je klimaticky charakterizovaná ako teplá, mierne suchá s chladnou zimou a pomerne dlhým snežným žiarením. Dlhoročná priemerná teplota vzduchu, zistená na meteorologickej stanici Somotor, dosahuje 9,4 °C, vo vegetačnom období 16,5 °C. Vegetačné obdobie trvá v priemere 200 - 220 dní, kým priemerný počet letných dní dosahuje 67,2. Keďže snežné žiarenie trvá ročne priemerne 1 916 hodín, záujmová oblasť je charakterizovaná dostatočným množstvom snežnej energie, čo vytvára vhodné podmienky aj na úspešné pestovanie topoľa '*Pannonia*', ktorý je náročný na svetlo a na teplo. Úhrn ročných zrážok predstavuje v priemere 597 mm, z čoho na vegetačné obdobie pripadá 362 mm. Letné zrážky sú však často búrkového pôvodu a takto ich vegetácia nemôže vždy v plnej miere využívať. Prevládajúcim je severný vietor, ktorý v ročnom priemere môže dosiahnuť až 41 %. Okrem uvedených skutočností ročný výpar z pôdy môže predstavovať až 450 mm. S ohľadom na zlepšenie vlhovej bilancie pôdy význam intenzívnych spôsobov pestovania topoľov je v záujmovej oblasti plne odôvodnené.

Pôdnym typom je tu hnedá glejová pôda. Zrnitosť je pôda stredne ťažká, hlinitá, je stredne humózná a vykazuje mierne kyslú reakciu. Obsah dôležitých prístupných živín, najmä pokiaľ ide o obsah MgO₂, P₂O₅, ako aj K₂O je v celom profile postačujúci.

Obidve čiastkové plochy, označené číslami I a II, ležia pri mŕtvom ramene Tica, ktorá pred vodohospodárskou úpravou Východoslovenskej nížiny, najmä v jarnom období, bola z rieky Bodrog sústavne zaplavovaná. Keďže medzi Bodrogom a mŕtvym ramenom Tica sa vybuďovala hrádza, od tej doby je mŕtve rameno zásobované iba dažďovou vodou. Pôdne vlastnosti v zmysle uvedených kritérií sú na obidvoch čiastkových plochách I a II v podstate rovnaké. Podstatný rozdiel je však medzi nimi, pokiaľ sa týka výšky hladiny podzemnej vody. Keďže čiastková plocha I je od koryta mŕtveho ramena na väčšiu vzdialenosť a je vyššie položená, je na tejto ploche hladina podzemnej vody podstatne nižšia než na ploche II, ktorá sa nachádza v bezprostrednej blízkosti mŕtveho ramena, na podstatne nižšie položenej lokalite.

Podľa výšky hladiny podzemnej vody pri uvedených vlastnostiach pôdy nížinné stanovišťa rozlišujeme na základe dlhodobých skúseností na vlhké, polovlhké, čerstvé, polosuché, suché a výnimočne aj veľmi suché. Náročné euroamerické topole sa však môžu úspešne pestovať predovšetkým na polovlhkých (hladina podzemnej vody v jarnom období v hĺbke 150 - 180 cm), na čerstvých (podzemná voda v jarnom období v hĺbke okolo 2 m), na polosuchých (podzemná voda v jarnom období v hĺbke 3,0 - 3,5 m) a výnimočne, v prípade sucha znášajúcich klonov, na suchých (podzemná voda v jarnom období v hĺbke pod 3,5 m) stanovištiach za predpokladu, že sa cca do hĺbky 100 cm nevyskytujú nepriaznivo pôsobiace pôdne vrstvy. Na základe uvedenej hladiny podzemnej vody môžeme čiastkovú

Tab. 1.

Prehľad rastových údajov topoľa 'Pannonia' vo veku 5 rokov v intenzívnej kultúre
Survey of growth data of poplar 'Pannonia' at the age of 5 years in intensive culture

Čiastková plocha/Partial plot		I	II
Spon/Spacing		4 x 4	4 x 4
Hladina podzemnej vody/Groundwater level		3,0 – 3,5	1,5 – 1,8
Charakteristika pôdy podľa vlhových pomerov/Soil characteristic according to water conditions	m	polosuchá/half-dry	polovlhká/half-moisture
	m		
Stredná výška/Mean height	m	10,1	13,1
	%	100,0	129,7
Priemerný prírastok výškový/Average height increment	m	2,0	2,6
Stredná hrúbka/Mean diameter	cm	11,6	15,5
	%	100,0	133,6
Priemerný prírastok hrúbkový/Average diameter increment	cm	2,3	3,1
Kruhovú základňu/D.B.H.	m ² .ha ⁻¹	6,875	12,187
	%	100,0	174,8
Priemerný prírastok na kruhovej základni/Average increment for D.B.H.	m ² .ha ⁻¹	1,375	2,437
Kruhovú základňu stredného kmeňa/D.B.H. of mean stem	m ²	0,011	0,019

plochu I charakterizovať ako polosuchú (podzemná voda v jarnom období v hĺbke okolo 3,0 - 3,5 m), kým čiastkovú plochu II ako polovlhkú (podzemná voda v jarnom období v hĺbke 150 - 180 cm) ako polovlhkú.

HODNOTENIE VÝSLEDKOV VÝSKUMU A DISKUSIA

Hodnotenie rastu a objemovej produkcie topoľa 'Pannonia' nám umožní predbežne posúdiť vplyv hladiny podzemnej vody na výkonnosť pestovania sledovaného topoľa v intenzívnych kultúrach. Prehľad o strednej výške, strednej hrúbke, ďalej o kruhovej základni a objemovej produkcii na 1 hektár, ako aj o priemerných ročných prírastkoch sledovaného topoľa 'Pannonia' na jednotlivých čiastkových plochách vo veku 5 rokov sa podáva v príslušných tabuľkách. V týchto tabuľkách sa uvádzajú jednak absolútne hodnoty, jednak percentuálne porovnanie údajov. Pri percentuálnom porovnaní sa za 100 % pokladá vždy príslušná hodnota sledovaného topoľa 'Pannonia' na čiastkovej ploche I na polosuchom stanovišti, čiže s hladinou podzemnej vody v jarnom období v hĺbke 3,0 - 3,5 m.

Z výsledkov nášho hodnotenia v tabuľke 1 vyplýva, že výška hladiny podzemnej vody mala podstatne priaznivý vplyv na výškový rast sledovaného topoľa 'Pannonia'. Jeho stredná výška na čiastkovej výskumnej ploche I, ktorá reprezentuje polosuché stanovište, sa dosiahla 10,1 m, kým na čiastkovej ploche II, ktorá reprezentuje polovlhké, v podstate optimálne stanovište na pestovanie šľachtených topoľov, 13,1 m, čo je o 3,0 m väčšia stredná výška než na ploche I. Ak percentuálnu hodnotu strednej výšky na ploche I pokladáme za 100 %, potom percentuálna hodnota na ploche II dosahuje 129,7 %, teda o 29,7 % vyššia než na ploche I. Podobné výsledky sme dostali aj z porovnania priemerného ročného prírastku, ktorý na ploche I dosiahol hodnotu 2,0, kým na ploche II 2,6 m. Tieto výsledky jasne dokazujú priaznivý vplyv výšky hladiny podzemnej vody na výškový rast sledovaného topoľa 'Pannonia' na polovlhkom stanovišti hodnoteného objektu.

Ako vyplýva z tabuľky 1, ešte výraznejšie sa prejavoval priaznivý vplyv hladiny podzemnej vody na polovlhkom stanovišti na hrúbko-

vý rast sledovaného topoľa 'Pannonia'. Je to dôležité najmä preto, lebo konečným cieľom v daných podmienkach je vypěstovať cenné, hrubé sortimenty. Z tabuľky vidno, že sledovaný topoľ vykazuje na ploche II na polovlhkom stanovišti podstatne väčšiu strednú hrúbku, a to 15,5 cm, teda o 33,6 % väčšia než na ploche I na polosuchom stanovišti, kde stredná hrúbka topoľa 'Pannonia' je 11,6 cm. Podobne aj priemerný ročný hrúbkový prírastok bol na ploche II väčší, kde dosiahol hodnotu 3,1 cm, kým na ploche I iba 2,3 cm. Tieto výsledky sú pozoruhodné najmä preto, lebo svedčia o náročnosti topoľa 'Pannonia' na dobré zásobovanie pôdy s podzemnou vodou. Zároveň však treba zdôrazniť, že aj pri hodnotení vplyvu hladiny podzemnej vody na hrúbkový rast sledovaného topoľa 'Pannonia' s ohľadom na nízky vek topoľa môžeme výsledky pokladať zatiaľ iba za predbežné. Tieto výsledky ďalším sledovaním a hodnotením bude treba doplniť a upresniť.

Údaje o kruhovej základni na 1 hektár, o pomernom ročnom prírastku na nej, ako aj o kruhovej základni stredného kmeňa poskytuje tabuľka 1. Z výsledkov hodnotenia vidno, že najväčšia kruhovú základňu, ako aj najväčší priemerný ročný prírastok na nej sa tiež dosiahli na ploche II na polovlhkom stanovišti s priaznivou hladinou podzemnej vody, kde tieto hodnoty činili 12,187 m², resp. 2,437 m² na 1 hektár. Naproti tomu na ploche I na polosuchom stanovišti s nedostatočným zásobovaním podzemnou vodou boli tieto hodnoty 6,875 m², resp. 1,375 m² na 1 hektár. Ak tieto hodnoty na ploche I pokladáme za 100 %, potom percentuálna hodnota týchto údajov na ploche II na polovlhkom stanovišti s priaznivou hladinou podzemnej vody činí 174,8 %, čo znamená o 74,8 % vyššiu hodnotu než na ploche I na polosuchom stanovišti. Zväčšenie kruhovej základne stredného kmeňa, ktorá na ploche I dosiahla hodnotu 0,011 m², kým na ploche II 0,019 m², súvisí predovšetkým s väčšou strednou hrúbkou na ploche II.

Prehľad o zásobe, ďalej o priemernom ročnom objemovom prírastku, ako aj o objeme stredného kmeňa nájdeme v tabuľke 2. Tieto údaje sa uvádzajú jednak objemom hrubiny, jednak objemom stromovým, a to bez kôry. Hodnotenie dosiahnutých výsledkov ukázalo, že na objemovú produkciu, ako aj na priemerný ročný objemový prírastok veľmi priaznivo vplývala dostupná hladina podzemnej

Tab. 2.

Prehľad objemovej produkcie topola 'Pannonia' vo veku 5 rokov v intenzívnej kultúre
 Survey of volume production of poplar 'Pannonia' at the age of 5 years in intensive culture

Čiastková plocha/Partial plot		I	II
Spon/Spacing	m	4 x 4	4 x 4
Hladina podzemnej vody/Groundwater level	m	3,0 – 3,5	1,5 – 1,8
Charakteristika pôdy podľa vlhkových pomerov/Soil characteristic according to water conditions		polosuchá/half-dry	polovlhká/half-moisture
Objem hrubiny/Derbholz volume		13,125	36,250
Zásoba/Supply	m ³ .ha ⁻¹	100,0	276,190
	%	2,625	7,250
Priemerný prírastok objemový/Average volume increment	m ³ .ha ⁻¹	0,021	0,058
Objem stredného kmeňa/Volume of mean stem	m ³		
Objem stromový/Tree volume		23,125	50,270
Zásoba/Supply	m ³ .ha ⁻¹	100,0	217,384
	%	4,625	10,054
Priemerný prírastok objemový/Average volume increment	m ³ .ha ⁻¹		
Objem stredného kmeňa/Volume of mean stem	m ³	0,037	0,080

vody na čiastkovej ploche II, ktorá sa charakterizuje ako polovlhké stanovište. Naproti tomu tak objemová produkcia, ako aj priemerný ročný objemový prírastok boli negatívne ovplyvnené nižšou hladinou podzemnej vody na ploche I, kde sa stanovište charakterizovalo ako polosuché. Na ploche I sa totiž zistila zásoba podľa objemu hrubiny vo výške 13,125 m³ na 1 hektár, čomu zodpovedá priemerný ročný objemový prírastok 2,625 m³ na 1 hektár, kým na ploche II s dostupnou hladinou podzemnej vody sa podľa objemu hrubiny dosiahla zásoba 36,250 m³ a priemerný ročný objemový prírastok 7,250 m³ na 1 hektár. Ak zásobu a priemerný ročný objemový prírastok podľa objemu hrubiny pokladáme na ploche I za 100 %, potom ich percentuálna hodnota na ploche II dosahuje 276,190 %, teda o 176,190 % vyššiu hodnotu než na ploche I. Podobne značné rozdiely sme zistili medzi dvomi hodnotenými plochami podľa objemu stromu, keďže na ploche I sa dosiahla zásoba 23,125 m³ a priemerný ročný objemový prírastok 4,625 m³ na 1 hektár, kým na ploche II boli tieto hodnoty 50,270 m³, resp. 10,054 m³ na 1 hektár, čo v percentuálnom porovnaní znamená zväčšenie o 117,384 %. Podobne aj objem stredného kmeňa, či už podľa hrubiny alebo stromu, bol väčší na ploche II než na ploche I.

Pre zistenie vplyvu hladiny podzemnej vody na výškový a hrúbkový rast, ako aj na objemovú produkciu sledovaného topola 'Pannonia' sme vykonali aj štatistické spracovanie získaného materiálu. Vplyv rozličnej hladiny podzemnej vody na strednú výšku, na strednú hrúbku, ako aj na objem stredného kmeňa sme overili testovaním na strednú výšku, na strednú hrúbku, ako aj na objem stredného kmeňa topoľov. Ako to vyplýva z výsledkov testovania, rozdiely vo výškovom a hrúbkovom raste, ako aj v objemovej produkcii, sú štatisticky významné. So zreteľom na zvolenú 5% hladinu významnosti môžeme s 95% istotou tvrdiť, že lepší výškový a hrúbkový rast, ako aj vyššia objemová produkcia na čiastkovej ploche II, ktorá sa označuje ako stanovište polovlhké (s hladinou podzemnej vody v hĺbke 1,50 až 1,80 m) sú dôsledkom priaznivej hladiny podzemnej vody. Takto je aj štatisticky dokázané, že úspešné pestovanie topola 'Pannonia' je plne odôvodnené na stanovištiach s priaznivou hladinou podzemnej vody.

V podobných stanovištných podmienkach Maďarska, a to na polovlhlkom pôdnom prostredí priaznivo ovplyvnenom podzemnou

vodou, tiež pri intenzívnom spôsobe pestovania overili HALUPA, TÓTH (1988) rastové údaje topola 'Pannonia'. Z výsledkov ich ohodnotenia vyplýva, že vo veku 7 rokov dosiahol topoľ 'Pannonia' na uvedenom stanovišti iba o 1 cm väčší priemerný ročný výškový prírastok než na našej výskumnej ploche II, kým priemerný ročný hrúbkový prírastok bol iba o 0,3 cm väčší ako u nás. Zistené rozdiely sú teda minimálne a prakticky zanedbateľné a mohli byť spôsobené mierne lepšími klimatickými podmienkami. Z porovnania týchto výsledkov môžeme konštatovať, že topoľ 'Pannonia' dosahuje pri intenzívnom pestovaní pri priaznivom ovplyvnení podzemnou vodou aj v našich podmienkach dobré výsledky.

ZÁVER

V práci sa hodnotí výškový a hrúbkový rast, ako aj objemová produkcia topola 'Pannonia' na 5-ročnej sérii výskumných plôch na stredne ťažkých hlinitých pôdach na nezaplavovaných alúviách Latorice v oblasti Medzibodrožia na Východoslovenskej nížine pri intenzívnom spôsobe pestovania. Táto séria výskumných plôch pozostáva z dvoch čiastkových. Čiastková plocha I sa charakterizuje ako polosuchá s hladinou podzemnej vody v hĺbke okolo 3,0 - 3,5 m v jarnom období, s menej priaznivými podmienkami na pestovanie klonov topoľov, kým čiastková plocha II ako polovlhká s podzemnou vodou v hĺbke 150 - 180 cm a vhodná na pestovanie topoľov.

Z výsledkov hodnotenia vyplýva, že priaznivá hĺbka hladiny podzemnej vody na ploche II mala pozitívny vplyv na výškový a hrúbkový rast, ako aj na objemovú produkciu sledovaného topola, ktorý dosiahol o 29,7 % lepší výškový rast, o 33,6 % lepší hrúbkový rast, o 176,190 % lepšiu zásobu podľa hrubiny na tejto ploche ako na ploche I, na polosuchom stanovišti. Podobne aj priemerné ročné prírastky (výškový, hrúbkový a objemový) boli podstatne lepšie na ploche II s priaznivou hladinou podzemnej vody.

S ohľadom na nízky vek topola 'Pannonia' na hodnotenej sérii výskumných plôch výsledky nášho výskumu pokladáme za predbežné, ktoré ďalším sledovaním a hodnotením bude potrebné sústavne doplniť, ako aj upresniť.

LITERATÚRA

- CIFRA, J., KRÉBS, G. Das Wachstum der Pappeln in der Versuchslignikulturen in der Slowakei. Acta Instituti Forestalis Zvolensis, 1973, roč. 4, s. 121-138.
- ČÍŽEK, V. et al. Dílčí výsledky dlouhodobého ověřování sortimentů sekce *Aigeiros* v oblasti Jihomoravských úvalů. Zprávy lesnického výzkumu, 1992, roč. 37, č. 4., s. 23-27.
- FÜHRER, E. et al. Ültetvényeszerű fatermesztés. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 2003. 210 s.
- GIORDANO, G. Les cultures d'arbres a croissance rapide comme complément et integration de la production ligneuse de goret. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1965, vol. 116, no. 3, s. 159-170.
- HALUPA, L., SIMON, M. Az '*I-214*' nyár. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1985. 131 s.
- HALUPA, L., TÓTH B. A nyár termesztése és hasznosítása. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1988. 274 s.
- HEJMANOWSKI, S. Uprawa topoli. Warszawa: RWRIL, 1975. 352 s.
- KNĚŽEVIČ, I. Plantáže energie. Topola, 1980, roč. 24, s. 38-40.
- KOHÁN, Š. et al. Intenzívne spôsoby pestovania topoľov na Slovensku. Bratislava: Príroda, 1981. 119 s.
- KOHÁN, Š. Produkčné charakteristiky topoľov skupiny *Aigeiros* v ekologických podmienkach Medzibodrožia na východnom Slovensku. Lesnictví-Forestry, 1998, roč. 44, č. 2, s. 58-64.
- KOHÁN, Š. Evaluation of growth characteristics of some poplars clones of heavy textured soils of the East Slovakian Lowland. J. For. Sci., 1999, vol. 45, no. 3, s. 97-103.
- KOHÁN, Š. Význam sponov pri intenzívnom pestovaní topoľa '*I-214*', v ekologických podmienkach Medzibodrožia na Slovensku. Zprávy lesnického výzkumu, 2001, roč. 46, č. 2, s. 99-102.
- KOHÁN, Š. Hodnotenie výskumu vlastností niektorých novovyšľachtených topoľov na Východoslovenskej nížine. Zprávy lesnického výzkumu, 2003, roč. 48, č. 2/3, s. 65-70.
- KOHÁN, Š. Výskum rastu a objemovej produkcie topoľa '*Pannonia*' pri intenzívnych spôsoboch pestovania v podmienkach Medzibodrožia. Lesnícky časopis, 2004, roč. 50, č. 1, s. 53-61.
- MANN, H. Anbau und Pflege der Pappel. Übersicht, 1972, vol. 23, no. 9, s. 699-703.
- MOTTL, J. Influence of agrotechniques on the growth of poplars. Comm. Inst. For. Czechosl., 1967, vol. 5, s. 73-86.
- MECKO, J. et al. Objemové tabuľky topoľových klonov. Zvolen: LVÚ, 1993. 90 s.
- PICCAROLO, G. Il Pioppo. Roma: REDA, 1952. 130 s.
- POURTET, J. Progres en populiculture. Revue Forestiere Française. No. Spécial sylviculture 1969, vol. 21, s. 485-488.
- STERN, P. Poplar growing et spacing. Quart. J. For., 1972, vol. 66, no. 2, s. 230-235.
- TOTH, B., ERDÖS, L. Nyár fajtaismertető. Budapest: ÁGOS, 1988. 63 s.
- VARGA, L. Nové klony topoľov. Les, 1990, roč. 46, č. 5, s. 12-13.
- VARGA, L. Nová rajonizácia topoľov a stromových vrb na Slovensku. Les, 2004, roč. 60, č. 11/12, s. 22-23.
- VENTRE, A. Associazionismo in Pioppicoltura. Arboricoltura da Legno, 1981, vol. 24, no. 7, s. 2-3.
- VOJTUŠ, M. Results of research on the ecologic breadth of some of Euro-American poplars in Slovakia. Acta Instituti Forestalis Zvolensis, 1978, vol. 5, no. 5, s. 29-42.
- WEISGERBER, H. Klonvergleichsprüfungen bei Schwarz und Balsampappeln im Kurzumtrieb. Holzzucht, 1984, vol. 37, no. 3/4, s. 20-24.

INFLUENCE OF GROUNDWATER ON GROWTH AND VOLUME PRODUCTION OF POPLAR '*PANNONIA*' IN INTENSIVE CULTURES IN THE EASTERN SLOVAK LOWLAND

SUMMARY

The contribution presents results from assessment of growth and volume production of poplar '*Pannonia*' on 5-year series of research plots. This series is situated onto non-flooded alluvia of the Latorice river, in vicinity of the dead arm of the Tica river in the cadastral territory Leles, region Trebišov, area Medzibodrožia in the Eastern Slovak lowland. The research plots involve two partial plots, plot I and plot II. Partial plot I is in the higher elevation, with level of groundwater in the depth of about 3.0 – 3.5 m during spring, characterized like half-dry site less suitable for breeding of water-demanding Euroamerican poplars. Partial plot II lies in the vicinity of the dead arm in the lower locality with groundwater level in the depth of 1.5 – 1.8 m during spring, i. e. on half-moisture site. These preliminary results prove that the latter mentioned site is optimal for breeding these poplars in the region.

Table 1 presents survey of height and diameter growth as well as of ring base of the observed poplar '*Pannonia*'. It is obvious that favourable groundwater level on plot II had positive effect on height and diameter growth of observed poplar and on d.b.h. as well; mean height reached 13.1 m, mean diameter 15.5 cm and d.b.h. 12,187 m² per 1 ha whilst these values on the plot I, on half-dry site, were 10.1 m for mean height, 11.6 cm for mean diameter and 6,875 m² for ring base per 1 ha.

Table 2 dealing with volume production shows that Derbholz supply on the plot II was 36,250 m³, according to tree volume 50,270 m³ per 1 ha, and only 13,125 m³ in Derbholz and 23,125 m³ per 1 ha in tree volume on plot I. Similar results were got from comparison of average annual increments which proved positive influence of groundwater level on growth and volume production of observed poplar '*Pannonia*'.

The presented results are considered as preliminary due to low age of the observed poplar. Further assessment will be necessary to complete and confirm the observations.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. ŠTEFAN KOHÁN, CSC.
Tyršovo nám. 9, 04000 Košice, Slovensko

PRAVDĚPODOBNOSTI NEJMENŠÍCH PRŮTOKŮ VE DVOU BESKYDSKÝCH EXPERIMENTÁLNÍCH POVODÍCH VYHODNOCENÉ HYDROLOGICKÝM MODELEM LOWFESTIM

PROBABILITIES OF MINIMAL DISCHARGES FROM TWO EXPERIMENTAL WATERSHEDS IN THE BESKYDY MTS. EVALUATED BY THE HYDROLOGICAL MODEL LOWFESTIM

MILAN BÍBA¹⁾, WOJCIECH JAKUBOWSKI²⁾, MILAN JAŘABÁČ¹⁾, ZUZANA OCEÁNSKÁ¹⁾, ZDENĚK VÍCHA¹⁾

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, ²⁾Katedra matematiky AR - Wrocław, Poland

ABSTRACT

Earlier we presented the data of low-flows registered on the small and fully forested experimental watersheds outflowing in measuring troughs, in the Beskydy Mts., the Czech Republic, (BÍBA et al. 2005), but using no statistic methods. Now we publish these data evaluated by the statistic model Lowfestim (Low flow estimation), compiled by JAKUBOWSKI, RADZUK (2003). This model, based on ZELENHASIĆ and SALVAI analysis (1987) for estimating unknown distributions of low flow indices (drought amounts and durations), is described. We have found how to calculate correctly water regime of minimal flows in two experimental watersheds by the Lowfestim model. This model assessed that the data of minimal discharges measured in both watersheds are non-homogenous that is caused more by natural impulses than by accelerated renewal of forests damaged by polluted air.

Klíčová slova: experimentální povodí, zrychlená obnova lesa, znečištěné ovzduší, minimální průtoky, hydrologický model Lowfestim
Keywords: experimental watersheds, accelerated forest renewal, polluted air, minimal discharges, hydrological model Lowfestim

ÚVOD

Stav a vývoj počasí v uplynulých letech podněcuje vyhodnocovat patrné změny v jeho působení na vodní režim lesů. Hydro-meteorologie nyní nevylučuje oteplování ovzduší Země projevující se i čtenějším opakováním, většími intenzitami a vydatnostmi dešťů. Proto by mělo být předpokládáno ubývání vodních zásob v malých povodích s prameništěm toků především v suchých ročních obdobích. Zda takové změny stavu prostředí již existují, je nutné měřeními prokázat. Z padesátiletých měření a vyhodnocování srážek a odtoků v beskydských, velmi malých, experimentálních povodích se zjišťuje, že kritická sucha tam nebyla tak početná, jak se dříve předpokládalo. Je účelné se zaměřit na rozdíly mezi jednotlivými povodími, protože například VÁLEK (1977) vyhodnocoval minima v malých lesnatých povodích Kýchov a Zděchov. Velké rozdíly minimálních průtoků mezi nimi byly zdůvodněny odlišnou lesnatostí v obou zkoumaných povodích, ač jistě byly ovlivněny i jinými parametry.

Dále je důležité vyhodnocovat nejmenší průtoky statisticky. Ukazuje se, že ani padesátileté soubory dat ještě plně nevyhovují pro statistické výpočty. Proto jsou nezbytná další měření. Manuální sestavy řad nejmenších průtoků jsou časově náročné, a proto je nutné tato data vyhodnocovat výpočetními modely. Použili jsme statistický model Lowfestim (JAKUBOWSKI 2005) k ověření, zda bude vhodný pro hydrologii v nejmenších lesnatých povodích, pro určení pravděpodobnosti opakování a trvání sucha, nedostatku objemů odtoků vody, pro změny působení lesů na srážkově-odtokový proces jako důsledek experimentálně zrychlených porostních obnov. Z toho plyne, že původní záměr lesnicko-hydrologického výzkumu v Beskydách musí být operativně upravován podle dnešních výsledků i nových možností získávání a vyhodnocování naměřených dat.



Obr. 1.
Letecký pohled na povodí Červík (nahore) a Malá Ráztoka (dole) v roce 2005. Foto: Ing. J. VONDRA
The arial view of Červík (above) and Malá Ráztoka (below) watersheds in 2005. Photo: Ing. J. VONDRA

METODIKA VÝZKUMU V EXPERIMENTÁLNÍCH POVODÍCH

Stručné charakteristiky obou experimentálních povodí, metod měření meteorologických a hydrologických prvků, vyhodnocování minimálních průtoků v Červíku (CE - 1,85 km²) a v Malé Ráztoce (MR - 2,075 km²) byly podrobněji popsány (CHLEBEK, JAŘABÁČ 1995, BÍBA et al. 2005, BÍBA et al. 2006). Připomínáme, že tento lesnicko-hydrologický výzkum v Beskydách byl a je prováděn nepřerušeně od počátku hydrologického roku 1954; nejprve s dvanáctiletou kalibrací souvisejících prvků počasí i vodní bilance v lesním prostředí, jejich vztahů a změn, ale bez lesnicko-hospodářských prací, a následně se zrychlenou porostní obnovou, která dosud nebyla dokončena.

Podrobnější studia srážkově-odtokového procesu v obou povodích pokračují. Kromě komplexního hodnocení vodních prvků je nyní třeba zaměřit více pozornosti na jejich extrémy a změny v kratších obdobích roků. Mezi ně významně řadíme sucha. Deskriptivní posouzení minim v CE a MR již bylo uveřejněno (BÍBA et al. 2005). Nyní je následováno statistickým rozбором dat modelem Lowfestim (JAKUBOWSKI, RADČUK 2003, JAKUBOWSKI 2005) s výpočty pravděpodobností trvání nejmenších průtoků a objemů nedostatků odtoků pro posouzení, zda a jak byly ovlivněny lesnicko-hospodářskými pracemi nebo i jinými vlivy v beskydském prostředí. Muselo být určeno, zda pro rozborů používat náhodné (stochastické) nebo pravděpodobnostní (deterministické) metody. Klima v ČR je typicky sezonní a hodně rozkolísané; a tomu jsou podobné i hydrologické charakteristiky zkoumaných povodí. Vědecký popis metod výzkumu nejmenších průtoků byl dříve uveřejněn (TALLAKSEN, VAN LANEN 2004). Nejmenšími byly označeny průtoky nepřevyšující práh Q_g určený v procentech (v ČR m-denní hodnotou) z ročních, kratších nebo delších souborů průměrných denních průtoků. Vyhodnocení dat z povodí CE a MR modelem Lowfestim bylo omezeno na pravděpodobnost trvání nejmenších průtoků (počty dnů) a objemů nedostatku vody (v m³) průtoků rovných nebo menších než mezní Q_g .

Určení nejmenších průtoků $Q_{\min}$

OZGA, ZIELIŃSKA a BRZEZIŃSKI (1997) označili nejmenšími průtoky ve dnech, v nichž byly rovné nebo menší než mezní průtok Q_g . Jeho hodnota musí být určena ze souborů průměrných denních průtoků za analyzovaná období. V publikaci (TALLAKSEN, VAN LANEN 2004) bylo doporučeno, že mezní průtok Q_g má mít hodnotu $Q_{70\%}$ z křivky průtoků ročních nebo v jiných obdobích. V Beskydách jsme zjistili, že hodnoty $Q_{70\%}$ převedené na průtoky Qm-denní kolísaly v CE mezi 297 až 326 dny a v MR mezi 243 až 272 dny z křivek trvání. Nejmenší průtoky $Q_{\min}$ mají tyto dvě přírodní charakteristiky:

- trvání T_τ - počty dnů s průtokem rovným nebo menším než mezní průtok Q_g ,
- objem nedostatku vody D_τ při průtoku Q rovném nebo menším než Q_g

$$D_\tau = \int_{t_p}^{t_k} (Q_g - Q) dt,$$

kde t_p je počátkem a t_k koncem trvání τ -tých nejmenších průtoků za období. Obě charakteristiky lze však stanovit i jinými metodami (JAKUBOWSKI 2005).

V příspěvku o minimálních odtocích (BÍBA et al. 2005) byly vybrány jako meze m-denní průtoky v povodích CE a MR z křivek prů-

měrných denních průtoků z období jejich měření, a to Q_{365d} a Q_{330d} . Měřitko bylo proti $Q_{70\%}$ v důsledku jejich počtu a rozptýlů dnů přísnější, ale tyto soubory nebyly modelem Lowfestim statisticky zpracovatelnými.

V dobách s nejmenšími průtoky působí nejistotu řešitelům výpočty z naměřených dat: buď období s nejmenšími průtoky krátce trvají nebo mají malý sumární objem nedostatků průtočných množství. Proto (ZELENHASIĆ, SALVAI 1987) dříve určili podmínky:

- minimální trvání mezi sousedícími obdobími nejmenších průtoků musí být 3 dny,
- minimální trvání nejmenších průtoků 5 dnů,
- minimální velikost nedostatkového objemu (m³) v hodnoceném úseku času; jsou vyloučeny objemy menší než $\alpha D_{\max}$ s $\alpha = 0,005$ a $D_{\max}$ s největším objemem za období.

První podmínka vylučuje netypické jevy, druhá nejistá pozorování, protože platí:

- dva časově blízké nejmenší průtoky být plnicí první podmínku musí být sloučeny;
- data neplnící druhou a třetí podmínku musí být z rozborů vyloučena.

Po zjednodušení vzorce pro nejmenší průtok podle ZELENHASIĆE a SALVAIE (1987) byl odvozen vztah

$$H(x) = P(E=0) + \sum_{k=1}^{\infty} G^k(x) P(E=k),$$

v němž H_1 je charakteristikou nejmenšího průtoků s pravděpodobností P z počtu nejmenších zkoumaných průtoků E v časovém intervalu $(0, T_1)$. $G(x)$ charakterizuje nejmenší průtok ve stejném časovém intervalu. Má-li se úroveň nejmenšího průtoků vyjádřit tak, aby $P(E=0)$ se blížilo k 0, lze přijmout, že $H_1 = G(x)$. To odpovídá standardnímu pojetí – jde o jednotlivý jev v hodnoceném období pro ocenění pravděpodobností nejmenších průtoků, což působí nesnáze v rozhodnutích o nezbytné délce souboru dat.

Pro pravděpodobnost počtu dnů s nejmenšími průtoky E v intervalu $(0, t)$ bylo v rozboru použito rozdělení Poissona s parametrem λ (střední hodnota počtu výskytu jevů po časovou jednotku) ve vztahu

$$P(E_t = n) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

Druhá náhodná proměnná Q_g – pravděpodobnost objemů nedostatků odtoků v m³ pod mezním průtokem byla podrobena výpočtům podle Pearsona, Weibulla, Johnsona logaritmováním a dvojitém exponováním a je nejlépe vyjádřena vztahem Generalizovaný Pareto tvaru

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \kappa \frac{x-s}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\kappa}-1}, \quad x > s,$$

kde α je stupeň významnosti a k, s jsou neznámé parametry, které byly doplněny dvěma způsoby: ke známým byly dva zbývající odhadnuty metodou minimální pravděpodobnosti samostatně pro každé z rozdělení. Systém parametrů je optimálním, když minimalizuje toto kritérium. Správnost byla testována s pomocí χ^2 . Rozdělení E a $H(x)$ s nejmenší hodnotou podle Pearsona χ^2 byla vybrána pro určení maximálního nedostatku odtoku (trvání). Byly vypočítány hodnoty kritéria Akaike pro rozdělení odvozená touto metodou.



Obr. 2.

Měření nízkých průtoků 50litrovou nádobou (nahore), detail žlabu přizpůsobeného pro měření nádobou (dole)
Measuring of low discharges by 50 litre vessel (above), the detail of trough for measuring (below)

VÝSLEDKY STATISTICKÉHO ROZBORU NEJMENŠÍCH PRŮTOKŮ

Lesnicko-hydrologickým záměrem řešitelů úkolu bylo prokázat v CE a MR změny pravděpodobností nejmenších průtoků a nedostatkových objemů odtoků v průběhu let 1954 - 2005, a to celoročně i v chladných (XI. - IV.) a teplých (V. - X.) ročních obdobích, prozkoumat rozdíl mezi kalibračním obdobím experimentu (1954 - 1970), zrychlených porostních obnov a s nejvýraznějším působením imisí (1971 - 1988), a také následujících roků s odrůstajícími mlazinami a tyčkovinami včetně poklesu imisí (1989 - 2005).

Předpokládané časové rozdělení průtoků na kalibrační a dvě následující časová období celoročně, v chladných a v teplých částech roku, muselo být změněno pro malé počty dnů sucha statisticky nevyhodnotitelných i pro nestejnorodost řad naměřených dat. Proto byl rozbor vypracován celoročně a jen pro teplá období v rocích výzkumu (1954 - 2005) a rozdělen jen na dva úseky (1954 - 1980 a 1981 - 2005).

Pravděpodobnosti trvání nejmenších průtoků Q_t a objemů nedostatku vody D_t byly v povodích CE a MR vyhodnoceny jejich podrobnějšími rozděleními pro $Q = 0,005$ až $0,012$ m³/s v CE, a $Q = 0,007$ až $0,021$ m³/s v MR. Rozbor ukázal, že něk-

teré soubory nebyly pro křivky pravděpodobností trvání i nedostatků objemů homogenními.

Z přehledů vyplynulo:

- CE, 1954 - 2005: soubory dat průtoků $Q \geq 0,009$ m³/s nejsou homogenními, pro pravděpodobnost trvání je třeba použít nižší hodnoty. Pravděpodobnosti nedostatků objemů vody jsou příznivě uspořádány pro všechny průtoky; to platí pro roční i teplá období.
- CE, 1954 - 1980: pro pravděpodobnosti trvání jsou nehomogenními $Q = 0,010$ a $0,011$ m³/s, menší průtoky vyhovují. Obdobně pro nedostatky objemů odtoků nevyhoví $Q = 0,012$ m³/s, ostatní jsou použitelné v ročním i teplém období.
- CE, 1981 - 2005: pro trvání vyplynulo, že pravděpodobnostem vyhoví nejlépe $Q = 0,008$ až $0,012$ m³/s, nedostatům objemů $q = 0,008$ a $0,009$ m³/s.

Je třeba mít v patnosti, že mezní průtok Q_g má podle výpočtů ve třech uvedených obdobích souborů průtoků odlišující se m-denní nebo procentní hodnoty.

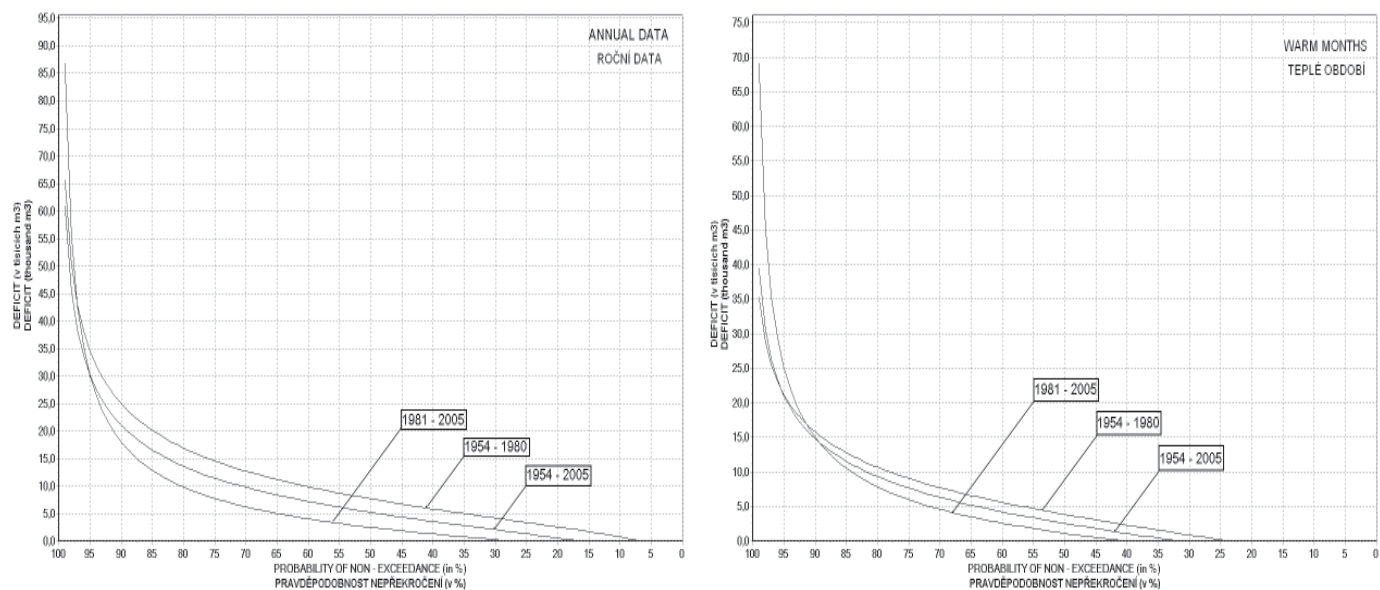
- MR, 1954 - 2005: pro pravděpodobnost trvání vyhovují $Q = 0,007$ až $0,009$ m³/s a $Q > 0,016$ m³/s. Pro stanovení pravděpodobností nedostatku vody nevyhovují průtoky $Q = 0,012$ až $0,015$ m³/s, zbývající jsou homogenními. Poloha křivek v ročních a teplých obdobích je správná.
- MR, 1954 - 1980: řady naměřených dat jsou homogenní, jen pro trvání byly problémem průtoky s $Q < 0,015$ m³/s; u nedostatku objemů nebyla vhodná data pro $Q = 0,016$ m³/s.
- MR, 1981 - 2005: obsahuje málo naměřených dat, v teplém období je vhodné jen $Q > 0,014$ m³/s. Pravděpodobnosti trvání i nedostatků objemů jsou správné mimo $Q = 0,017$ m³/s.

S ohledem na nepředpokládanou variaci dat bylo použito v CE $Q = 0,008$ m³/s a v MR $Q = 0,018$ m³/s, a to souborů 1954 - 2005, 1954 - 1980 a 1981 - 2005 celoročně a v teplých obdobích roků. Z jejich vztahů k m-denním průtokům vyplynulo, že v CE odpovídaly vybrané průtoky za celé období Q_{311d} (85,125 % pravděpodobnosti výskytu), mezi 1954 - 1980 Q_{297d} (81,320 %) a 1981 - 2005 Q_{326d} (89,233 %); obdobně v MR celé období Q_{257d} (70,330 %), 1954 - 1980 Q_{243d} (66,565 %) a 1981 - 2005 Q_{272d} (74,392 %) z křivek průměrných denních průtoků.

V povodí CE bylo v hydrologických rocích 1954 - 2005 zaznamenáno 113 případů s průměrnými denními průtoky $Q \leq 0,008$ m³/s trvajících od 5 do 95 dnů, v MR ve stejném období 191 případů s průměrnými denními průtoky $Q \leq 0,018$ m³/s trvajících od 5 do 124 dnů. Za pozornost stojí v CE období 22. 9. - 25. 12. 1959, které trvalo 95 dnů s $Q_{min} = 0,0012$ m³/s a s nedostatkovým objemem $D = 43\,450,6$ m³; jiné 30. 7. - 30. 10. 1962 trvalo 91 dnů s $Q_{min} = 0,0016$ m³/s a s objemem $D = 40\,396,0$ m³. V povodí MR bylo nejvýraznější období 30. 8. - 26. 12. 1959, které trvalo 119 dnů s $Q_{min} = 0,0019$ m³/s a s nedostatkovým objemem $D = 134\,723,52$ m³; jiné 26. 7. - 26. 11. 1983 trvalo 124 dnů s minimálním průtokem $Q = 0,0037$ m³/s a objemem nedostatku $D = 122\,778,72$ m³. Všechna data z obou povodí jsou uložena u řešitelů úkolu. Pro lesnický provoz jsou důležitější data z teplých období v letech 1954 - 2005, která jsou uvedena v tabulkách 1 a 2.

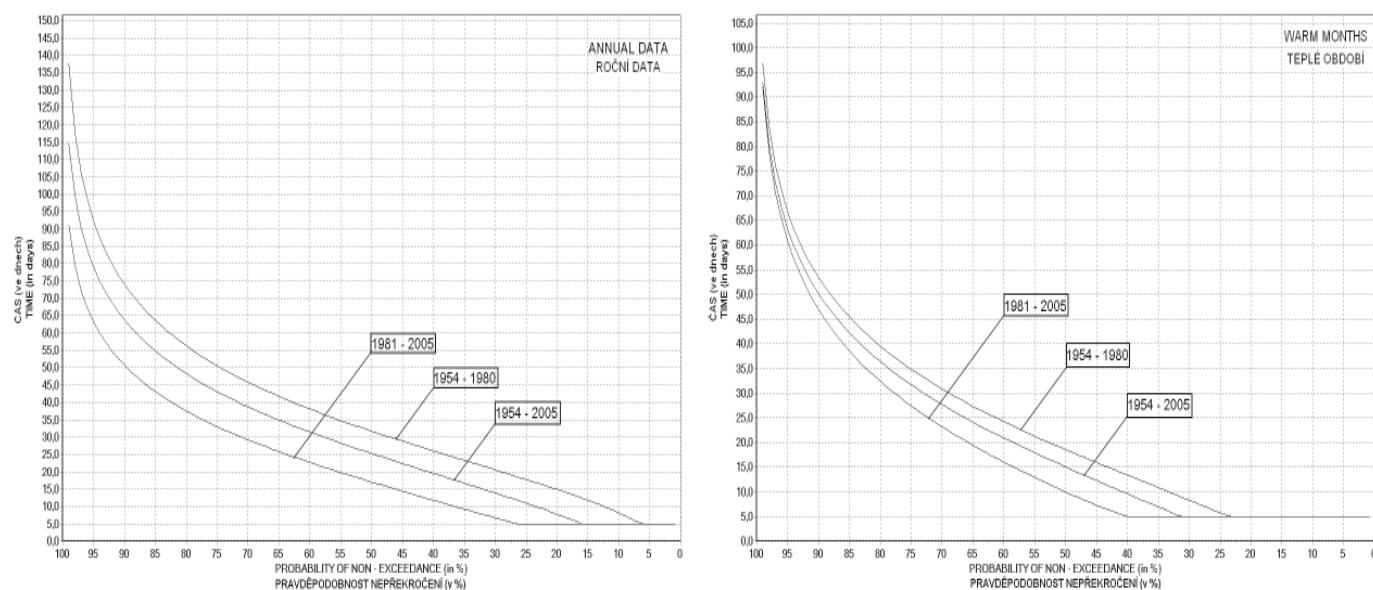
Komentář k obrázkům

Na obrázku 1 jsou letecké pohledy na obě experimentální povodí. V povodí CE je patrná v jeho pravé části CE-A (0,88 km²) téměř již dokončená porostní obnova, zatímco CE-B (0,85 km²) nebylo zrychlenou obnovou dotčeno.



Obr. 3.

Pravděpodobnost rozdělení sucha ve třech obdobích celoročně (vlevo) a v teplé části roku (vpravo) v tisících m³ na povodí Červík
Distribution probability of maximum drought events in three seasons; annually (left) and warm months (right) in thousand m³ at the Červík watershed



Obr. 4.

Pravděpodobnost rozdělení sucha ve třech obdobích celoročně (vlevo) a v teplé části roku (vpravo) ve dnech na povodí Červík
Distribution probability of maximum drought events in days; annually (left) and warm months (right) at the Červík watershed

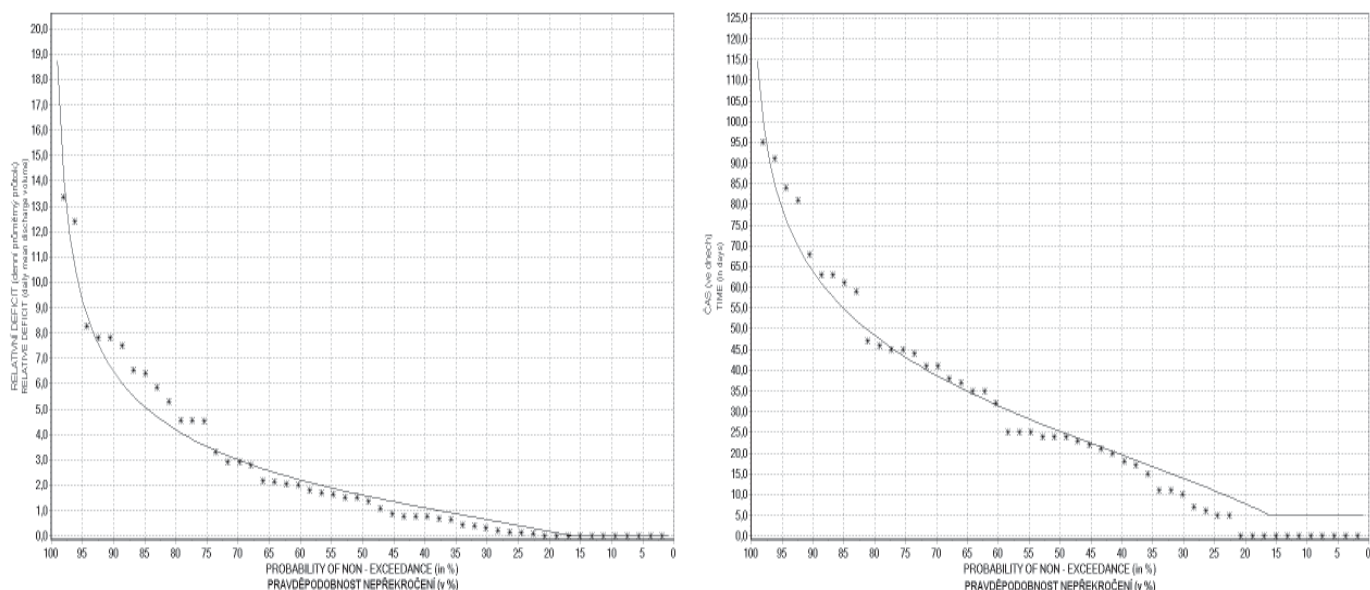
Na obrázku 2 je patrná úprava koruny dolních částí žlabu hranoly soustředujícími nejmenší průtoky na přepadu do 50litrové měrné nádoby.

Obrázky 3 až 8 znázorňují křivky pravděpodobnosti rozdělení průtoků (m³) a trvání (dnů) v povodích CE a MR.

V tabulkách 1 a 2 jsou uvedena základní data o nejmenších průtocích v CE (0,008 m³/s) a v MR (0,018 m³/s) v celém období výzkumu. Je z nich zřejmé, že vznikají převážně v podzimních měsících, což odpovídá přirozenému hydrologickému režimu.

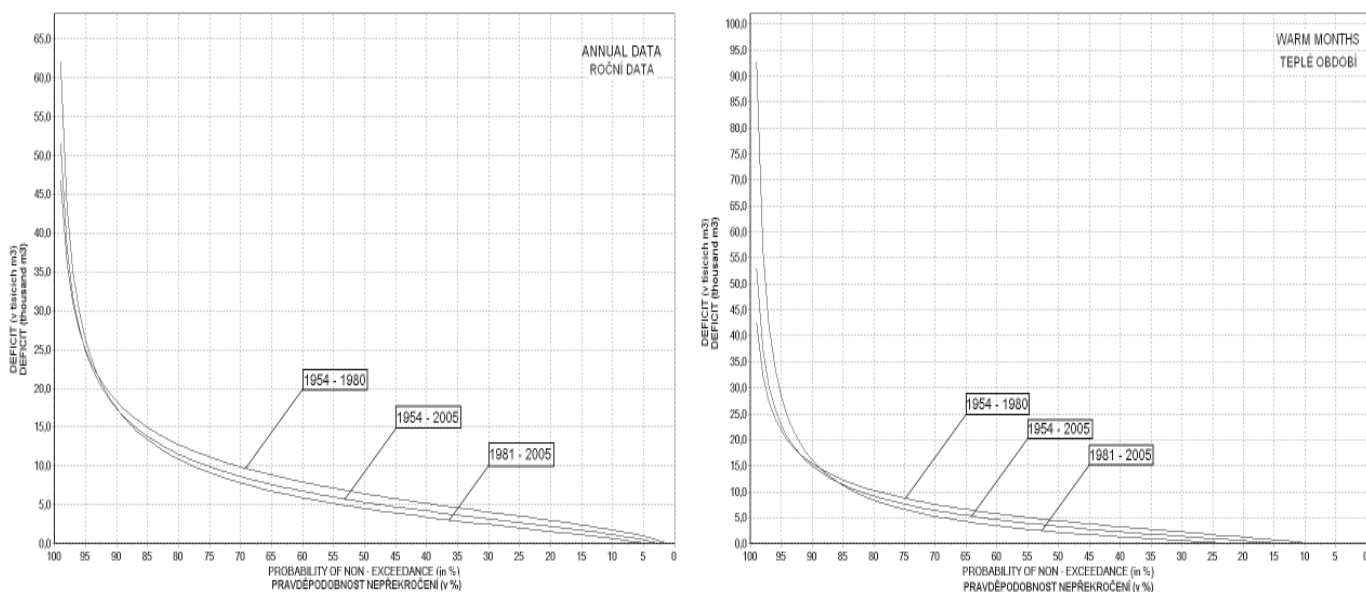
POZNATKY Z HODNOCENÍ NEJMENŠÍCH PRŮTOKŮ

Data naměřená ve dvou beskydských experimentálních povodích v letech 1954 - 2005 mohou posloužit spíše k stochastickému než k deterministickému využití. Nejmenší průtoky vyhodnocené statistickým modelem Lowfestim ukazují, že matematická formulace tvořící bázi toho modelu je exaktnější než naměřená a uložená data z obou povodí. Měrné žlaby nezaručují, že se jimi poda-



Obr. 5.

Pravděpodobnost rozdělení maximálního deficitu podle průměrného denního průtoku v l/s (vlevo) a ve dnech (vpravo) na povodí Červík
Distribution probability of the maximum deficit volume in daily mean discharge (left) in litre/second and in days (right) at the Červík watershed



Obr. 6.

Pravděpodobnost rozdělení sucha ve třech obdobích celoročně (vlevo) a v teplé části roku (vpravo) v tisících m³ na povodí Malá Ráztoka
Distribution probability of maximum drought events in three seasons; annually (left) and warm months (right) at the Malá Ráztoka watershed

ří zachytit a změřit celkové nejmenší odtoky (průtoky) z povodí v suchých obdobích, přesto však výsledky rozborů mají neformálně informativní význam. Charakterizují nejen vybraná minima ve srážkově-odtokovém režimu, ale dávají přehled retenčních možností v povodích, evapotranspirace, vlhkosti lesních půd i odtoku podzemní vody z podloží. Interní vztahy jejich systémových parametrů jsou obtížně měřitelné, přesto však lze dát lesnímu provozu alespoň některé informace plynoucí z toho lesnicko-hydrologického výzkumu.

V povodí CE bylo naměřeno 3. a 4. 12. 1959 $q_{\min} = 0,0065 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ a v MR 27. - 29. 10. a 1. - 8. 11. 1959 $q_{\min} = 0,0092 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$, ale ani v tyto dny na podzim nebyl tak nízký odtok pro vegetaci kritickým. Je však pravděpodobné, že v příštích letech mohou být taková minima častější.

Lesní půdy obsahují ve vegetačních obdobích dostatečnou vlhkost. Porostní obnovy jejich zásobu průkazně neovlivnily. Usuzujeme, že minima by se mohla změnit komplexním působením prvků prostředí v poněkud delších obdobích. Jiné podmínky však platí

Tab. 1.

Případy sucha v letech 1953 až 2005 s hraničním průtokem 8,0 l/s v teplém období roku na povodí Červík
Drought events in years 1953 to 2005 with border discharge 8,0 l/s in warm period at the Červík watershed

Deficit (tis.m³)/ Deficit (thous. m³)	Prům. deficit (m³)/ Av. deficit (m³)	Min. průtok (l/s)/ Min. runoff (l/s)	Prům. průt. (l/s)/ Av. runoff (l/s)	Dny/ Days	Od From	Do/ To
11 905,92	290,4	3,0	5,0	41	21. 8. 1954	30. 9. 1954
5 235,84	327,2	4,2	4,2	16	10. 10. 1954	25. 10. 1954
388,8	43,2	7,5	7,5	9	4. 9. 1955	12. 9. 1955
1 555,2	259,2	4,5	5,0	6	22. 9. 1955	27. 9. 1955
3 974,4	165,6	4,5	6,4	24	1. 10. 1955	24. 10. 1955
6 367,68	124,9	4,5	7,0	51	25. 5. 1957	14. 7. 1957
1 460,16	97,3	5,4	7,5	15	9. 8. 1957	23. 8. 1957
2 626,56	114,2	5,4	6,8	23	25. 9. 1960	17. 10. 1960
14 722,56	334,6	2,7	4,1	44	4. 9. 1961	17. 10. 1961
6 251,04	446,5	2,0	2,8	14	22. 10. 1961	4. 11. 1961
40 396,32	434,4	1,6	3,1	93	30. 7. 1962	30. 10. 1962
10 808,64	270,2	2,3	5,1	40	12. 7. 1963	20. 8. 1963
1 386,72	277,3	3,4	4,8	5	24. 8. 1963	28. 8. 1963
6 678,72	267,2	2,7	5,5	25	26. 5. 1964	19. 6. 1964
3 343,68	196,7	3,1	6,0	17	5. 9. 1964	21. 9. 1964
6 048	336,0	2,2	4,1	18	25. 9. 1964	12. 10. 1964
9 434,88	248,3	2,6	5,9	38	27. 8. 1965	3. 10. 1965
4 726,08	196,9	4,8	5,7	24	7. 10. 1965	30. 10. 1965
9 046,08	258,5	3,0	5,0	35	21. 9. 1966	25. 10. 1966
4 423,68	201,1	3,5	5,7	22	19. 8. 1967	9. 9. 1967
1 166,4	145,8	5,3	6,3	8	25. 9. 1967	2. 10. 1967
898,56	112,3	6,0	6,7	8	9. 7. 1968	16. 7. 1968
1 710,72	142,6	5,1	6,6	12	8. 6. 1969	19. 6. 1969
1 684,8	153,2	5,1	6,2	11	1. 8. 1969	11. 8. 1969
17 219,52	291,9	3,0	4,7	59	16. 9. 1969	13. 11. 1969
345,6	38,4	6,4	7,8	9	6. 7. 1970	14. 7. 1970
345,6	57,6	7,1	7,3	6	24. 9. 1970	29. 9. 1970
1 270,08	90,7	5,1	7,6	14	26. 5. 1971	8. 6. 1971
570,24	95,0	5,7	7,1	6	26. 7. 1971	31. 7. 1971
760,32	84,5	6,4	7,0	9	24. 10. 1971	1. 11. 1971
9 495,36	179,2	3,5	6,0	53	1. 6. 1973	23. 7. 1973
11 586,24	321,8	2,5	4,3	36	21. 8. 1973	25. 9. 1973

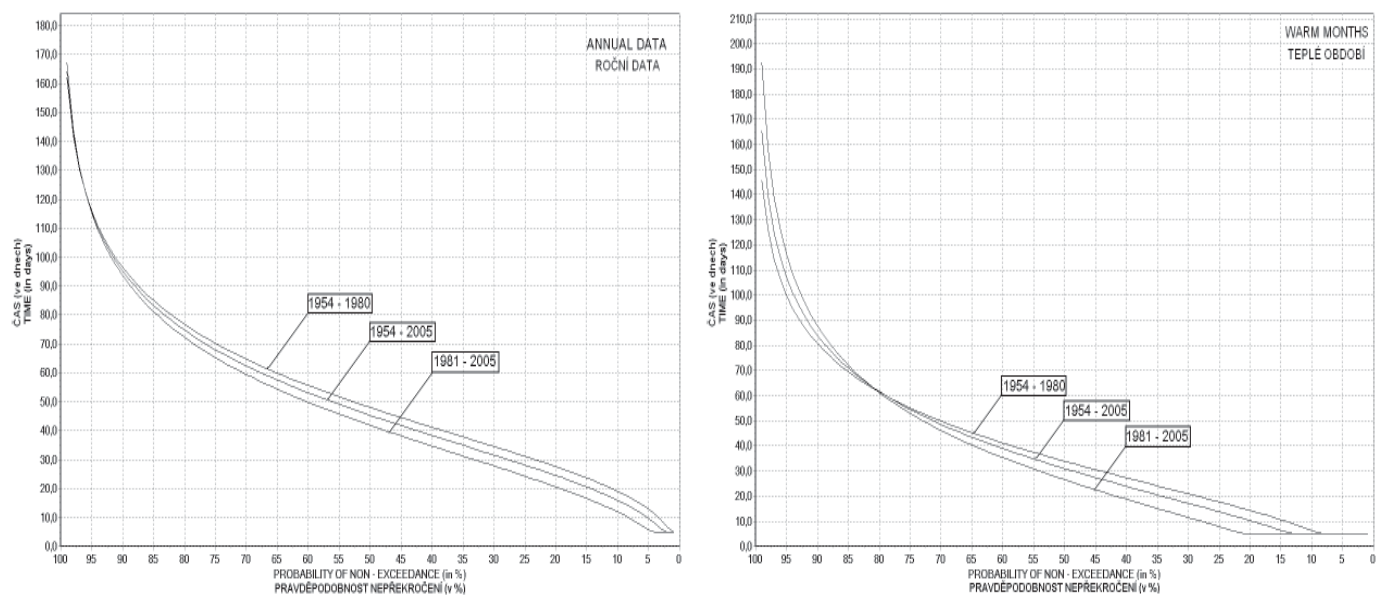
5 270,4	310,0	3,5	4,4	17	3. 10. 1973 - 19. 10. 1973
1460,16	112,3	5,7	7,3	13	24. 10. 1973 - 5. 11. 1973
4 924,8	223,9	3,5	5,4	22	3. 9. 1974 - 24. 9. 1974
6 687,36	304,0	2,5	4,5	22	16. 9. 1975 - 7. 10. 1975
5 313,6	143,6	3,5	6,8	37	1. 7. 1976 - 6. 8. 1976
5 045,76	219,4	3,5	5,5	23	25. 8. 1976 - 16. 9. 1976
1 442,88	144,3	5,7	6,3	10	9. 10. 1979 - 18. 10. 1979
328,32	65,7	7,1	7,2	5	17. 9. 1982 - 21. 9. 1982
20 848,32	336,3	2,0	4,3	62	10. 8. 1983 - 10. 10. 1983
1 944	77,8	5,7	7,1	25	19. 9. 1985 - 13. 10. 1985
440,64	55,1	7,1	7,4	8	25. 10. 1985 - 1. 11. 1985
285,12	47,5	7,1	7,5	6	1. 7. 1986 - 6. 7. 1986
959,04	159,8	4,0	6,2	6	12. 7. 1986 - 17. 7. 1986
604,8	75,6	6,4	7,4	8	28. 7. 1986 - 4. 8. 1986
388,8	77,8	6,4	7,1	5	15. 10. 1986 - 19. 10. 1986
4 648,32	211,3	4,0	5,7	22	1. 8. 1988 - 22. 8. 1988
9 443,52	192,7	4,0	6,2	49	20. 7. 1990 - 6. 9. 1990
1 261,44	126,1	5,7	6,5	10	2. 9. 1991 - 11. 9. 1991
1 529,28	102,0	5,7	6,8	15	3. 10. 1991 - 17. 10. 1991
2 496,96	249,7	4,6	5,1	10	21. 10. 1991 - 30. 10. 1991
734,4	66,8	5,7	7,2	11	4. 7. 1992 - 14. 7. 1992
19 068,48	423,7	1,6	3,1	45	21. 7. 1992 - 3. 9. 1992
1 866,24	311,0	3,5	4,4	6	8. 9. 1992 - 13. 9. 1992
8 795,52	293,2	4,0	4,6	30	17. 9. 1992 - 16. 10. 1992
717,12	51,2	5,7	7,9	14	3. 6. 1993 - 16. 6. 1993
2 263,68	119,1	5,1	6,8	19	12. 8. 1993 - 30. 8. 1993
846,72	121,0	5,7	6,6	7	19. 9. 1993 - 25. 9. 1993
7 076,16	160,8	3,5	6,5	44	12. 7. 1994 - 24. 8. 1994
734,4	66,8	6,4	7,2	11	22. 10. 1995 - 1. 11. 1995
2 808	104,0	5,1	7,0	26	5. 10. 2000 - 31. 10. 2000
12 597,12	247,0	2,9	5,5	51	8. 6. 2003 - 28. 7. 2003
24 433,92	381,8	1,6	3,6	64	2. 8. 2003 - 4. 10. 2003
7 197,12	257,0	3,3	5,1	28	15. 7. 2004 - 11. 8. 2004
14 834,88	390,4	2,2	3,5	38	15. 8. 2004 - 21. 9. 2004
2 721,6	209,4	4,3	5,7	13	25. 9. 2004 - 7. 10. 2004

Tab. 2.

Případy sucha v letech 1953 až 2005 s hraničním průtokem 18,0 l/s v teplém období roku na povodí Malá Ráztoka
Drought events in years 1953 to 2005 with border discharge 18,0 l/s in warm period at the Malá Ráztoka watershed

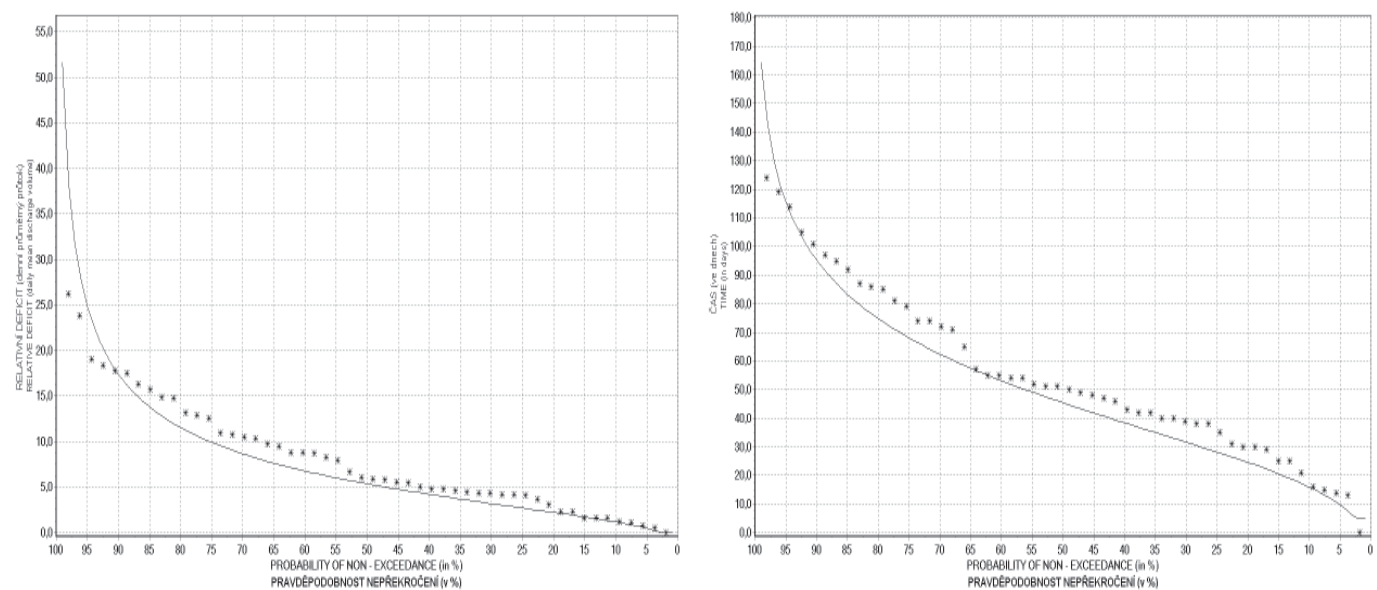
Deficit (tis. m ³)/ Deficit (thous. m ³)	Prům. deficit (m ³)/ Av. deficit (m ³)	Min. průtok (l/s)/ Min. runoff (l/s)	Prům. průt. (l/s)/ Av. runoff (l/s)	Dny/ Days	Od From	Do/ To/
9 0936	900,36	2,7	7,58	100	2. 8. 1954 - 10. 11. 1954	
5 581,44	429,34	9	13,03	13	1. 9. 1955 - 13. 9. 1955	
26 101,44	686,88	6	10,05	38	17. 9. 1955 - 24. 10. 1955	
10 324,8	645,3	9	10,53	16	5. 6. 1956 - 20. 6. 1956	
7 274,88	427,93	9,8	14,22	22	6. 8. 1956 - 22. 8. 1956	
5 175,36	575,04	9,8	11,34	9	5. 9. 1956 - 13. 9. 1956	
10 324,8	573,6	9	11,36	18	18. 9. 1956 - 5. 10. 1956	
16 822,08	623,04	8,1	10,79	28	19. 6. 1957 - 15. 7. 1957	
9 944,64	523,4	8,1	11,94	19	9. 8. 1957 - 27. 8. 1957	
15 526,08	470,49	9	12,55	33	26. 5. 1958 - 27. 6. 1958	
7 050,24	440,64	9,8	13,57	16	22. 7. 1958 - 6. 8. 1958	
8 061,12	383,86	9	13,56	21	5. 9. 1958 - 25. 9. 1958	
134 723,52	1 132,13	1,9	4,9	119	30. 8. 1959 - 26. 12. 1959	
4 415,04	441,5	10,5	12,89	10	29. 6. 1960 - 8. 7. 1960	
30 412,8	868,94	4,9	7,94	35	16. 9. 1960 - 20. 10. 1960	
3 240	462,86	10,5	12,64	7	16. 8. 1961 - 22. 8. 1961	
80 784	1 137,8	1,9	4,83	71	28. 8. 1961 - 6. 11. 1961	
10 238,4	602,26	6,8	11,03	17	2. 7. 1962 - 18. 7. 1962	
94 651,2	975,79	2,75	6,71	97	27. 7. 1962 - 31. 10. 1962	
37 640,16	648,97	4,25	10,75	58	3. 7. 1963 - 29. 8. 1963	
3 542,4	295,2	10,5	14,67	12	22. 9. 1963 - 3. 10. 1963	
10 566,72	503,18	8,1	12,28	21	31. 5. 1964 - 20. 6. 1964	
8 605,44	430,27	9	13,29	20	24. 7. 1964 - 12. 8. 1964	
31 302,72	727,97	6,8	9,57	43	31. 8. 1964 - 12. 10. 1964	
6 073,92	433,85	10,5	12,98	14	5. 9. 1965 - 18. 9. 1965	
22 680	472,5	9,8	12,53	48	4. 10. 1965 - 20. 11. 1965	
56 272,32	760,44	3,7	9,2	74	11. 9. 1966 - 23. 11. 1966	
1 969,92	218,88	10,5	15,47	9	1. 7. 1967 - 9. 7. 1967	
2 280,96	325,85	13,3	14,23	7	29. 7. 1967 - 4. 8. 1967	
21 651,84	618,62	8,1	10,84	35	9. 8. 1967 - 12. 9. 1967	
19 535,04	454,3	9	12,87	43	24. 9. 1967 - 5. 11. 1967	
3 991,68	332,64	11,6	14,15	12	6. 7. 1968 - 17. 7. 1968	
5 719,68	285,98	12,4	15,07	20	31. 5. 1969 - 19. 6. 1969	
12 044,16	523,66	9	11,94	24	26. 7. 1969 - 17. 8. 1969	
55 512	730,42	2,2	9,71	75	11. 9. 1969 - 25. 11. 1969	
2 540,16	423,36	10,5	13,1	6	25. 6. 1970 - 30. 6. 1970	
3 032,64	252,72	12,4	15,16	12	5. 7. 1970 - 16. 7. 1970	
3 913,92	489,24	6,8	12,34	8	31. 7. 1970 - 7. 8. 1970	
14 005,44	666,93	6,8	10,28	21	11. 9. 1970 - 1. 10. 1970	
1 347,84	149,76	15,5	16,27	9	15. 10. 1970 - 23. 10. 1970	
54 008,64	981,98	2,75	6,63	55	16. 7. 1971 - 8. 9. 1971	
15 016,32	600,65	9	11,05	25	24. 9. 1971 - 18. 10. 1971	
1 874,88	312,48	12,4	14,38	6	27. 10. 1971 - 1. 11. 1971	
4 199,04	599,86	7,4	11,06	7	4. 9. 1972 - 10. 9. 1972	
3 170,88	396,36	11,6	13,41	8	15. 9. 1972 - 22. 9. 1972	
7 240,32	402,24	10,5	13,34	18	6. 10. 1972 - 23. 10. 1972	
11 819,52	358,17	10,5	13,85	33	22. 5. 1973 - 23. 6. 1973	
12 009,6	522,16	8,1	11,96	23	4. 7. 1973 - 26. 7. 1973	

47 057,76	1 001,23	2,2	6,41	47	11. 8. 1973 - 26. 9. 1973
28 235,52	656,64	6	10,48	43	1. 10. 1973 - 12. 11. 1973
34 309,44	672,73	6,8	10,21	51	5. 8. 1974 - 24. 9. 1974
3 568,32	396,48	10,5	13,41	9	18. 8. 1975 - 26. 8. 1975
21 712,32	804,16	6	8,69	27	17. 9. 1975 - 13. 10. 1975
48 962,88	906,72	2,8	7,51	54	14. 6. 1976 - 6. 8. 1976
25 738,56	779,96	5,5	8,97	33	15. 8. 1976 - 16. 9. 1976
4 553,28	350,25	13,3	13,95	13	2. 10. 1976 - 14. 10. 1976
5 944,32	371,52	10,5	13,7	16	5. 6. 1977 - 20. 6. 1977
1 969,92	328,32	10,5	14,2	6	3. 9. 1977 - 8. 9. 1977
1 918,08	319,68	11,6	14,3	6	6. 10. 1977 - 11. 10. 1977
6 013,44	375,84	11,6	13,65	16	17. 10. 1977 - 1. 11. 1977
8 493,12	369,27	10,5	14,12	23	26. 7. 1978 - 17. 8. 1978
1 365,12	124,1	15,5	16,75	11	3. 6. 1979 - 13. 6. 1979
4 717,44	428,86	10,5	13,04	11	7. 10. 1979 - 17. 10. 1979
6 272,64	522,72	9,8	11,95	12	3. 6. 1981 - 14. 6. 1981
12 2778,72	990,15	3,7	6,54	124	26. 7. 1983 - 26. 11. 1983
76 010,4	883,84	3,7	7,78	86	8. 9. 1985 - 2. 12. 1985
9 987,84	453,99	9	12,75	22	30. 9. 1986 - 21. 10. 1986
1 218,24	101,52	15,5	16,99	12	13. 9. 1987 - 24. 9. 1987
4 164,48	260,28	11,6	15,05	17	22. 8. 1990 - 6. 9. 1990
734,4	81,6	14,3	17,66	9	8. 9. 1991 - 16. 9. 1991
8 406,72	254,75	10,5	15,25	33	2. 10. 1991 - 3. 11. 1991
76 675,68	861,52	4	8,25	89	24. 7. 1992 - 20. 10. 1992
31 026,24	633,19	6	10,73	48	18. 5. 1993 - 5. 7. 1993
8 372,16	418,61	9	13,16	20	12. 8. 1993 - 31. 8. 1993
1 555,2	194,4	13,3	15,75	8	18. 9. 1993 - 25. 9. 1993
28 373,76	746,68	5,5	9,36	38	18. 7. 1994 - 24. 8. 1994
725,76	120,96	15,5	16,6	6	9. 9. 1994 - 14. 9. 1994
21 176,64	683,12	6	10,09	31	28. 7. 1995 - 27. 8. 1995
9 633,6	437,89	10,5	12,93	22	19. 10. 1995 - 9. 11. 1995
1 028,16	146,88	15,5	16,3	7	15. 10. 1996 - 21. 10. 1996
1 684,8	336,96	10,5	14,1	5	12. 6. 1997 - 16. 6. 1997
23 984,64	888,32	4,9	7,72	27	3. 8. 1997 - 29. 8. 1997
44 608,32	756,07	6	9,25	59	15. 9. 1997 - 12. 11. 1997
50 181,12	946,81	2,2	7,17	53	22. 7. 1998 - 12. 9. 1998
14 351,04	623,96	7,4	10,78	23	24. 5. 1999 - 15. 6. 1999
3 447,36	574,56	7,4	11,35	6	2. 7. 1999 - 7. 7. 1999
66 286,08	828,58	4,25	8,46	81	22. 7. 1999 - 9. 10. 1999
6 272,64	392,04	9,8	13,46	16	23. 10. 1999 - 7. 11. 1999
23 906,88	555,97	6	11,69	43	2. 6. 2000 - 14. 7. 2000
64 592,64	797,44	4,9	8,77	81	15. 8. 2000 - 3. 11. 2000
1 702,08	243,15	12,4	15,19	7	26. 8. 2001 - 1. 9. 2001
4 587,84	208,54	13,3	15,63	22	17. 10. 2001 - 7. 11. 2001
31 777,92	690,82	6,8	10	46	2. 6. 2003 - 17. 7. 2003
2 125,44	303,63	11,6	14,49	7	22. 7. 2003 - 28. 7. 2003
44 746,56	828,64	4,9	8,41	54	12. 8. 2003 - 4. 10. 2003
3 490,56	249,33	12,4	15,11	14	19. 10. 2003 - 1. 11. 2003
91 238,4	800,34	3,7	8,74	114	9. 7. 2004 - 30. 10. 2004
2 013,12	251,64	13,3	15,5	7	9. 9. 2005 - 16. 9. 2005



Obr. 7.

Pravděpodobnost rozdělení sucha ve třech obdobích celoročně (vlevo) a v teplé části roku (vpravo) ve dnech na povodí Malá Ráztoka
Distribution probability of maximum drought events in days annually (left) and warm months (right) at the Malá Ráztoka watershed



Obr. 8.

Pravděpodobnost rozdělení maximálního deficitu podle průměrného denního průtoků v l/s (vlevo) a ve dnech (vpravo) na povodí Malá Ráztoka
Distribution probability of the maximum deficit volume in daily mean discharge (left) in litre/second and in days (right) at the Malá Ráztoka watershed

pro udržování vodárensky potřebných zásob v povodích více závisících na srážkových úhrnech. Proto musí být postaveny a udržovány potřebné vodní nádrže.

Z četností a trvání minimálních průtoků plyne, že jsou častější a déle trvají než průtokové (povodňové) vlny, ale zkoumanému území ekologicky i společensky méně škodí. Více jich bývá v chladném ročním období, přesto výrazněji snižují zemědělskou než lesní produkci.

Poznámka:

Příspěvek byl vypracován při řešení výzkumného úkolu NAZV č. QF 3013 „Vývoj hydrického působení lesů malých horských povodí“ v rámci programu výzkumu a vývoje MZe ČR.

LITERATURA

- BÍBA, M., JAŘABÁČ, M., VÍCHA, Z. Minimální odtoky z beskydských experimentálních povodí v letech 1954 - 2003. Sborník Beskydy, 17, 2004, s. 23-28.
- BÍBA, M., JAŘABÁČ, M., OCEÁNSKÁ, Z., VÍCHA, Z. Minimální odtoky z beskydských experimentálních povodí. Zprávy lesn. výzkumu, 2005, roč. 49, č. 1, s. 229-237.
- CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M., WINKLER, I. Minimální odtoky z beskydských lesnatých povodí. Sborník Beskydy, 13, 2000, s. 43-46.
- JAKUBOWSKI, W. Rozkłady prawdopodobieństwa niżówek maksymalnych. [Distributions of low flow maximums.] AR Wrocław, Przegląd geofizyczny, 2005, č. 3/4, s. 229-248.
- JAKUBOWSKI, W., RADZUK, L. Nizowka 2003 software [w:] In Tallaksen, L.M., van Lanen, H. A. J. (eds.): Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Development in Water Science, 48. Amsterdam: Elsevier, 2004.
- OZGA-ZIELIŃSKA, M., BRZEZIŃSKI, J. Hydrologia stosowana. Warszawa: PWN, 1997.
- TALLAKSEN, L. M.: Streamflow drought frequency analysis. In Vogt, J. V., Somma, F. (eds.): Drought and drought mitigation in Europe. The Netherlands, Kulwer Acad. Publ. 2000, s. 103-117.
- TALLAKSEN, L. M., MADSEN, H., CLAUSEN, B. On the definition and modeling of streamflow drought duration and deficit volume. Hydrol. Sci. J., 1997, vol. 42, no. 1, s. 15-33.
- TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. J. (eds.) Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Science, 48. Amsterdam: Elsevier, 2004.
- VÁLEK, Z.: Lesní porosty jako vodohospodářský a protierozní činitel. Praha: SZN, 1977. 203 s.
- ZELENHASIĆ, E., SALVAI, A. A method of streamflow drought analysis. Water Resour. Res., 1987, vol. 23, no. 1, s. 156-168.

PROBABILITIES OF MINIMAL DISCHARGES FROM TWO EXPERIMENTAL WATERSHEDS IN THE BESKYDY MTS. EVALUATED BY THE HYDROLOGICAL MODEL LOWFESTIM

SUMMARY

The continuous 50-year measurement of individual items in run-off relationship were carried out on two experimental watersheds within the Moravskoslezské Beskydy Mts. Up to now the assessment of results was focused mainly on runoff in periods rich in precipitation and on occurrence of flood culminations. In this contribution precipitation and runoff minima are evaluated. Drought is evaluated by means of statistical model Lowfestim (JAKUBOWSKI 2005) that is used for defining of probability of repetition and drought duration, insufficiency in water runoffs and for evaluation of forests influence on runoff process. The lowest outflows assessed by statistical model Lowfestim show that mathematical formulation, as the base of this model, is more exact than measured and filed data from both watersheds. The results characterize not only the chosen minima in precipitation-runoff regime but also inform in general on retention possibilities in watersheds, on evapotranspiration, on moisture of forest soils and runoff of underground water from parent rock. Moisture of forest soils is sufficient during vegetation season in this area. Stand regenerations on these watersheds provided till now have not markedly influenced supply of soil moisture.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. MILAN BÍBA, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 207; e-mail: biba@vulhm.cz

BIOCHEMICKÉ VLASTNOSTI A VZTAHY LEŽÍCÍHO MRTVÉHO DŘEVA A NADLOŽNÍHO HUMUSU V PŘIROZENÝCH BUČINÁCH

BIOCHEMICAL PROPERTIES AND THEIR RELATIONS BETWEEN FALLEN DEAD WOOD AND SURFACE HUMUSLAYER IN NATURAL BEECH FORESTS

PAVEL SAMEC¹⁾, KAREL MAROSZ²⁾, ALEŠ KUČERA²⁾, KLEMENT REJŠEK²⁾

¹⁾ÚHÚL, Frýdek-Místek; ²⁾LDF MZLU Brno

ABSTRACT

This study is focused on approach of formulation in respect to biochemistry relations between surface humus and fallen dead wood in natural beechwoods. Beechwoods are native Central European leading recent ecosystems but their present-time occurrences are restricted after long-term human disturbances. Sampling was situated to natural forests on characteristic sites of nutrient-rich, nutrient-medium and acidic trophic series from upland to mountain altitudes. Humus substances, oxidizable carbon, total nitrogen, activities of urease and acid phosphomonoesterase as well as microbial biomass were obtained. The methodology was separated to two ways: (1) Analysis of variance and Kruskal-Wallis' test were used for comparison of original data, transformed data and their balances. (2) Principal component analysis defined perspectives of correlations. Computed results of multiple comparisons were translated to binary code and evaluated like digital comparator principle. We concluded that obtained biochemistry feedbacks between surface humus and dead wood could be evaluated using mainly data about microbial biomass, total nitrogen, humus substances and urease activity. Parameters of C/N indicate differences among fallen dead wood and humus. But only nitrogen content provides normal distribution and thus roughly shows humus attributes due to site characteristics.

Klíčová slova: dekompozice, humus, tlející dřevo, mikrobiální biomasa, ureáza

Key words: decomposition, humus, rotting wood, microbial biomass, urease

ÚVOD

Dřevní hmota je jedním z determinačních znaků lesa. Zejména biologický rozklad dřeva je nenahraditelným procesem v dynamice lesních ekosystémů. Nicméně těsnost vazeb mrtvého dřeva a ostatních ekosystémových složek lesa je různá v různých lesích. Nejenže je charakteristická pro různé přírodní lesy a zcela změněná v lesních monokulturách, ale specificky se na ekosystémových tocích účastní v lesích temperátních, boreálních i tropických a specificky v lesích zonálních a horských (KORPEL 1989, JANČAŘÍK 2000, SCHWARZ 2001, SANIGA, SCHÜTZ 2002). V předkládané práci byla hodnocena vazba ležícího mrtvého dřeva (LMD) a nadložního humusu v přirozených bučinách různých vegetačních stupňů. Posuzována byla hlavně blízkost chemismu tlejícího dřeva a nadložního humusu podle výsledků různých statistických testů.

Biologické a biochemické půdní vlastnosti v půdě indukují zpřístupňování živin pro rostliny a interakce mezi anorganickými fázemi, odumřelou organickou hmotou a biotou. Stanoveny byly vybrané půdní hydrolytické enzymy, katalyzující rozklad různých organických molekul, z nichž se do půdního roztoku mohou uvolnit minerální biogenní sloučeniny. Mechanismy mikrobiálního zpřístupňování, uchování a transferu živin pro rostliny jsou bezpodmínečně závislé na metabolismu fosforu. Biologická dostupnost fosforu je zpravidla limitním faktorem primární produkce. Pro lesní půdy je predispozice nedostatkem fosforu příznačná (REJŠEK 1991).

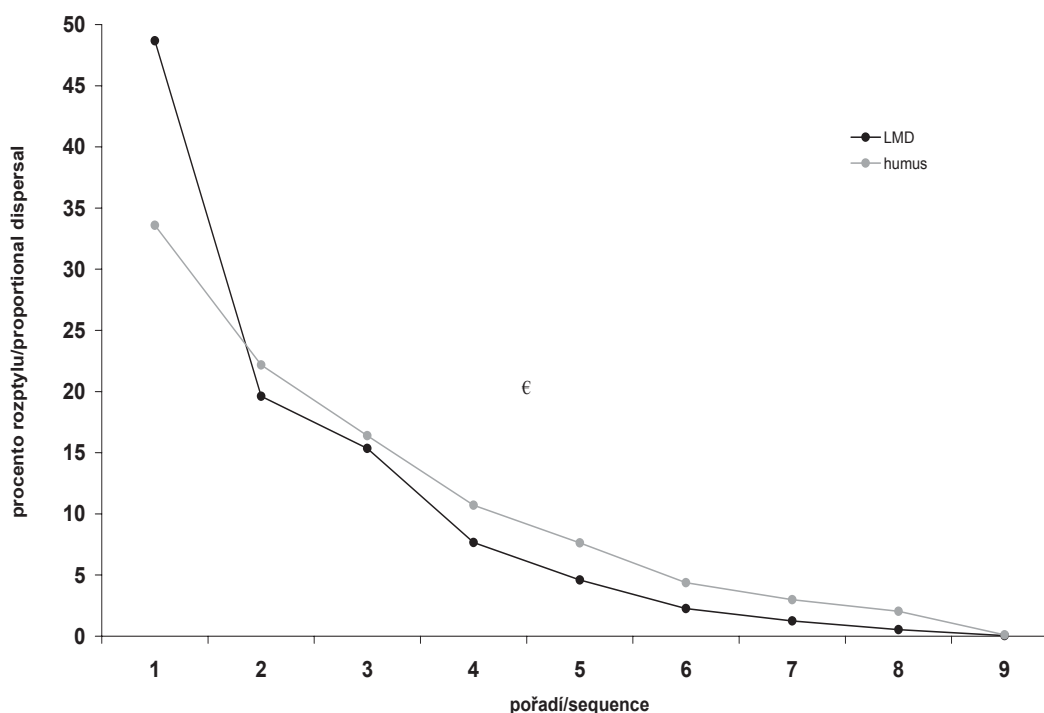
Estery kyseliny ortofosforečné vstupující do půdy ve formě odumřelých organických látek zpravidla bývají jedinečným zdrojem fosforu pro výživu rostlin. I když získat dostupný fosfor ze zvětralin hornin s obsahem apatitu je možné (BLUM et al. 2002), rychlost tohoto procesu zpravidla nedostačuje jeho aktuální biologické potřebě. Nezbytná je naopak enzymatická aktivita při rozkladu organických sloučenin, obsahujících přístupný fosfor, která může zajistit dostatek fosforu pro biosyntézu. Jako činitel procesu transformace sloučenin fosforu při dekompozici byla stanovena aktivita kyselých fosfomonoesterázy (KFME) (HÝSEK, ŠARAPATKA 1998, FLEGEL, SCHRADER 2000).

Alternativně byly sledovány vybrané aspekty v procesu amonifikace. Amonifikace představuje významnou část ekosystémového toku dusíku. Souvisí s fyziologickým zpřístupňováním NH_4^+ pro rostliny. Jedním z enzymů, který se jej účastní, je ureáza. Ureáza hydrolyzuje močovinu vznikající proteolytickým rozkladem aminokyselin na CO_2 a NH_3 .

TEORETICKÉ PŘEDPOKLADY

Význam mrtvého dřeva

Syntéza i rozklad dřeva patří mezi procesy s jedinečnou vazbou na lesní ekosystémy. Je to právě přítomnost dřeva, která odlišuje les od ostatních suchozemských biot. Dřevní hmota spolu s opadem představuje základní vstupní surovinu detritových řetězců (JANKOVSKÝ 2001). Ekologický význam mrtvého dřeva v lese byl pozorován v mnoha aspektech (CHRISTENSEN et al. 2005):



Graf 1.

Procento vyjádřeného rozptylu vlastními čísly
Percentage of detected variance by factor scores

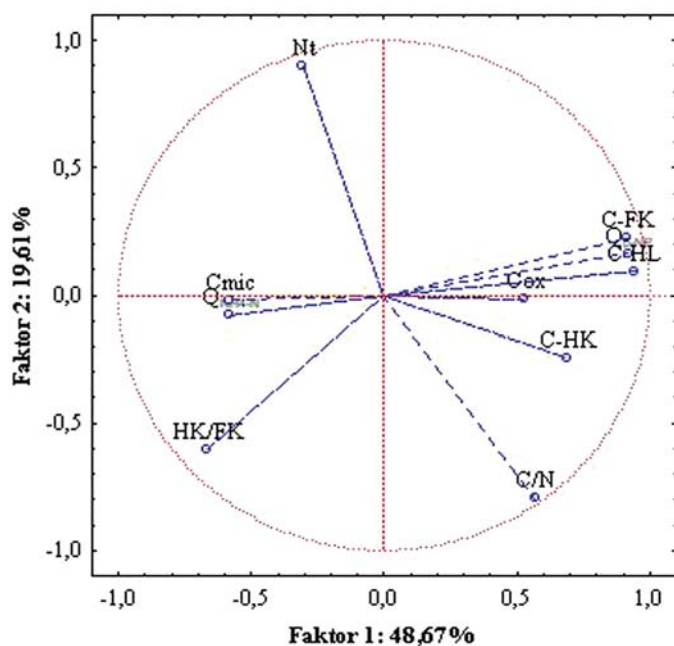
- 1) LMD a pařezy poskytují substrát pro obnovu lesa v chladných temperátních, boreálních i horských lesích. Od jedlo-bukového lesního vegetačního stupně (LVS) roste míra závislosti bioty na mrtvé organické hmotě (JANČAŘÍK 2000). Charakteristicky je LMD nezbytné pro obnovu lesa v podmínkách smrkového LVS (JANKOVSKÝ, APLTAUER 2001, SCHWARZ 1997, VAVŘÍČEK, ŠIMKOVÁ 2005).
- 2) Mrtvé dřevo je důležité pro biodiverzitu lesa, protože poskytuje jedinečné niky pro řadu organismů (MÍCHAL 1999). Nedostatek mrtvého dřeva se projeví poklesem biodiverzity a aktivity půdní bioty, ohrozí ekosystémový tok živin a genezi nadložního humusu (FABISZEWSKI, WOJTUN 2000).
- 3) Mrtvé dřevo ovlivňuje porostní mikroklima a funguje jako důležitý rezervoár vody pro přečkání epizod sucha a přísušků.
- 4) Mrtvé dřevo je dlouhodobým zdrojem přístupných živin pro les. Kvalitativně je ale odlišné chemické složení opadu a tenkých větví od dřeva kmene (BUBLINEC 1983). Většina zásob živin je soustředěna v kůře nebo nedřevnatém opadu, vlastní dřevo tvoří jen ligno-celulózové sloučeniny.
- 5) Obsah uhlíku v mrtvém dřevě je natolik vysoký, že se významně projevuje v uhlíkovém sinku lesa (PODRÁZSKÝ 1996). Zároveň ale je příčinou, že při dekompozici je dřevní hmota často úplně mineralizována na H_2O a CO_2 a jen relativně malá část je trvale zadržena v půdním humusu.
- 6) Humifikace mrtvého dřeva navzdory značné mineralizaci významně přispívá ke kontinuálnímu přísunu organické hmoty do půdy.

Dekompozice mrtvého dřeva

Mrtvé dřevo rozkládají především houby, protože jsou schopny rozkládat jinak toxický lignin. Druhové spektrum hub na dřevinách jejich ekologie jsou dobře známy (ČERNÝ 1976, JANKOVSKÝ 1999). Druhová diverzita dřevních hub je různá v lesích smrkových (JANKOVSKÝ et al. 2002), jedlo-bukových nebo bukových (JANKOVSKÝ et al. 2004, JANKOVSKÝ, VÁGNER 1999) nebo lužních (JANKOVSKÝ et al. 1999, JANČOVIČOVÁ 2001). Působení dřevních hub na dekompozici nebo humifikaci bývá často zjednodušeně popisováno formou výčtu druhového spektra se specifikací místa výskytu, stanovením procenta rozkládaného dřeva a typu tlení. K této charakteristice slouží rovněž i poznatky ekologie dřevních hub.

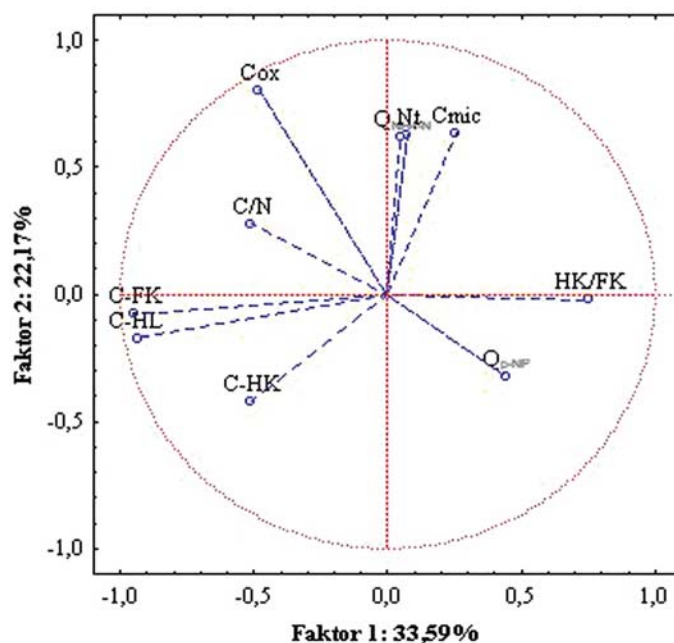
Analytické vyhodnocení působení dřevních hub na dekompozici se opírá o stanovení enzymatické aktivity, která je determinací i při určení typu tlení. Dřevní houby, které produkují lignolytické enzymy, působí tzv. bílé tlení. Při bílém tlení je rychle rozložen lignin, zatímco celulóza a další polysacharidy jsou rozkládány jen pomalu. Lignin primárně rozkládají lakázy a peroxidázy. Jejich aktivita je substrátově specifická. I když bývá považována i za druhově specifickou, protože u různých trofických skupin dřevních hub je závislá na mnoha vnějších faktorech a je proto velmi proměnlivá (HOMOLKA et al. 1995), determinace hub podle enzymatické aktivity je metodicky velmi obtížná (KOLÁČKOVÁ, LEŠOVÁ 1999).

Bílé tlení je provázáno intenzivnější mineralizací. Ze substrátu se uvolňuje většina vázaných minerálních živin, které jednak mohou být rozpuštěny v půdním roztoku, jednak ale podporují řetězení zbytkových sloučenin dřeva do řetězců humusových látek. Tvorba humusových sloučenin se při bílém tlení uskutečňuje až po rozkladu ligninu i polysacharidů. Úbytek ligninu v tlejícím dřevě umožňuje další kolonizaci. V dalším rozkladu dřeva se mohou uplatňovat



Graf 2.

Projekce proměnných vlastností LMD do faktorové roviny
Projection of variable properties of the fallen dead wood into factor level



Graf 3.

Projekce proměnných vlastností nadložního humusu do faktorové roviny
Projection of variable properties of the surface humus into factor level

Tab. 1.

Přehled zkoumaných lokalit. SLT - soubor lesních typů, a - nadmořská výška (m n. m.), P - průměrný roční úhrn srážek (mm), T - průměrná roční teplota (°C), D - Langův dešťový faktor
Overview of the observed localities. FTG - forest type group, a - altitude (m a. s. l.), P - annual precipitation (mm), T - average temperature (°C), D - Langs' climatic index

Plocha/Plot	Název/Name	GPS localization		SLT/FTG	a	P	T	D
1	Vývěry Punkvy	49°21,7N	16°41,7E	3W	450	646	7,3	88
2	Habrůvecká bučina	49°19,5N	16°42,2E	4S	543	589	8,1	73
3	Sidonie	49°03,1N	18°04,4E	4B	490	760	7,2	106
4	Mrhatina	49°12,9N	15°22,0E	5K	600	571	5,8	98
5	Razula	49°21,7N	18°22,6E	5A	720	1081	6,3	172
6	Skalka	49°33,6N	18°17,7E	5S	790	1008	5,7	177
7	Jelení bučina	50°06,6N	17°17,9E	5A	920	1100	3,8	289
8	Žákova hora	49°39,5N	15°59,8E	6S	790	900	4,7	191
9	Čerňavina	49°36,0N	18°39,5E	6Z	1040	1135	3,5	324
10	Bučina pod Fr. myslivnou	50°03,5N	17°11,8E	6S	1130	1150	3,0	383

Tab. 2.

Základní taxační charakteristiky vybraných lokalit (dendrometrické údaje podle SIMONA 2001, SIMONA et al. 2004). ZH - zásoba humusu (t/ha); ZLMD - zásoba ležícího mrtvého dřeva (m³/ha); V - porostní zásoba (m³/ha); ρ - zakmenění.

Basic forest mensurational characteristics of the localities (dendrometric data according to SIMON 2001, SIMON et al. 2004). HV - humus volume (t/ha); VFDW - volume of fallen dead wood (m³/ha); SV - standing volume (m³/ha); ρ - stand density

Plocha/Plot	Humusová forma/Humus form	ZH/HV	ZSMD/VFDW	V/SV	ρ
1	mulový moder	95,1	36,4	443,9	0,8
2	mulový moder	-	-		
3	mulový moder	23,2	6,8	579,8	0,7
4	morový moder	-	-	455,6	
5	mulový moder	-	-	831,0	
6	mulový moder	46,1	3,1	552,5	1,0
7	typický moder	13,3	79,7	260,0	0,6
8	morový moder	-	-		1,0
9	morový moder	-	-	239,2	0,7
10	drnový moder	44,0	49,3	270,8	0,8

Tab. 3.

Výsledky lineárních jednorozměrných testů dat při $P < 0,05$ (tučně). LMD - ležící mrtvé dřevo, PD - přirozená data, TD - transformovaná data, DV - datové váhy, C_{ox} – celkový uhlík (%), N_t – celkový dusík (%), C-HK – uhlík huminových kyselin (%), C-FK – uhlík fulvokyselin (%), C-HL – uhlík humusových látek, Q_{p-NP} – aktivita kyselých fosfatáz (mg/h), Q_{N-NH_4} – aktivita ureázy (mg/h), C_{mic} – uhlík mikrobiální biomasy (mg/g)

Results of linear simple-dimensional tests of the data at $P < 0.05$ (bold). FDW - fallen dead wood, OD - original data, TD - transformed data, DB - data balances, C_{ox} - oxidizable carbon (%), N_t - total nitrogen (%), C-HK – humic acids carbon (%), C-FK – fulvic acids carbon (%), C-HL – humus substances carbon, Q_{p-NP} – acid phosphatase activity (mg/h), Q_{N-NH_4} – urease activity (mg/h), C_{mic} – microbial biomass carbon (mg/g)

Veličina/ Quantity	Data		ANOVA			K-W test
	LMD/FDW	Humus	PD/OD	TD	DV/DB	
C_{ox}	48.96±4.43	36.69±9.17	19,68	19,68	16,85	21,47
N_t	0.41±0.18	1.17±0.26	38,76	-	38,76	27,89
C/N	142.52±62.27	32.11±8.83	67,46	67,46	33,36	22,09
C-HK	2.69±1.43	2.45±1.05	0,22	-	0,22	0,53
C-FK	4.29±3.36	3.69±3.36	0,54	0,54	0,52	2,14
C-HL	6.89±4.30	6.14±3.99	0,41	0,64	0,52	1,34
HK/FK	0.87±0.97	1.03±1.01	0,29	-	0,29	24,25
Q_{p-NP}	144.73±101.92	164.58±64.04	0,13	-	0,24	0,99
Q_{N-NH_4}	159.05±214.63	183.19±116.12	2,39	2,39	0,73	5,33
C_{mic}	3117.70±3402.96	2994.79±2218.80	0,02	0,02	0,45	0,33

Tab. 4.

Mnohonásobné porovnání hodnot N_t z jednotlivých ploch. ++ velmi významné rozdíly při $P < 0,01$ + významné rozdíly při $P < 0,05$, T - taxon dřeviny

Multivariate comparison of N_t values on the investigated plots. ++ very significant differences at $P < 0.01$; + significant differences at $P < 0.05$, T - taxon of the woody species; JD - *Abies alba*; BK - *Fagus sylvatica*; SM - *Picea abies*

Plocha/Plot	T	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10
1	JD	0,60			++		+		++		++	
2	BK		1,00		++		+		++		++	
3	BK			0,98	+				++		++	
4	BK				0,92				++		++	
5	JD					0,76			++		++	
6	BK						0,82		++		++	
7a	BK							1,05	+		++	
7b	SM								0,98	+	++	+
8	SM									0,85	++	
9	BK										1,19	++
10	BK											0,93

i bakterie, ale optima pro jejich aktivitu se nachází blízko neutrální půdní reakce, proto v převážně kyselých půdách střední Evropy dominují houby, které jsou značně acidotolerantní. Na kyselých stanovištích bakterie nedokáží rozkládat karboxylové vazby, které u organických molekul charakteristicky budují část pufrací stavby aminokyselin. Přitom aminokyseliny jsou nejrozšířenější dusíkaté sloučeniny v půdě. Biologický rozklad aminokyselin nemůže být nezajištěn. V kyselých půdách jej uskutečňují houby. Přesto snížená aktivita bakterií je jednou z příčin obecně nižší intenzity dekompozice opadu v kyselém prostředí (RODRIGUEZ et al. 1996, KREITZ, ANDERSON 1997).

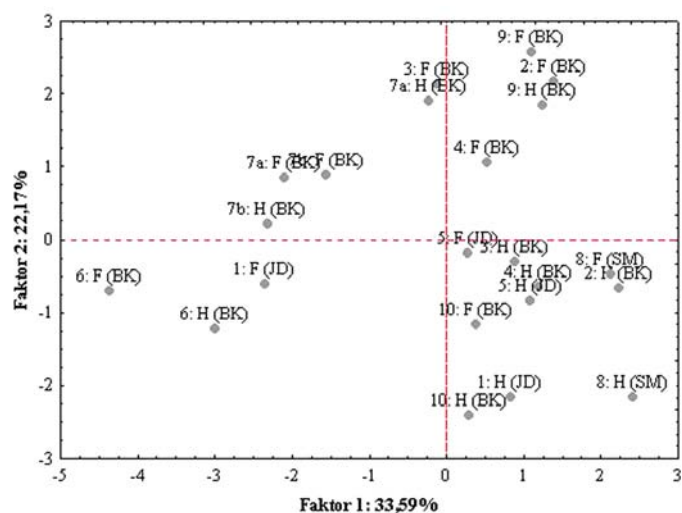
Při hnědém tlení dochází k rychlému rozkladu polysacharidových řetězců, zatímco lignin je rozkládán pouze zvolna. Tlející dřevo tak rychle ztrácí svoji strukturu. Dokonce přítomnost ligninu predisponuje substrát k časnější humifikaci. Humifikace ligninu ale neposkytuje substrát vhodný pro mikrobiální procesy. Lignin je toxickou sloučeninou. I když jeho síťová struktura může být rozložena relativně rychle, rezidua mohou tvořit polyfenolové komplexy, odolné vůči dalšímu rozkladu. Vznikají humusové polymery, z nichž není možné rychle zpřístupňovat vázané živiny. Zvláště v silně kyselých substrátech tyto nepříznivé humusové sloučeniny vznikají majoritně, zatímco procesy vzniku sorpčně aktivních sloučenin po uvolnění vázaných organogenních iontů probíhají v mnohem menší míře.

Hnědé tlení typicky probíhá v horských smrčínách. V exponovaných polohách blízko horní hranice lesa je tlející dřevo dokonce sorpčně optimálnější než půdní povrch, proto se stává i jedinečným substrátem pro přirozenou obnovu lesa. Bílé tlení se typicky vyskytuje v listnatých porostech a i když poskytuje humifikačně vhodnější substrát než tlení hnědé, v klimaticky příhodnějších podmínkách probíhá i obecně intenzivnější humifikace v půdě, takže dřevo zde není jediným substrátem pro obnovu porostů. V biochemickém působení vykazují houby řadu výhodnějších adaptací než bakterie. Houby produkují velmi účinné kyselé fosfatázy a fytázy. Půdní bakterie jsou

úspěšnější v produkci alkalických fosfatáz, které v nadložním humusu kladně korelují s mikrobiální biomasou, počtem amonifikačních bakterií i biomasou mikromycetů (TARAFDAR et al. 2001, HÝSEK, ŠARAPATKA 1998). Houby se chovají antagonisticky vůči bakteriím, takže bakterie produkující KFME a podílející se na biologickém rozkladu opadu na kyselých stanovištích jsou neaktivnější, když přežívají v traktu půdních kroužkovců (FLEGEL, SCHRADER 2000). Houby si v kyselém prostředí vytvořily nezastupitelné adaptace a jsou dominantními dekompozitory veškeré organické hmoty včetně dřeva.

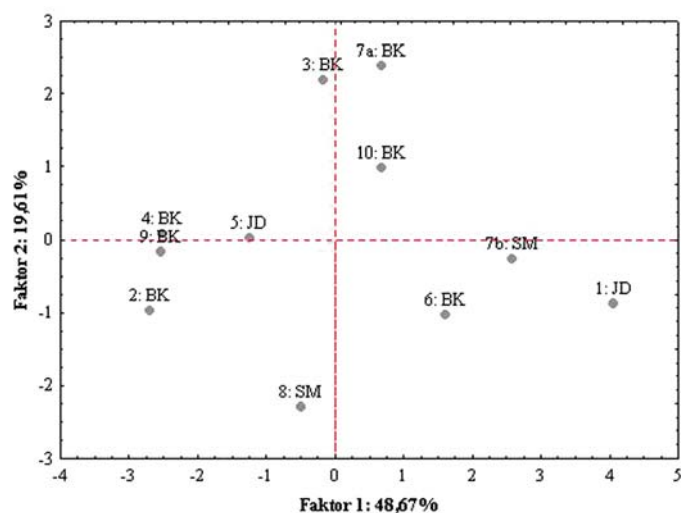
MATERIÁL

Byly vybrány porosty přirozených nebo přírodě blízkých bučin z maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) v podmínkách dubo-bukového (3.) až smrko-bukového (6.) LVS. Vybrané plochy jsou situovány v bioregionech tvořících pomezí mezi hercynskou a západokarpatskou podprovincií vždy na zonálních stanovištích s přírodě blízkou nebo přirozenou druhovou skladbou (tab. 1). Výzkumné plochy (VP) byly situovány v závislosti na jednoznačné určitelnosti biotopu (CHYTRÝ et al. 2001) a jeho blízkosti s potenciální dřevinnou skladbou podle výsledků stanovištního a dendrometrického průzkumu (SIMON 2001, SIMON et al. 2004, CULEK 1996, SAMEC 2005, HRUŠKA, GRUNDA 2005, VRŠKA et al. 1999, 2001). Z výsledků předchozích stanovištních průzkumů byla vzata zařazení vybraných území do souborů lesních typů (SLT). Z výsledků dendrometrických šetření byly převzaty zejména souhrnné údaje o zakmenění (ρ) a zásobě dřevní hmoty (V) (tab. 2).



Graf 4.

Projekce zájmových ploch do faktorové roviny
Projection of the investigated plots into factor level



Graf 5.

Projekce LMD do faktorové roviny
Projection of the fallen dead wood into factor level

Tab. 5.

Mnohonásobné porovnání transformovaných hodnot C_{ox} z jednotlivých ploch. ++ velmi významné rozdíly při $P < 0,01$ + významné rozdíly při $P < 0,05$. T - taxon dřeviny

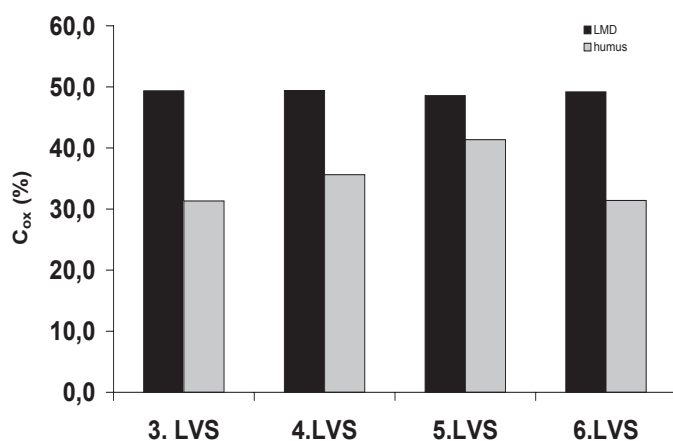
Multivariate comparison of transformed C_{ox} -values on the investigated plots. ++ very significant differences at $P < 0.01$; + significant differences at $P < 0.05$. T- taxon of the woody species; JD - *Abies alba*; BK - *Fagus sylvatica*; SM - *Picea abies*

Plocha/Plot	T	1	2	3	4	5	6	7a	7b	8	9	10
1	JD	37,33		++	++	++	++	++	++		++	
2	BK		38,90	++	+		+	++	++		++	
3	BK			41,54				++	++	++		++
4	BK				41,31			++	++	++		++
5	JD					39,47		++	++	+	++	++
6	BK						42,47	++	++	++		++
7a	BK							48,06		++		++
7b	SM								47,85	++		++
8	SM									34,34		
9	BK										45,19	++
10	BK											32,47

METODIKA

Každá VP byla volena tak, aby byla reprezentativní pro předpokládaný SLT. Vždy byla vymezena jako pravidelný čtyřúhelník o ploše 1 ha stabilizovaný GPS se stanovením rozsahu nadmořských výšek (tab. 1). Zde byla provedena inventarizace LMD s tloušťkou > 10 cm průměrkováním naplno s přesností ± 1 cm. U kmenů, přesahujících hranici plochy, byla registrována jen ta část zasahující dovnitř VP. Vždy ze tří reprezentativních míst VP byl kvantitativně odebrán nadložní humus. Odběrná místa měla vždy plošku 25 x 25 cm. Terénní šetření probíhala v červnu 2005 a 2006. Genetické horizonty a forma humusu byly rozlišeny na základě taxonomické-

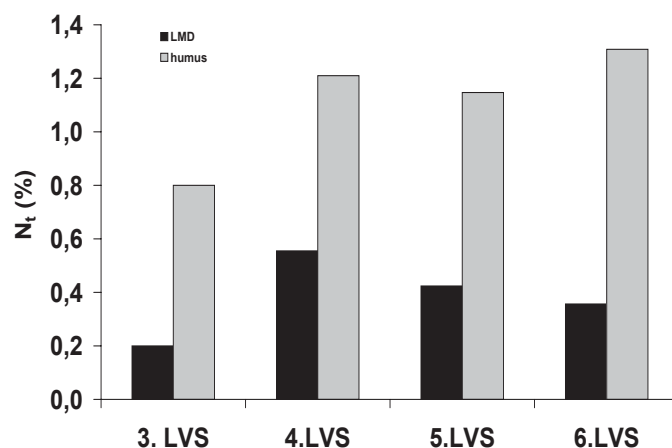
ho systému půd (NĚMEČEK et al. 2001). Jedno ze tří odběrných míst bylo vždy umístěno v půdorysu LMD v nejvyšším stupni rozkladu bílým tlením podle klasifikace HORTA a VRŠKA (1999) nebo do 5 cm od dotyku LMD s půdou. V tomto místě byl zároveň i odebrán vzorek LMD. Kvantitativní odběry posloužily ke stanovení zásoby nadložního humusu na šetřených VP. Kvalitativní odběry byly podrobeny chemickým analýzám pro stanovení aktivity KFME (Q_{p-NP}) (REJŠEK 1991), ureázy (Q_{N-NH_4}) (KANDELER, GERBER 1988), mikrobiální biomasy (C_{mic}) (BROOKES et al. 1985), oxidovatelného uhlíku (C_{ox}), celkového dusíku (N_t) i uhlíku frakcí humusových látek ($C-HL$) (ZBÍRAL et al. 1997).



Graf 6.

Obsah C_{ox} v nadložním humusu a ležícím tlejícím dřevě na plochách rozdělených podle LVS

Content of C_{ox} in surface humus and fallen dead wood derived onto investigated forest altitudinal zones



Graf 7.

Obsah N_t v nadložním humusu a ležícím tlejícím dřevě na plochách rozdělených podle LVS

Content of N_t in surface humus and fallen dead wood derived onto investigated forest altitudinal zones

Na základě kvantitativních odběrů byla posouzena vazba hmoty LMD a zásoby nadložního humusu. Tato vazba byla prověřena na základě předpokladu korelací mezi oběma veličinami. Využity byly t-testy a korelační analýzy. Korelovány byly údaje z vybraných VP, které reprezentují troficky optimální stanoviště buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) v potenciálně bučinných vegetačních stupních (REJŠEK, SAMEC 2005). Toto šetření bylo jen orientační s cílem získat předběžné výsledky. Vyhodnocení kvalitativních vazeb mezi LMD a nadložním humusem bylo uskutečněno dvěma přístupy:

- (1) Lineární analýzou rozptylu (ANOVA) a robustním Kruskal-Wallisovým (K-W) testem byla ověřena jednoznačnost výsledku z původních dat, transformovaných dat a jejich vah $[(x_i - \bar{x})/SO]$, kde x_i je prvek datového výběru, $\bar{x}$ je aritmetický průměr výběru a SO směrodatná odchylka výběru. Přijetí/zamítnutí statistických hypotéz bylo vyjádřeno jako 1/0 a vyhodnoceno principem binárního komparátoru. Pro mnohonásobné porovnání byl zvolen Tukeyho test (TUKEY 1977). Normalita dat byla posouzena z koeficientu šikmosti (WEBSTER 2001). Data s porušeným předpokladem normality byla transformována dekadickým logaritmem.
- (2) Výpočtem vlastních čísel korelačních matic byl zjištěn počet faktorů, ovlivňujících celkovou variabilitu šetřených dat. Pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) byly vypočítány komponentní váhy šetřených proměnných (MELOUN et al. 2005). Zobrazení proměnných ve faktorové rovině umožnilo nalézt potenciální korelace mezi jednotlivými veličinami.

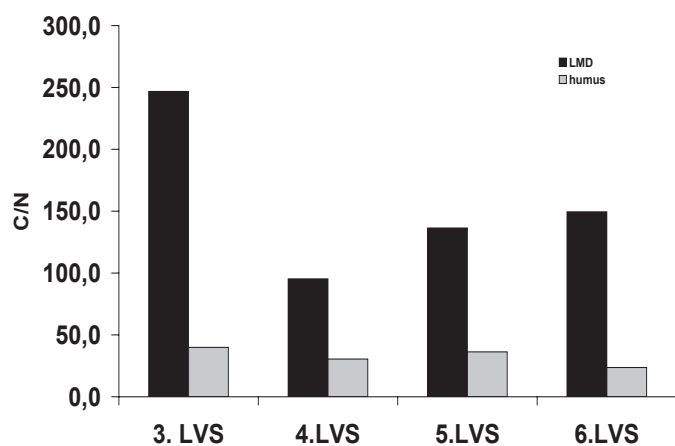
VÝSLEDKY

Na zkoumaných plochách v nižších polohách a zvláště na živých stanovištích byl vždy zjištěn mulový moder. V chladnějších polohách byl zpravidla popsán morový nebo typický moder. Předběžné vyhodnocení možného vztahu zásoby nadložního humusu a LMD neukázalo statisticky významné vazby v hmotě sledovaných složek lesů. Rovněž porovnání chemismu H-horizontů z volného místa VP a z půdorysu LMD t-testem neukázalo významné rozdíly. Na šetřených územích byla zjištěna zásoba nadložního humusu průměrně 13,3 – 95,1 t/ha. Nejvyšší zásoba drti (F) byla zjištěna na VP 10

(23,9 t/ha), nejnižší na VP 7 (3,2 t/ha). Zásoba H-horizontu kolísala mezi 7,1 – 67,8 t/ha. Nejnižší zásoba H-horizontu byla zjištěna na VP 7, nejvyšší na VP 6 a VP 1. Úměra mezi genezí konkrétního horizontu nadložního humusu a celkovou zásobou humusu na povrchu lesních půd je z vyšetřených dat nestanovitelná. Obecně se ale mocnost F + H horizontů projevila jako důležitá pro odhad celkové zásoby humusu.

Porušení předpokladu normality rozdělení dat bylo zjištěno u C_{ox} , C_{mic} , C/N, C-FK, C-HL a Q_{N-NH_4} . Analýza rozptylu a K-W test shodně ukázaly nepřijetí nulové hypotézy o rovnosti rozptylů u hodnot C_{ox} , N_t a C/N (tab. 3). To dokazuje významné rozdíly v hodnotách těchto charakteristik především mezi LMD a horizonty nadložního humusu. Při analýze rozptylu ostatních pedochemických vlastností bylo naopak prokázáno, že jejich rozdíly v LMD a nadložním humusu jsou jen nevýznamné. Test binární rovnosti u výběrů C_{ox} , N_t a C/N ale prokázal, že stejný výsledek bez rizika chyby v závislosti na použité numerické metodě lze dosáhnout jen pro hodnoty N_t . Mnohonásobné porovnání výsledků ukázalo velmi významné rozdíly tlejícího smrku z VP 7 a VP 1 – 6 a rovněž i odlišnost VP 9 (tab. 4). U výběrů s porušenou normalitou je nezbytné operovat jen s výsledkem robustních procedur. Citlivý na správnou metodu numerické analýzy je zejména C/N. Numerické vyhodnocení C_{ox} naopak poukázalo na složitost popisu lesního prostředí, kdy ani neshodu binární komparace nelze ihned považovat za detekci chyby v analytickém postupu. Zatímco u C/N nebyly zjištěny žádné potenciální korelace s jinými veličinami, C_{ox} tyto korelace charakteristicky ukazuje. Mnohonásobné porovnání zájmových ploch ukázalo významné rozdíly v obsahu oxidovatelného uhlíku mezi VP 1 - 2 a VP 3 - 6, mezi VP 7 a VP 1 - 6 a rovněž mezi VP shodně s VP 10 a VP 3 - 7 (tab. 5). Při srovnání s mnohonásobným porovnáním obsahu dusíku ve vzorcích z jednotlivých ploch jsou tyto výsledky neztotožnitelné.

Výpočet vlastních čísel korelačních matic ukazuje, že mikroprostředí LMD a nadložního humusu nelze ztotožňovat, naopak, že každé je biochemicky jiné. Z výpočtu vyplynuly dva hlavní faktory, ovlivňující obě zkoumané složky lesa. Každý ale vystihuje jinou míru variability systému (graf 1). Pracovně byly označeny jako (1) vnější faktor klimatu (vysvětlující 48,67 % variability



Graf 8.

Hodnoty poměru C/N v nadložním humusu a ležícím tlejícím dřevě na plochách rozdělených podle LVS

C/N ratios in surface humus and fallen dead wood derived onto investigated forest altitudinal zones

v datech z LMD a 33,59 % variability v datech z nadložního humusu) a (2) vnitřní faktor porostního prostředí (vysvětlující 19,61 % variability v datech z LMD a 22,17 % variability v datech z nadložního humusu). Oba dominantní faktory ovlivňují obě složky lesa různou měrou. Zatímco faktor 1 je zřejmě dominantní pro stav vlastností LMD, faktor 2 zejména ve vztahu k nadložnímu humusu je pravděpodobně doplňován řadou nespecifických činitelů s menší významností.

Vysvětlení, proč LMD a nadložní humus navzdory těsnému kontaktu jsou mikroprostředí velmi odlišná, poskytla PCA. Z údajů o LMD byly zjištěny těsné vazby Q_{p-NP} , C-FK, C-HL i C_{ox} . C_{mic} zjevně ovlivňuje Q_{N-NH_4} . Naopak C-HK/FK, C/N i N_t nebyly zjištěny v žádných korelacích s ostatními zkoumanými veličinami (graf 2). Hodnota N_t z LMD závisí na druhu původní dřeviny. V bukových zbytcích dosáhl 0,41 – 0,76 %, u jedle 0,20 – 0,40 % a u smrkových kmenů 0,23 – 0,30 %. Žádná jiná charakteristika nebyla tak spolehlivě vázána na zaznamenané druhy dřevin.

V nadložním humusu těsně korelovaly jednak C_{mic} , N_t a Q_{N-NH_4} , jednak C-FK a C-HL (graf 3). Naopak Q_{p-NP} , C-HK/FK, C/N ani C_{ox} nebyly zde zjištěny v žádných korelačních vazbách. Obsah C_{ox} byl mírně vyšší ve vzorcích nadložního humusu z nižších vegetačních stupňů (průměrně 49,4 %), zatímco nevýrazně nižších hodnot dosáhl ve vzorcích z 6. LVS (zpravidla 19,3 – 30,8 %) (graf 6). Kvalitativní výjimku tvoří vlastnosti humusu z VP 9 (46,4 %). Podobně hodnoty poměru C/N byly mírně nižší ve vyšších LVS, ale podle hodnot z LMD jeho stav hlavně závisí na konkrétní porostní skladbě a stupni humifikace (graf 8). Hodnoty C-HK/FK i Q_{p-NP} byly zjištěny jako specifické pro každou zkoumanou lokalitu bez patrného trendu. Obsah N_t v nadložním humusu byl zjevně nižší na lokalitě v 3. LVS (0,8 %), zatímco u podhorských až horských vzorků dosáhl > 1,0 % (graf 7).

PCA pedochemických vlastností nadložního humusu ukazuje vzorky F- a H-horizontů z jednotlivých VP rozdělené do charakteristických kvadrantů vzájemné korelovatelnosti (graf 4). V grafu jsou charakteristicky soustředěny hodnoty vlastností H-horizontů lokalit, které zjevně mají zonální charakter a kde se vyskytuje růstové optimum buku. Údaje z VP 6, VP 7 a VP 9 se chovají jako odlehle body. Svěrázné znaky byly zjištěny u údajů z VP 1 – 4, které jsou situovány

v pahorkatinných až podhorských výškách a vykázaly zvláštní heterogenitu F- a H-horizontů. V nižších LVS jsou chemické vlastnosti humusu více vertikálně heterogenní než u humusu z horských LVS. Blízkost/odlehlost hodnot F- a H-horizontů je zároveň i ukazatelem různých se vazeb mezi nadložním humusem a LMD v závislosti na změnách makroklimatických podmínek v jednotlivých LVS.

Pedochemické vlastnosti LMD jsou výrazněji ovlivněny definovaným vnějším faktorem. Faktor vnitřního porostního prostředí se na chemismu LMD podílí méně významně (graf 5). Ve faktoro- vé rovině zvláště vynikly vzorky z VP s teplotami, typickými pro každý ze zastoupených LVS, naopak pro vzorky z netypicky chladných (VP 4) nebo humidních (VP 9) lokalit byl detekován specifický charakter. Na základě výsledků vícerozměrných procedur je možné LMD definovat jako mikroprostředí intenzivní dekompozice a jen částečné humifikace, zatímco nadložní humus mimo opad je obecně prostředím intenzivní humifikace. I F-horizont byl zjištěn jako mikroprostředí intenzivnější humifikace, než jakou lze pozorovat v LMD pokročilého stadia rozkladu. Odebraný nadložní humus měl na rozdíl od vzorků tlejícího dřeva průměrně vyšší obsah C-HL a nižší hodnoty nespecifického C_{ox} .

DISKUSE

Při srovnávání různorodých stanovištních podmínek je složité hodnotit skutečný význam mrtvého dřeva pro tvorbu nadložního humusu. Pouze data z dostatečného množství ploch s dostatečnými počty opakování na odběrných místech i v čase jsou interpretovatelná. Na základě pořízených dat nelze posuzovat dynamiku vazby mrtvého dřeva a humusu, protože je proměnlivá nejen v různých LVS v aspektu přirozených změn druhové skladby lesů, ale zejména se mění s různými růstovými stadii lesa. Tento aspekt ve vyhodnocování datech chybí. Diskuse je zaměřena zejména na přesnost výsledků vybraných statistických procedur a výčet všech možných faktorů, které vztahy mezi humusem a LMD mohou potenciálně ovlivňovat.

Limity použití konkrétních statistických procedur jsou empiricky ověřené (HORN et al. 1998). Růst neuspořádanosti a náchylnost k nesplnění předpokladů normality částečně řeší vícerozměrné metody. Metoda PCA je navržena tak, že redukuje počet hodnot jednotlivých proměnných. Je to výpočet hlavních komponent, mezi nimiž je minimalizována míra rozptylu, což umožňuje jasné vyjádření vzájemných vztahů. Každá hlavní komponenta je lineární kombinací původních proměnných, díky čemuž je PCA značně robustní (MELOUN et al. 2005). Charakter dat byl zjištěn jako významně ovlivněný působením dvou faktorů, které byly označeny jako vnější (klimatický) a vnitřní (porostní). Obecně vliv klimatu na dekompozici v lesích je zásadnější než působení ostatních činitelů.

Zjišťování vztahu zásoby LMD a nadložního humusu ve vybraných lesních biotopech bylo provedeno pouze orientačně. Z výsledků nevyplývaly žádné jednoznačné závěry zejména proto, že současný podíl LMD v lesích je historicky silně zasažen lidskou činností a vyžaduje stálý monitoring, aby mohl být podrobně popsán. Dynamiku tlejícího dřeva v přirozených lesích popisují četné studie (VRŠKA et al. 1999, 2001, HORT, VRŠKA 1999, SANIGA, SCHÜTZ 2002, CHRISTENSEN et al. 2005). Jeho význam pro obnovu lesních ekosystémů je nezastupitelný (MÍČAL 1999), i když jeho přirozené vazby s humusem byly značně změněny. Ekologicky důležitější než kvantitativní vztahy jsou kvalitativní vztahy tlejícího dřeva, humusu a půdy. VP byly voleny s ohledem na jejich zonální charakter, který se uplatňuje s dominantním uplatněním brunifikace za vzní-

ku kambizemí (SAMEC et al. 2006). Na šetřených VP byly zpravidla zjištěny kambizemě modální nebo rankerové, pouze ojediněle byla nalezena rendzina melanická (VP 1) a podzol modální (VP 9). Výskyt určitého půdního typu jako výsledku působení komplexu stanovištních faktorů zřejmě má svou obdobu i v charakteru tlení dřeva a geneze nadložního humusu. To může mít nezanedbatelný vliv na charakter pořízených výsledků. Data o humusu z VP 9 jsou vzdálenější definičnímu oboru ploch 6. LVS, které jsou charakteristické kambizeměmi, i když VP s nimi vegetačně koresponduje. Je ale svérázná vrcholovým fenoménem a zakrslou edafickou kategorií. Naproti tomu VP 8 i 10 jsou neexponovaná území s kambizeměmi a svěží edafickou kategorií. Svéráz VP 9 se projevil vysokými hodnotami C_{ox} , C_{mic} a Q_{N-NH_4} a naopak nízkou aktivitou fosfatázy.

Již první výsledky studia vztahů LMD a nadložního humusu ukázaly, že hledané korelace jsou často zdánlivě eliminovány heterogenitou lesního prostředí a jeho různým historickým vývojem (MAROSZ 2005). SIMON (2001) uvádí, že např. VP 7 je bučinou první generace na místě někdejší smrkové monokultury. Vzrostlé smrky dožívají v nadúrovni. Populace buků zahrnuje jedince především v hlavní úrovni, rovněž hustou vitální podúroveň, ale již i jedince odumírající nebo mrtvé. Podobně VP 6 má charakter někdejšího hospodářského lesa s ostrůvkovitým střídáním bučin a smrkových kmenovin. VP 7 a VP 6 se shodně v projekci PCA projeví jako odlehle body, nekorelovatelné s ostatními plochami.

Podobně lesní porosty v oblasti NPR Vývěry Punkvy (VP 1) byly silně zasaženy těžbou a přirozený charakter si zachovaly jen na nejexponovanějších enklávách. Pahorkatinné bučiny na zonálních neexponovaných půdách zůstaly zachovány poměrně řídké. Jeden z jejich typických výskytů tvoří NPR Habrůvecká bučina (VP 2). Dynamika porostu je ovlivněna především řídké zastoupenou podúrovni a sporadickým nárostem (SVÁTEK 2003). Obecně zásoba LMD v šetřených bučinách je relativně nízká nejen díky minulým hospodářským zásahům, ale taktéž díky nízké hmotnatosti tlejících kmenů. Kvalitativní výjimku tvoří VP 10, situovaná blízko horní hranice ekovalence buku, kde dimenze dřevin přirozeně nedosahují vysokých hodnot i navzdory místně velmi příznivým půdním podmínkám kambizemě modální mělce umbrické (MAROSZ 2005). Na jiných lokalitách je v podmínkách 6. LVS běžná podzolizace (VP 9) nebo její náznaky v kambizemí dystrické (VP 8).

V bukových porostech potenciálně probíhá optimální humifikace. To závisí jednak na půdních vlastnostech, jednak na chemickém složení bukového opadu. Na stanovištích primárně nepredisponovaných k podzolizaci se přirozeně zpravidla vyskytuje i dostatečný obsah bázi v půdě, které jsou nezbytné ke koagulaci koloidního humusu. Bukový opad přirozeně obsahuje významně více bázi než jehličí, což podporuje vznik huminových látek vysrážením krátkých fulvokyselin. Bukové huminové kyseliny se vyznačují hormonálními účinky na klíčení bukových semen i růst kořenového vlášení (BUBLINEC 1983, PIZZEGHELLO et al. 2001, READ et al. 2003), takže v bučinách obvykle není tlející dřevo nezbytné pro obnovu lesa. V listnatých porostech zpravidla odrůstání buku závisí na mikroklimatických podmínkách a nebývá podmiňováno půdními vlastnostmi, zatímco odrůstání i hustota náletu jilmů a javoru horského závisí na půdních vlastnostech (MODRÝ et al. 2004). Nicméně pedochemické vlastnosti podzolů jsou zásadně odlišné vzhledem ke kambizemím. Tudíž potenciálně i jejich vliv na humifikaci je rozdílný. Proto lze předpokládat, že v horských podmínkách, kde podzolizace může být nevyhnutelná, vytváří buk lesní jiný charakter vztahů s humu-

sem. Nelze vyloučit, že tento jev se mohl projevit i jako ojedinělá odlehlost údajů o VP 9 ve faktorové rovině PCA.

Jelikož v charakteru nadložního humusu se nepopíratelně odráží nejen faktory přirozené, ale i vlivy lesnického obhospodařování, změn dřevinné skladby a dalších antropických vlivů, je obtížné hledat spolehlivého ukazatele jeho vlastností. Použití C_{ox} , resp. C/N bylo zjištěno nejen jako náchylné k porušení předpokladu normality, ale hlavně citlivé k chybným interpretacím vztahů nadložního humusu v lese na základě jednorozměrných lineárních modelů. Více-rozměrné modely poskytly lépe interpretovatelné výsledky, protože mohou zohlednit mnoho veličin zároveň. V nadložním humusu zejména stav N_t může zdánlivě informovat o různých výchylkách v genezi (např. o změnách humifikace po přeměně druhové skladby lesního porostu). Změny nadložního humusu zpětně vyvolávají efekty v aktivitě půdní bioty.

Půdní mikroorganismy jsou adaptovány, aby svoji maximální aktivitu dosáhly v optimálních podmínkách. Toto optimum je charakteristické pro každý LVS. Regionální diverzita, různé výchylky i stupeň lidského ovlivnění lesa se odpovídajícím způsobem odrážejí v projevech půdní bioty. V podmínkách specifických pro daný region s charakteristickou vegetační stupňovitostí má půdní biota nejtěsnější vazby s prostředím a je funkčně nejefektivnější. Její funkční redundance potenciálně klesá s délkou doby vytváření těchto vazeb. Lokálně se efektivita biologické aktivity půdy mění s odlišnostmi trvalých stanovištních podmínek. Na stanovištích s místně netypickými nebo i azonálními charakteristikami vzhledem k nominálním podmínkám (s geneticky plně vyvinutými půdami) je aktivita půdní bioty významně odlišná. Tyto odlišnosti mají svůj odraz i v potenciálních vazbách na nadložní humus. Proto se využití C_{mic} projevilo jako vhodnější pro indikaci půdně-ekologických poměrů než využití nespecifického C_{ox} . C_{ox} v tlejícím dřevě, které není obligátním produktem humifikace, zahrnuje spektrum molekul, z nichž humusové sloučeniny představují jen část. Koreluje ovšem s aktivitou KFME. V nadložním humusu jeho obsah získává jiný význam. Obecně pojetí zájmových složek lesních biotopů jako vícerozměrných korelativních soustav poskytlo lépe interpretovatelné výsledky než hledání jednorozměrných lineárních vztahů.

ZÁVĚR

Provedená šetření ukázala složitost vztahů mezi LMD a nadložním humusem. I když obě tyto složky lesních biotopů vykazují významně odlišné chování, nelze je odlišně posuzovat. Při jejich hodnocení je nezbytné vždy předpokládat existenci systémových zpětných vazeb. Jejich průkaznost ovšem nezávisí jen na dostatečném rozsahu zpracovávaných dat, ale je rovněž podmíněna i vhodnou volbou numerických procedur. Jednak je výběr správné metody matematicko-statistického hodnocení dat omezen předpoklady teorie velkých čísel, jednak jsou různé (bio)chemické vlastnosti lesních půdních nadložních horizontů různě citlivé, nebo robustní k použití určitých početních procedur. Jako nezbytná podmínka pro bližší vyhodnocování dat se jeví existence vzájemných korelací. Pro vyhodnocení interakcí mezi LMD a nadložním humusem dostává sledovat mikrobiální biomasu a aktivitu ureázy. Naopak C_{ox} ani N_t nemusí spolehlivě tyto vazby indikovat. C_{ox} vytváří specifické vazby s humusovými látkami i kyselými fosfatázami jen v tlejícím dřevě. Hodnocení N_t není ale zatíženo rizikem interpretativní chyby a pro H-horizonty poskytuje spolehlivé výsledky se souběžným stanovením uhlíku mikrobiální biomasy a aktivity ureázy.

LITERATURA

- BLUM, J. D., KLAUE, A., NEZAT, C. A., DRISCOLL, C. T., JOHNSON, C. E., SICCAMA, T. G., EAGAR, C., FAHEY, T. J., LIKENS, G. E. Mycorrhizal weathering of apatite as an important calcium source in base-poor ecosystems. *Nature*, 2002, vol. 417, s. 729-731.
- BROOKES, P. C., LANDMAN, A., PRUDEN, G., JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 1985, vol. 17, s. 837-842.
- BUBLINEC, E. Obsah živin v jednotlivých složkách biomasy malokarpatského buka. *Lesnictví*, 1983, roč. 29, s. 773-784.
- CULEK, M. (ed.) Biogeografické členění České republiky. Praha: Enigma, 1996. 347 s.
- ČERNÝ, A. Lesnická fytopatologie. Praha: SZN, 1976.
- FABISZEWSKI, J., WOJTUN, B. Loss of floristic diversity in the Krkonosze Mts. (SW Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 2000, vol. 45, s. 165-178.
- FLEGEL, M., SCHRADER, S. Importance of food quality on selected enzyme activities in earthworm casts (*Dendrobaena octaedra*, Lumbricidae). *Soil Biology & Biochemistry*, 2000, vol. 32, s. 1191-1196.
- HÝSEK, J., ŠARAPATKA, B. Relationship between phosphatase active bacteria and phosphatase activities in forest soils. *Biological Fertility of Soils*, 1998, vol. 26, s. 112-115.
- HOMOLKA, L., VOLÁKOVÁ, I., NERUD, F. Variability of enzymatic activities in lignolytic fungi *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus tigrinus* after proto-plating and UV- mutagenization. *Biotechnological Techniques*, 1995, vol. 9, s. 157-162.
- HORN, P. S., PESCE, A. J., COPELAND, B. E. A robust approach to reference interval estimation and evaluation. *Clinical Chemistry*, 1998, vol. 44, s. 622-631.
- HORT, L., VRŠKA, T. Podíl odumřelého dřeva v pralesovitých rezervacích ČR. In Vrška, T. (ed.): Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Vranov nad Dyjí: Správa NP Podyjí, 1999, s. 75-86.
- HRUŠKA, B., GRUNDA, B. Přírodní poměry přírodní rezervace Mrhatina, Jihlavské vrchy. Brno: Folia Universitatis Agrariae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2005. 42 s.
- CHRISTENSEN, M., HAHN, K., MOUNTFORD, E. P., ÓDOR, P., STANDOVÁR, T., ROZENBERGAR, D., DIACI, J., WIJDEVEN, S., MEYER, P., WINTER, S., VRŠKA, T. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 2005, vol. 210, s. 267-282.
- CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M. (eds.) Katalog biotopů České republiky. Praha: AOPK ČR, 2001. 307 s.
- JANČAŘÍK, V. Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Zprávy lesnického výzkumu, 2000, roč. 45, č. 1, s. 14-17.
- JANČOVIČOVÁ, S. Sukcesné rady hub na drevinách lužných lesů (Podunajská nížina, Slovensko). In Jankovský, L., Čermák, P. (eds.): Tlející dřevo 2001. Brno: MZLU, 2001. s. 87-94.
- JANKOVSKÝ, L. Některé aspekty dekompozice dřeva v lese dřevními houbami. In Vrška, T. (ed.): Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Vranov nad Dyjí: Správa NP Podyjí, 1999, s. 19-32.
- JANKOVSKÝ, L. Tlející dřevo. In Jankovský, L., Čermák, P. (eds.): Tlející dřevo 2001. Brno: MZLU 2001, s. 7-12.
- JANKOVSKÝ, L., APLTAUER, J. Tlející dřevo a dřevní houby v podmínkách klimaxových smrčín Krkonoš. In Jankovský, L., Čermák, P. (eds.): Tlející dřevo 2001. Brno: MZLU 2001, s. 57-70.
- JANKOVSKÝ, L., BERÁNEK, J., VÁGNER, A. Dead wood and mycoflora in Nature Reserve Polom, Protected Landscape Area Železná hora. *Journal of Forest Science*, 2004, vol. 50, s. 118-134.
- JANKOVSKÝ, L., VÁGNER, A. Makromycety podílející se na dekompozici dřeva v podmínkách lesních ekosystémů PR Kněhyně a PR Čertův mlýn. In Jankovský, L., Krejčíř, R., Antonín, V. (eds.): Houby a les. Brno: MZLU, Moravské zemské muzeum, 1999, s. 209-214.
- JANKOVSKÝ, L., VÁGNER, A., ANTONÍN, V. Makromycety vybraných lokalit Litovelského Pomoraví. In Jankovský, L., Krejčíř, R., Antonín, V. (eds.): Houby a les. Brno: MZLU, Moravské zemské muzeum, 1999, s. 169-178.
- JANKOVSKÝ, L., VÁGNER, A., APLTAUER, J. The decomposition of wood mass under condition of climax spruce stands and related mycoflora in the Krkonoše Mountains. *Journal of Forest Science*, 2002, vol. 48, s. 70-79.
- KANDELER, E., GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, 1988, vol. 6, s. 68-72.
- KOLÁČKOVÁ, M., LEŠOVÁ, A. Enzymy lignolytického enzymatického systému u dřevokazných a ektomycorhizních hub. In Jankovský, L., Krejčíř, R., Antonín, V. (eds.): Houby a les. Brno: MZLU, Moravské zemské muzeum, 1999, s. 241-242.
- KORPEL, Š. Pralesy Slovenska. Bratislava: Veda, 1989. 329 s.
- KREITZ, S., ANDERSON, T.-H. Substrate utilization patterns of extractable and non-extractable fractions in neutral and acidic beech forest soils. In Insam, H., Rangger, A. (eds.): Microbial communities. Functional versus Structural Approaches. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 1997, s. 149-160.
- MAROSZ, K. Chemické a biochemické vlastnosti ležícího mrtvého dřeva a nadložního humusu ve vybraných zvláště chráněných územích ČR. Diplomová práce. Brno: MZLU, 2005. 93 s.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J., HILL, M. Počítačová analýza vícerozměrných dat v příkladech. Praha: Academia, 2005.
- MÍCHAL, I. Ponechání odumřelého dřeva z hlediska péče o biologickou rozmanitost. In Vrška, T. (ed.): Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Vranov nad Dyjí: Správa NP Podyjí, 1999, s. 9-18.
- NĚMEČEK, J., MACKŮ, J., VOKOUN, J., VAVŘÍČEK, D., NOVÁK, P. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: ČZU, 2001. 78 s.
- PIZZEGHELLO, D., NICOLINI, G., NARDI, S. Hormone-like activity of humic substances in *Fagus sylvatica* forests. *New Phytologist*, 2001, vol. 151, s. 647-657.
- PODRÁZSKÝ, V. Fixace oxidu uhličitého v lesních ekosystémech. In Rožnovský, J., Litchman, T. (ed.): XII. Česko-slovenská bioklimatologická konference. Velké Bílovice: ČHMÚ, 1996, s. 26-30.
- READ, D. B., BENGOUGH, A. G., GREGORY, P. J., CRAWFORD, J. W., ROBINSON, D., SCRIMGEOUR, C. M., YOUNG, I. M., ZHANG, K., ZHANG, X. Plant roots release phospholipid surfactants that modify the physical and chemical properties of soil. *New Phytologist*, 2003, vol. 157, s. 315-326.
- REJŠEK, K. Acid phosphomonoesterase activity of ectomycorrhizal roots in Norway spruce pure stands exposed to pollution. *Soil Biology & Biochemistry*, 1991, vol. 23, s. 667-671.

- REJŠEK, K., SAMEC, P. Půda jako součást trvalých produkčních podmínek stanoviště a lesnická strategie managementu území se zvláštním statutem ochrany. Přehled výchozích hypotéz a případové hodnocení půdně-geologických podmínek PR Sidonie. Dílčí zpráva. Brno: MZLU, 2005. 24 s.
- RODRIGUEZ, A., PERESTELO, F., CARNICELO, A., REGALADO, V., PEREZ, R., DE LA FUENTE, G., FALCON, M. A. Degradation of natural lignins and lignocellulosic substrates by soil-inhabiting fungi imperfecti. *FEMS Microbiology Ecology*, 1996, vol. 21, s. 213-219.
- SAMEC, P. Půdní aspekty růstových nároků dřevin v bučinách na stanovištích živné ekologické řady. Přehled literatury a metodika. Dílčí zpráva. Brno: MZLU, 2005. 51 s.
- SAMEC, P., KUČERA, A., REJŠEK, K. Tvorba metodiky hodnocení půd bučin MZCHÚ soustavy NATURA 2000 na stanovištích živné ekologické řady. Dílčí zpráva. Brno: MZLU, 2006. 56 s.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P. Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 2002, vol. 48, s. 513-528.
- SCHWARZ, O. Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Vrchlabí: Správa KRNP, 1997. 174 s.
- SCHWARZ, O. Ponechávání dřeva přirozenému rozpadu jako součást lesního managementu v KRNP. In Jankovský, L., Čermák, P. (eds.): *Tlející dřevo 2001*. Brno: MZLU, 2001, s. 47-56.
- SIMON, J. (ed.) Stanovení limitů a posouzení rizik využívání produkční funkce lesů ve zvláště chráněných územích podle kategorie ochrany. Závěrečná zpráva. Brno: MZLU, 2001. 2000 s.
- SIMON, J., VACEK, S., BUČEK, A. Hodnocení rizika uplatňování produkční funkce lesa ve zvláště chráněných územích. Brno: Paido, 2004. 60 s.
- SVÁTEK, M. Zhodnocení současného stavu a péče o zvláště chráněná území ŠLP Křtiny v roce 2002. Dílčí zpráva. Brno: MZLU, 2003. 164 s.
- TARAFDAR, J. C., YADAV, R. S., MEERA, S. C. Comparative efficiency of acid phosphatase originated from plant and fungal sources. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 2001, vol. 164, s. 279-282.
- TUKEY, J. W. *Exploratory Data Analysis*. New York: Adison-Wesley, 1977. 670 s.
- VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P. Možnosti obnovy lesa v 7. a 8. lvs v Hrubém Jeseníku a masivu Králického Sněžníku. Brno: MZLU, 2005. 33 s.
- VRŠKA, T., HORT, L., ODEHNALOVÁ, P., ADAM, D. Prales Žákova hora po 21 letech (1974 – 1995). *Journal of Forest Science*, 1999, vol. 45, s. 392-418.
- VRŠKA, T., HORT, L., ODEHNALOVÁ, P., ADAM, D., HORAL, D. The Razula virgin forest after 23 years (1972 – 1995). *Journal of Forest Science*, 2001, vol. 47, s. 15-37.
- ZBÍRAL, J., HONSA, I., MALÝ, S. Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy. Brno: ÚKZÚZ, 1997. 150 s.

Poděkování:

Vznik studie byl podpořen výzkumným záměrem MŠMT ČR MSM č. 6215648902 a projektem GA ČR č. 526/03/H036.

BIOCHEMICAL PROPERTIES AND THEIR RELATIONS BETWEEN FALLEN DEAD WOOD AND SURFACE HUMUS LAYER IN NATURAL BEECH FORESTS

SUMMARY

The results showed complicated relationships between fallen dead wood and surface humus. Although both these components of forest biotopes have significantly different behaviour, they cannot be evaluated differently. Some system feedbacks must be predicted for a right evaluation. Argumentativeness of the feedbacks depends not only on sufficient amount of obtained data, but also it is conditioned by proper choose of numeric procedure for analysing. Selection of the proper method for mathematical-statistical evaluation of data must be in accordance with the theory of great numbers as well as with the fact that several (bio)chemical forest soil properties are differently sensitive/robust to application of some numeric procedures. Observing of correlations seems to be the requirement for the other data evaluation. Microbial biomass and urease activity were observed as basic characteristics for evaluation of interactions between fallen dead wood and surface humus. On the other hand, neither oxidizable carbon nor total nitrogen can indicate these relations reliably. C_{ox} has specific linkages with humus substances and acid phosphatases only in rotting wood. Evaluation of total nitrogen is burdened by a mistake in interpretations, and analysis of nitrogen connected with microbial biomass or urease analyses provides the clear conclusions about H-horizons.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. PAVEL SAMEC, ÚHÚL Brandýs nad Labem, Pobočka Frýdek-Místek
Nádražní 2811, 738 25 Frýdek-Místek, Česká republika
tel.: 555 530 470; e-mail: Samec.Pavel@uhul.cz

PŮDOTVORNÁ ROLE VÝZNAMNÝCH INTRODUKOVANÝCH JEHLIČNANŮ - DOUGLASKY TISOLISTÉ, JEDLE OBROVSKÉ A BOROVICE VEJMUTOVKY

SOIL-FORMING ROLE OF IMPORTANT INTRODUCED CONIFERS - DOUGLAS FIR, GRAND FIR AND EASTERN WHITE PINE

VILÉM PODRÁZSKÝ, JIŘÍ REMEŠ,
FLD ČZU Praha

ABSTRACT

Introduced tree species are not considered as important objects of studies in the Czech forestry at present. Reasons for this trend are especially the environmentalistically based meanings of the state administration. Despite this fact, a wide range of them has considerable economical as well as ecological potential, but in contrast with the productive function, studied in the past quite often, the data about their influence on the other ecosystem compartments are almost missing. The aim of the presented study is to document the effect of selected the most important introduced conifers on the forest soils, especially on the humus forms. The situation in stands of domestic tree species was compared with monocultures of Douglas fir - *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO, Grand fir - *Abies grandis* (DOUGL. ex D. DON) LINDL. and Eastern White pine - *Pinus strobus* L. All these species were documented as site demanding and soil relatively degrading in studied conditions, remarkably influencing the soil state.

Klíčová slova: introdukované dřeviny, douglaska, grandiska, vejmutovka, lesní půdy, humusové formy, půdní chemismus, živiny
Key words: introduced species, Douglas fir, grand fir, eastern white pine, forest soils, humus forms, soil chemistry, nutrients

ÚVOD

Doposud byla problematice introdukovaných dřevin věnována, alespoň z hlediska jejich environmentálního významu, minimální pozornost. To platí pro podmínky jak České republiky, tak i celé střední Evropy. V zemích s vyšším zastoupením douglasky, např. Francii, je situace zcela odlišná (JUSSY et al. 2000). Přes environmentalistické obstrukce a legislativní překážky plocha zaujímaná těmito dřevinami dnes v ČR představuje zhruba 0,8 % plochy lesů a potenciál jejich využití je mnohem vyšší. Je samozřejmé, že rozšiřování těchto druhů musí být vyloučeno v chráněných územích, která dnes zaujímají zhruba 23,6 % lesů ČR, není však důvod, proč jejich produkční i mimo-produkční potenciál nevyužívat v lesích hospodářských a nezačlenit je do konceptu trvale udržitelného a polyfunkčního (funkčně diferencovaného a funkčně integrovaného) lesního hospodářství ve středoevropském kontextu, tak jak je to běžné např. v německých zemích (KONNERT, RUETZ 2006).

Uvedeným dřevinám byla věnována větší pozornost v minulých obdobích i v našich zemích, a to jak z hlediska jejich ekologických nároků, tak i produkčních možností (CAFOUREK 2006, HOFMAN 1963, ŠIKA 1983, VANČURA 1990), pozornost byla věnována i jejich využití ve šlechtitelských programech (KOBLIHA 1989, KOBLIHA, JANEČEK 2000). Až na výjimky (např. PODRÁZSKÝ, REMEŠ, LIAO 2001, PODRÁZSKÝ, REMEŠ, MAXA 2001) však dosud nebyl hodnocen vliv významných introdukovaných dřevin na stanoviště. Proto je cílem předkládaného příspěvku shrnout a doložit účinky nejdůležitějších introdukovaných jehličnatých dřevin na stav a vývoj lesních půd. Šetření probíhala na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy a týkala se douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRB./ FRANCO), jedle obrovské – grandisky (*Abies grandis* /DOUGL. ex D. DON/ LINDL.) a borovice vejmutovky (*Pinus strobus* L.).

MATERIÁL A METODIKA

Půdotvorná funkce vybraných introdukovaných dřevin byla sledována na území Školního lesního podniku (ŠLP) v Kostelci nad Černými lesy. Studie byla zaměřena na nejvíce pozměněnou část půdního profilu, na holorganické horizonty a na nejsvrchnější minerální horizonty, kde se vlivy prostředí projevují nejvýrazněji a v nejkratší době, tj. na humusové formy (GREEN et al. 1993). Tato vrstva, představující nejefektivnější součást rhizosféry, byla doložena i jako horizonty s maximem zastoupení a vlivu kořenů lesních dřevin (TURPAULT et al. 2005, 2007). Stav humusových forem v porostech sledovaných dřevin byl srovnáván s porosty víceméně přirozené druhové skladby a s dalšími dřevinami (smrku a s ojedinělým porostem metasekvoje čínské). Šetření probíhala ve třech sériích výzkumných ploch, z nichž každá se nacházela v mírně odlišných stanovištních podmínkách (tab. 1).

Série 1

Porosty první série představují přechod od porostu s přirozeným složením (JS, DBI, LP) přes smrčinu vyššího věku až po introdukovanou vejmutovku. Jako zvláštnost byl do série zahrnut i porost metasekvoje čínské, založené z materiálu importovaného ze země původu a množeného vegetativně. Stanoviště je charakterizováno jako potoční, olšový luh, půdy jako fluvizemě.

Série 2

Porosty této série tvoří transekt od smíšeného porostu stanovištěně původních listnáčů (DBz, HB, LP) přes porost smrku ztepilého po porost douglasky. Půda je charakterizována jako luvizem.

Tab. 1.

Stanovištní a porostní charakteristiky studovaných porostů
Site and stand characteristics of studied stands

Série/Series	1				2			3	
Plocha/Plot	1	2	3	4	1	2	3	1	2
Porost/Stand	13L3	13L3	13L4	13L11	118B5	118B3	118B5	118B2	118B3
LT/Forest type	2L1	2L1	2L1	2L1	3S1	3S1	3S1	3S1	3S1
N. v./Altitude (m)	250	250	250	250	350	350	350	350	350
Druh/Species	MT	List.	VJ	SM	List.	DG	SM	SM	JDo
Věk/Age	34	40	40	90	55	39	55	24	35

Note: MT – dawn redwood, List. – mixed hardwoods, VJ – white pine, SM – Norway spruce, DG – Douglas fir, JDo – grand fir

Tab. 2.

Akumulace povrchového humusu v porostech sledovaných dřevin (t/ha)
Accumulation of surface humus in studied stands (t/ha)

Série/Series	1				2			3	
Plocha/Plot	1	2	3	4	1	2	3	1	2
Dřevina/Species	MT	List.	VJ	SM	List	DG	SM	SM	JDo
L + F1	6.74	0	11.48	10.69	0.96	6.58	6.24	6.02	4.38
F2 + H	0	0	24.28	34.38	8.78	15.22	18.17	22.62	12.15
Suma/Sum	6.74	0	35.76	45.07	9.74	21.80	24.47	28.64	16.53

Note: MT – dawn redwood, List. – mixed hardwoods, VJ – white pine, SM – Norway spruce, DG – Douglas fir, JDo – grand fir

Série 3

Třetí srovnávací sérii tvoří porost grandisky a smrku ztepilého, půdy jsou kambizemního typu.

Ve všech porostech byly posouzeny morfologické charakteristiky humusových forem a byly provedeny odběry vzorků ke stanovení základních pedochemických charakteristik. Odběry holorganických vrstev (L, F, H – diferenciace podle GREENA et al. 1993) byly provedeny pomocí ocelových rámečků 25 x 25 cm, svrchní horizont minerální zeminy (Ah) nebyl odebrán kvantitativně. Přímě v terénu byly vytvářeny směsné vzorky, což omezuje možnosti statistického hodnocení. Tento přístup je však na základě rozsáhlých šetření považován za dostačující pro základní výzkumné práce podobného druhu (GRIER, MC COLL 1971, CETER, LOWE 1986).

Pro analýzy odebraných vzorků byly použity standardní metody, zajištěny byly laboratorní Tomáš v Opočně. Bylo stanoveno: hmotnost sušiny holorganických vzorků při 105 °C a obsah celkových živin po mineralizaci směsí kyseliny sírové a selenu. Dále byla stanovena půdní reakce aktivní a potenciální ve výluhu 1 N KCl, obsah celkového dusíku podle Kjeldahla, stavu sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah bázi, H – hydrolytická acidita, T – kationtová sorpční kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu báze). Byla stanovena výměnná acidita ve výluhu HCl a její složky, výměnný H a Al. Obsah přístupných živin byl stanoven ve výluhu 1% kyselinou citrónovou, obsah P spektrofotometricky, obsah K kolorimetricky, obsahy Mg a Ca pomocí AAS.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vliv sledovaných dřevin na lesní půdu se v případě jednotlivých sledovaných parametrů projevoval velmi výrazně. První sledovanou charakteristikou byl vliv na akumulaci povrchového humusu (tab. 2).

V první sledované sérii byla akumulace povrchového humusu v porostu metasekvoje velmi nízká, srovnatelná s listnatými dřevinami. U těch se nepodařilo odebrat pro rychlý rozklad holorganické vrstvy vůbec. Mladý porost vejmutovky vykazoval relativně vyšší zásobu, nicméně dvakrát tak starý, mýtně zralý porost smrku obsahoval ještě vyšší množství povrchového humusu. To odpovídalo akumulaci v jehličnatých porostech nižších poloh (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005b, PODRÁZSKÝ, REMEŠ, KRATOCHVÍL 2005) a úroveň akumulace byla podstatně nižší v porovnání se situací ve vyšších polohách (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2005). Podobně ve druhé sérii porostů byla nejmenší akumulace nadložního humusu registrována v porostu s přirozeným složením, podstatně vyšší v porostu douglasky a ještě poněkud vyšší ve smrku. Tento trend srovnání vystihoval i poměr SM - JDo ve třetí sledované sérii porostů. Na přirozenějších stanovištích DG dokládá GRIER a MC COLL akumulaci nadložního humusu kolem 15 t/ha, což je ovlivněno požáry a dalšími procesy na rozsáhlých holinách.

Tabulka 3 dokumentuje stav základních pedochemických charakteristik jednotlivých horizontů humusových forem ve sledovaných

Tab. 3.

Základní pedochemické charakteristiky humusových forem ve studovaných porostech
Basic pedochemical characteristics of humus forms in studied stands

Série/Series		1				2			3	
Plocha/Plot		1	2	3	4	1	2	3	1	2
Dřevina/Species		MT	List.	VJ	SM	List.	DG	SM	SM	JDo
pH	L+F1			5,4	5,4	5,9		5,8	5,6	5,9
H ₂ O	F ₂ +H	5,8		5,3	5,2	5,5	5,8	5,5	5,1	5,7
	H					5,6	6,0	5,6	5,3	5,1
	Ah	5,6	5,8	5,4	4,8	5,5	5,4	5,1		
pH	L+F ₁			3,4	3,5	4,3	4,7	4,4	4,0	4,0
KCl	F ₂ +H	3,5		3,0	3,3	4,7	4,3	3,6	3,1	3,8
	H									
	Ah	3,2	3,3	3,0	2,8	3,6	3,5	3,2	3,1	3,3
S	L+F ₁			29,5	42,8	60,1	76,1	45,8	57,6	63,2
mval/	F ₂ +H	63,5		17,8	26,8	73,7	40,4	29,3	34,1	54,2
100 g	H					50,5		17,1		
	Ah	20,6	18,7	13,0	14,7	5,5	8,3	6,5	2,2	5,2
H	L+F ₁			18,8	12,9	29,9		24,2	16,8	11,1
mval/	F ₂ +H	4,8		25,3	20,2	16,5	20,3	32,6	43,6	24,6
100 g	H					12,7	25,2	39,9		
	Ah	2,8	3,8	5,2	9,7	6,7	6,8	9,2	9,1	9,1
T	L+F ₁			48,3	55,7	90,0		70,0	74,4	74,2
mval/	F ₂ +H	68,1		43,1	47,0	90,2	96,4	61,9	77,7	78,8
100 g						63,3	65,6	57,0		
H										
	Ah	23,4	22,5	18,1	24,4	12,1	15,1	15,8	11,3	14,3
V	L+F ₁			61,5	76,7	66,8		65,5	77,4	85,1
%	F ₂ +H	93,3		40,9	53,7	81,7	79,0	47,3	43,9	68,8
	H					79,9	61,6	29,9		
	Ah	88,2	83,1	71,5	60,7	44,9	54,8	41,3	19,2	36,2
Aci	L+F ₁			24,2	19,1	19,2		1,0	92,6	79,2
mval/kg	F ₂ +H	19,2		38,4	24,9	1,0	1,0	1,0	92,2	65,3
	H					1,0	17,2	1,0		
	Ah	8,8	22,5	41,5	66,3	65,7	47,6	78,1	44,6	34,1
Al	L+F1			14,3	11,5	0,2		0,1	81,4	69,6
mval/kg	F ₂ +H	12,2		29,0	18,5	0,1	0,1	0,1	89,4	63,2
	H					0,1	2,2	0,1		
	Ah	5,2	19,0	38,3	61,5	61,6	44,5	74,3	43,0	32,6
H+	L+F ₁			9,9	7,6	19,0		0,9	11,2	9,6
mval/kg	F ₂ +H	7,0		9,4	6,4	0,9	0,9	0,9	2,8	2,1
	H					0,9	15,0	0,9		
	Ah	3,6	3,6	3,1	4,8	4,1	3,1	3,8	1,7	1,6

Note: MT – dawn redwood, List. – mixed hardwoods, VJ – white pine, SM – Norway spruce, DG – Douglas fir, JDo – grand fir

porostech. I v tomto případě byly doloženy charakteristické rozdíly v působení jednotlivých lesních dřevin. Vliv metasekvoje a listnáčů na půdní reakci se výrazně nelišil (1. série), zato vejmutovka působila zjevně acidifikujícím způsobem. Vliv smrku v tomto případě byl v případě půdní reakce aktivní ještě výraznější, což platilo pro pH potenciální jen pro minerální zeminu. To korespondovalo s podstatně vyšším stářím a akumulací bází v biomase a nadložním humusu smrkového porostu. Zdaleka nejvyšší byl obsah výměnných bází i nasycení sorpčního komplexu bázemi a nejnižší hydrolytická acidita v půdních horizontech porostu metasekvoje, opačný trend byl doložen u vejmutovky. Ta vykazovala nejextrémnější stav půdního sorpčního komplexu. Podobný trend, spočívající až ve zvýšení poměru C/N, dokládají i další prameny (KNOEP, SWANK 1997). Stav minerální zeminy v porostu metasekvoje a listnáčů byl prakticky shodný.

Ve druhé sérii byla půdní reakce (obou typů) vcelku podobná v případě holorganických horizontů, s nejednoznačnými výkyvy u jednotlivých dřevin. V minerálních horizontech byla kyselost výrazně vyšší v porostu smrku. Obsah výměnných bází (hodnota S) jednoznačně klesal v pořadí listnáče : douglaska : smrk, totéž ještě výrazněji platí pro nasycení sorpčního komplexu bázemi, opačné pořadí je dokumentováno v případě hydrolytické acidity. Kationtová výměnná kapacita vykazovala mnohem menší rozdíly mezi půdami v jednotlivých porostech.

Ve třetí sérii byla v porostu jedle obrovské nižší kyselost (vyšší hodnoty pH), výrazně vyšší obsah bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi. Naopak zde došlo k poklesu hydrolytic-

ké acidity, takže výsledné hodnoty kationtové výměnné kapacity byly dosti vyrovnané.

Hodnoty výměnné acidity byly v rámci první série podstatně vyšší v porostu jehličnatých dřevin, zejména smrku, nižší v listnáčích a nejnižší v půdě porostu metasekvoje. Ovlivnily to především obsahy výměnného hliníku, obsahy přístupného vodíku byly daleko vyrovnanější. Ve druhé sérii byly výsledky stanovení hodnot výměnné acidity a jejich komponent velice nevyrovnané, bez výrazného trendu, což bylo podmíněno nízkou úrovní této charakteristiky na relativně bohatém stanovišti. Nicméně v minerální zemině bylo možno doložit trend rostoucí výměnné acidity v pořadí douglaska : listnáče : smrk. Opět převažoval vliv obsahu výměnného hliníku. Jedle obrovská se ve vztahu ke smrku ve třetí sérii chovala podobně jako douglaska na ploše předchozí.

Obsah celkového humusu (tab. 4) byl v odpovídajících si horizontech u první série dosti podobný, s výjimkou vyšších hodnot v porostu smrku – to bylo pravděpodobně způsobeno vyšším stářím porostu a podstatně delší dobou obohacování svrchní minerální vrstvy bioturbací. Podobný trend však byl doložen i u druhé série s vyrovnanějším stářím jednotlivých porostů a rozdíly v obsahu humusu tak mohou být způsobeny i jeho pomalejším rozkladem v půdách porostu smrku. I u třetí série indikují výsledky vyšší aktivitu humusových forem v porostu jedle – nižší obsah naznačující větší transformaci v horizontech holorganických a vyšší obsah dokládající vyšší vnos humusu do Ah horizontu v jedlovém porostu. V tabulce 4 jsou dále představeny obsahy celkových živin.

Tab. 4.

Obsah humusu a celkových živin v horizontech humusových forem v jednotlivých porostech
Content of humus and of total nutrients in humus form horizons of particular stands

Série/Series		1				2			3	
Plocha/Plot		1	2	3	4	1	2	3	1	2
Dřevina/Species		MT	List.	VJ	SM	List	DG	SM	SM	JDo
Humus	L+F ₁			54,9	53,5	75,6		72,9	64,6	51,9
%	F ₂ +H	35,5		37,5	36,8	61,8	78,0	83,2	52,2	42,1
	H					44,0	45,0	56,2		
	Ah	4,7	5,9	5,4	11,1	5,8	3,6	7,1	5,0	5,8
Total P	L+F ₁	-	-	0,16	0,14	0,19		0,13	0,32	0,21
%	F ₂ +H	0,18	-	0,16	0,15	0,17	0,26	0,10	0,26	0,21
	H					0,23	0,36	0,07		
Total K	L+F ₁	-	-	0,15	0,14	0,24		0,16	0,13	0,18
%	F ₂ +H	0,34	-	0,30	0,20	0,20	0,16	0,16	0,24	0,30
	H					0,22	0,20	0,20		
Total Ca	L+F ₁	-	-	0,48	0,45	0,60		0,44	1,32	1,50
%	F ₂ +H	0,72	-	0,12	0,16	0,40	0,70	0,26	0,58	1,30
	H					0,22	0,44	0,10		
Total Mg	L+F ₁	-	-	0,077	0,060	0,110		0,032	0,062	0,076
%	F ₂ +H	0,064	-	0,034	0,027	0,088	0,042	0,020	0,018	0,018
	H					0,040	0,020	0,020		

Note: MT – dawn redwood, List. – mixed hardwoods, VJ – white pine, SM – Norway spruce, DG – Douglas fir, JDo – grand fir

V první sérii klesal obsah celkového fosforu v pořadí metasekvoj, vejmutovka, smrk, holorganické horizonty nebyly v případě listnatého porostu odebírány pro jejich absenci. Ve druhé sérii byl nejvyšší obsah celkového fosforu doložen v porostu douglasky, nižší u listnáčů a nejnižší v případě smrku. Opad jedle obrovské v sérii 3 obsahoval v holorganických horizontech méně celkového fosforu ve srovnání se smrkem.

Hodnoty obsahu celkového draslíku v první sérii klesaly v pořadí metasekvoj, vejmutovka, smrk, ve druhé sérii byly vyšší v porostu listnáčů, horizonty humusu vykazovaly stejné hodnoty u obou konifer. Ve třetí sérii byly obsahy celkového draslíku vyšší v porostu jedle obrovské.

Obsah celkového vápníku byl také nejvyšší u první série v případě metasekvoje, u obou jehličin byly hodnoty obsahu této živiny dosti podobné. Ve druhé sérii vykazoval nejvyšší obsahy vápníku v celkové formě nadložní humus v porostu douglasky, následoval porost listnáčů a nejnižší koncentrace byly prokázány u smrku. Podobný výrazný rozdíl byl doložen v sérii třetí: mnohem vyšší hodnoty obsahu u jedle obrovské.

Dynamika obsahu celkového hořčíku se v první sérii nelišila od vápníku. Ve druhé sérii byl prokázán příznivý vliv listnáčů na obsah této živiny v nejsvrchnějších vrstvách půdy, zhruba poloviční koncentrace byly doloženy v porostu douglasky a nejnižší pod smrkem.

Situace se příliš nelišila pod porosty poslední série, ve vrstvě opadu byl jen nepatrně vyšší obsah v porostu jedle obrovské.

Také obsahy celkového dusíku a živin v přístupné formě byly ovlivněny poměrně značně (tab. 5). Obsah celkového dusíku v holorganických horizontech byl v rámci první série nejvyšší v porostu smrku, nižší v porostu metasekvoje a velmi nízký v porostu vejmutovky. Indikuje to pravděpodobně stupeň transformace opadu v horizontech nadložního humusu. V minerální zemině bylo pořadí smrk : listnáče : vejmutovka : metasekvoj. Koresponduje to s obsahem humusu v minerálních horizontech a dokládá význam biologické aktivity pro obsahy humusu a v něm obsažených elementů v půdních vrstvách. Ve druhé sérii byly obsahy celkového dusíku srovnatelné v nadložním humusu v porostu listnáčů a douglasky, poněkud nižší pod smrkem. Nicméně v minerální zemině klesl obsah tohoto prvku (ne již tak humusu) pod douglaskou, což může indikovat výrazný vliv intenzivního příjmu rychle rostoucím porostem této dřeviny. Ve třetí sérii se projevil vliv jedle sníženým obsahem N v holorganických horizontech, v minerální zemině zde korespondoval vyšší obsah dusíku pod jedlí i se zvýšeným obsahem humusu.

Hodnoty obsahu přístupného fosforu byly nejvyšší v substrátech porostu metasekvoje, v případě holorganických horizontů následoval smrk a poté vejmutovka, v případě organominerálního horizontu bylo pořadí těchto dřevin opačné. Poměrně nízká hodnota byla pro-

Tab. 5.
Obsah přístupných živin v horizontech humusových forem v jednotlivých porostech
Content of plant available nutrients in humus form horizons of particular stands

Série/Series	Plocha/Plot	1				2			3	
		1	2	3	4	1	2	3	1	2
Dřevina/Species		MT	List.	VJ	SM	List.	DG	SM	SM	JDo
Nt %	L+F ₁			1,13	1,51	1,55		1,7	1,44	1,36
	F ₂ +H	1,25		0,86	1,09	1,95	1,98	1,51	1,22	1,14
	H					1,30	1,29	1,36		
	Ah	0,23	0,33	0,22	0,47	0,23	0,13	0,25	0,20	0,26
P ₂ O ₅ mg/kg	L+F ₁			134	233	765		516	756	447
	F ₂ +H	367		175	208	921	776	386	461	404
	H					501	495	230		
	Ah	217	115	163	112	117	97	236	168	133
K ₂ O mg/kg	L+F ₁			747	997	2 907		673	887	1760
	F ₂ +H	1 240		357	382	1 887	847	373	607	457
	H					83	433	237		
	Ah	113	100	118	111	107	73	55	97	100
CaO mg/kg	L+F ₁			6 067	7 933	6 267		6 533	10 933	11 200
	F ₂ +H	12 000		4 200	5 084	9 333	10 000	4 133	6 333	7 467
	H					5 733	5 067	2 467		
	Ah	2 367	2 300	1 417	1 120	393	373	267	260	500
MgO mg/kg	L+F ₁			1 005	674	1 539		440	797	800
	F ₂ +H	1 107		407	369	1 387	843	260	451	421
	H					780	335	155		
	Ah	217	243	141	148	72	60	63	55	57

Note: MT – dawn redwood, List. – mixed hardwoods, VJ – white pine, SM – Norway spruce, DG – Douglas fir, JDo – grand fir

kázána v případě porostu listnáčů, což může souviset se selektivním příjmem náročnějších druhů dřevin. Podobný trend byl u minerálního horizontu prokázán i u druhé série, douglaska, ve snížené míře i listnáče snížily obsahy P v přístupné formě v nejsvrchnější vrstvě minerálního půdního profilu. V holorganických horizontech obsah přístupného fosforu spíše sledoval předpokládaný stupeň transformace humusu: listnáče – douglaska – smrk. U třetí série byl jasně patrný vliv intenzivně rostoucí jedle obrovské na snížení přístupného P v celém studovaném profilu.

Obsah přístupného draslíku klesal v pořadí metasekvoj – smrk – vejmutovka – listnáče, v případě první série. Ve druhé sérii byly nejvyšší obsahy prokázány naopak v porostu listnáčů, nižší u douglasky a nejnižší u smrku. Ve třetí sérii byly vyšší (s výjimkou spodního organického horizontu) v porostu grandisky. Výsledky analýz obsahu celkového i přístupného draslíku indikují, že na daných stanovištích není tato živina pravděpodobně limitujícím prvkem.

Také v případě přístupného vápníku a hořčíku byly nejvyšší obsahy u první série prokázány u metasekvoje, u těchto dvoumocných bází navíc i v porostu listnáčů. V porostech jehličnanů, zejména vejmutovky, byly koncentrace těchto živin podstatně nižší. U druhé série se obsahy přístupného vápníku příliš nelišily v případě listnáčů a douglasky, podstatně nižší byly v porostu smrku, u hořčíku klesaly koncentrace v pořadí listnáče – douglaska – smrk. Jednoznačně se na obsahu dvoumocných bází projevila předpokládaná kvalita opadu a humusu, což bylo doloženo i pro obsahy těchto živin v tzv. celkové formě. Podobný trend se projevil i v třetí sérii.

K dispozici nejsou srovnatelné výsledky – pouze ojediněle byl analyzován vliv douglasky na stav lesních půd ve srovnání se smrkem (PODRÁZSKÝ, REMEŠ, MAXA 2001). I zde se projevil zvýšený příjem některých živin (dusíku) a vliv vyšší kvality opadu douglasky na transformaci a živinové složení humusových forem, tentokrát na více limitovaném, chudším stanovišti. Vyšší růst introdukovaných jehličnatých dřevin byl doložen i na námi studovaných stanovištích (HART, REMEŠ 2006, REMEŠ, PODRÁZSKÝ, HART 2006). Předkládané výsledky lze tak řadit k velice deficitním údajům o ekologickém vlivu sledovaných dřevin.

Větší množství alespoň částečně využitelných údajů pochází ze zahraničních zdrojů, především z hnojivářských experimentů. V těchto případech byla prokázána vysoká náročnost intenzivně rostoucích introdukovaných dřevin na živiny a nutnost jejich dodání hnojením pro trvale udržitelné využívání lesů (SVERDRUP et al. 2006, SICARD et al. 2006).

ZÁVĚR

Tři ze sledovaných introdukovaných jehličnatých dřevin, tj. vejmutovka, douglaska a jedle obrovská náleží k rychle rostoucím druhům, se značným potenciálem využití i v České republice. Prozatím je poměrně málo disponibilních údajů o produkčních možnostech a naprosté minimum údajů o jejich ekologických a environmentálních funkcích. Je patrné, že se ve svém vlivu na stanoviště budou i dosti výrazně lišit.

Vejmutovka produkuje poměrně chudý a kyselý opad, který je poměrně pomalu a nesnadno transformován. Dostí výrazně vyčerpává a okyseluje půdu, půdní chemismus byl prokázán jako nejextrémnější. Nízký stupeň transformace byl doložen i relativně vyššími obsahy celkových živin ve srovnání se smrkem, tento trend se pak změnil v případě živin v přístupné formě.

Douglaska a jedle obrovská sice produkovaly méně kyselý a relativně bohatší opad ve srovnání se smrkem, jejich vysoké nároky ale způsobily pokles obsahu některých živin (např. N). Metasekvoj a listnáče vykazovaly poměrně srovnatelný vliv na tvorbu humusových forem, v případě některých živin se odrážel zvýšený selektivní příjem (přístupný draslík u listnáčů).

Lesní dřeviny tak jsou výraznou determinantou formování humusových forem i pedogeneze jako takové. Jednostranně zvýšené nároky jednotlivých dřevin by měly být zohledněny při volbě stanoviště a tvorbě porostních směsí.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QG50105 „Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť“.

LITERATURA

- CAFOUREK, J. Provenienční pokusy douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRB./ FRANCO) v oblasti středo západní Moravy. In Douglasska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13. 10. 2006. Praha: ČZU, 2006, s. 7-15.
- CARTER, R. E., LOWE, I. E. Lateral variability of forest floor properties under second-growth Douglas-fir stands and the usefulness of composite sampling techniques. Canadian Journal of Forest Research, 1986, vol. 16, no. 5, s. 1128-1132.
- GREEN, R. N., TROWBRIDGE, R. L., KLINKA, K. Towards a taxonomic classification of humus forms. For. Sci., 1993, vol. 39, Monograph no. 29, Supplement to no. 1, 49 s.
- GRIER, C. C., MAC COLL, J. G. Forest floor characteristics within a small plot in Douglas-fir in western Washington. Soil Science Society of America Proceedings, 1971, vol. 35, s. 988-991.
- HART, V., REMEŠ, J. Porovnání porostů douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/ FRANCO) ve středním věku na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In Douglasska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13. 10. 2006. Praha: ČZU, 2006, s. 57-64.
- HOFMAN, J. Pěstování jedle obrovské. 1. vyd. Praha: SZN, 1963. 116 s.
- HOFMAN, J. Pěstování douglasky. 1. vyd. Praha: SZN, 1964. 253 s.
- JUSSY, J.-H., COLIN-BELBRAND, M., RANGER, J. Production and root uptake of mineral nitrogen in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Beaujolais Mounts. Forest Ecology and Management, 2000, vol. 128, s. 197-209.
- KNOEPP, J. D., SWANK, W. T. Forest management effects on surface soil carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal, 1997, vol. 61, no. 3, s. 928-935.
- KOBLIHA, J. Some results of hybridization and conservation of the genofond of *Abies alba*. In Proceedings of the International Symposium „Forest Genetics, Breeding and Physiology of Woody Plants“. Voronezh, September, 24 – 30, 1989, s. 59-63.
- KOBLIHA, J., JANEČEK, V. Growth of progenies from spontaneous hybrids within genus *Abies* in comparative plantations. In Proceedings of the 9th International European Silver Fir Symposium. Skopje, Macedonia, 21. – 26. 5. 2000, s. 27-36.
- KONNERT, M., RUETZ, W. Genetic aspects of artificial regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Bavaria. European Journal of Forest Research, 2006, vol. 125, s. 261-270.
- PODRÁZSKÝ, V. Effects of giant fir cultivation on the humus form. Scientia Agriculturae Bohemica, 2003, vol. 34, no. 3, s. 63-66.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. Zprávy lesnického výzkumu, 2005a, roč. 50, č. 1, s. 46-48.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. Effect of tree species on the humus form state at lower altitudes. Journal of Forest Science, 2005b, vol. 51, no. 2, s. 60-66.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., KRATOCHVÍL, J. Vývoj půdního chemismu ve smrkových lesních ekosystémech na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 3, s. 200-203.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., LIAO, C. Y. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRB./FRANCO) na stav lesních půd. In Krajina, les a lesní hospodářství. I. Sborník z konference 22. a 23. 1. 2001. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001, s. 24-29.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MAXA, M. Má douglaska degradační vliv na lesní půdy? Lesnická práce, 2001, roč. 80, č. 9, s. 393-395.
- PODRÁZSKÝ, V., VIEWEGH, J. Comparison of humus form state in beech and spruce parts of the Žákova hora National Nature Reserve. Journal of Forest Science, vol. 51, Special Issue, 2005, s. 29-37.
- REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., HART, V. Růst a produkce nejstaršího porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/ FRANCO) na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In Douglasska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13. 10. 2006. Praha: ČZU, 2006, s. 65-69.
- SICARD, C., SAINT-ANDRE, L., GELHAYE D., RANGER, J. Effect of initial fertilisation on biomass and nutrient content of Norway spruce and Douglas-fir plantations at the same site. Trees, 2006, vol. 20, s. 229-246.
- SVERDRUP, H., THELIN, G., ROBLES, M., STJERNQUIST, I., SÖRENSEN, J. Assessing nutrient sustainability of forest production for different tree species considering Ca, Mg, K, N and P at Björnstorps Estate, Sweden. Biogeochemistry, 2006, vol. 81, s. 219-238.
- ŠIKA, A. Introdukce jedle obrovské v ČR. Zprávy lesnického výzkumu, 1983, roč. 28, č. 2, s. 1-3.
- TURPAULT, M.-P., UTÉRANO, C., BOUDOT, J.-P., RANGER, J. Influence of mature Douglas fir roots on the solid soil phase of the rhizosphere and its solution chemistry. Plant and Soil, 2005, vol. 275, s. 327-336.
- TURPAULT, M.-P., GOBRAN, G. R., BONNAUD, P. Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. Geoderma, 2007, vol. 137, no. 3/4, s. 490-496.
- VANČURA, K. Provenienční pokus s jedlí obrovskou série IUFRO ve věku 13 let. Práce VÚLHM, 1990, roč. 75, s. 47-66.

SOIL-FORMING ROLE OF IMPORTANT INTRODUCED CONIFERS - DOUGLAS FIR, GRAND FIR AND EASTERN WHITE PINE

SUMMARY

Introduced tree species are very seldom the object of scientific studies in the Czech forestry at present. The environmentally based meanings of the state administration are reasons for this trend in the most cases. Despite this fact, a wide range of them has considerable economical as well as ecological potential use, but in contrast with the productive function, studied quite often in the past, the data about their influence on the other ecosystem compartments are almost missing. The aim of the presented study is to document effects of selected the most important introduced conifers on the forest soils, especially on the humus forms. The situation in stands of domestic tree species was compared with monocultures of Douglas fir - *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO, Grand fir - *Abies grandis* (DOUGL. ex D. DON) LINDL. and Eastern White pine - *Pinus strobus* L. The stands were studied in three series of research plots (table 1) in slightly different site conditions. The plots are located on the University Training Forest at Kostelec nad Černými lesy, the study was oriented onto the humus form state and chemistry. The stands of introduced conifers were compared with the standard Norway spruce stands and with the stands of natural composition – mixed broadleaves. In the series 1, the unique stand of dawn redwood (*Pseudotsuga menziesii* /MIRB./ FRANCO) was possible to include.

The sites was possible to characterize: forest site groups 2L1 (series 1) and 3S1 (series 2, 3), altitude 250 and 350 m a. s. l., age 24 – 90 years, soils Fluvisols, Luvisols and Cambisols. The morphological characteristics of the humus forms were studied and sampling was performed accordingly to the standard methods. Bulk samples by particular humus layers and pedogenetic horizons were prepared directly in the field and determined in the laboratory Tomáš, at Opočno: D.M. amount at 105 °C by particular holorganic horizons, total nutrient content after mineralization by the mixture of sulphuric acid and selenium. The pH in water and KCl solution was determined, also the total N content by Kjeldahl method, and status of the adsorption complex by Kappen. Furthermore, the exchange acidity and plant available nutrients in the 1% citric acid solution were determined (P spectrophotometrically, K colorimetrically, Ca, Mg by AAS).

Results are shown in the tables 2 to 5. All these species (Douglas fir, grand fir, Eastern White pine) were documented as fast growing, site demanding and soil relatively degrading in studied conditions, remarkably influencing the soil state. The White pine produces relatively poor and acid litter, which is slowly decomposed and transformed. It affects the soil by heavy uptake, acidification of soil environment is remarkable. The soil chemistry is the most extreme among studied stands. Low degree of transformation is documented by higher contents of total nutrients, with the contrary trend of the plant available form. Douglas fir and Grand fir produced less acid and relatively rich litter, high uptake caused lowering of selective nutrients in the soil (e. g. N). Their effect is less degrading comparing to the Norway spruce. The dawn redwood is comparable with the hardwoods. Forest tree species are important factor in the formation of humus forms and in the pedogenesis itself. The high selective demands and effects of particular species should be respected at formation of stand mixtures on different sites.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Prof. Ing. VILÉM PODRÁZSKÝ, CSc., Fakulta lesnická a environmentální, Česká zemědělská universita
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika
tel.: 22438 3403; e-mail: podrazsky@fld.czu-cz

OVĚŘENÍ METOD PŘEDOSEVNÍ PŘÍPRAVY SEMEN NĚKTERÝCH DOMÁCÍCH DRUHŮ KEŘŮ (PTAČÍ ZOB, KALINA, BRSLLEN)

PRE-TREATING THE SEEDS OF SOME AUTOCHTHONOUS SHRUB SPECIES (*LIGUSTRUM*, *VIBURNUM*, *EUONYMUS*) TO IMPROVE THEIR GERMINATION

PAVLA KOLÁŘOVÁ, LENA BEZDĚČKOVÁ,

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

ABSTRACT

This paper gives the results of experiments made over 2 years (2004 - 2006) to determine the best stratification conditions for overcoming dormancy in the seeds of European privet (*Ligustrum vulgare*), bush cranberry (*Viburnum opulus*) and European euonymus (*Euonymus europaeus*). The experiments compared the effects of different pre-sowing treatments (stratification) on seed germination, i. e. different combinations of the duration and the temperature of warm and cold stratification periods. In addition, some *Euonymus* seeds were incubated in 1,000 mg/l solution of gibberellic acid or 10 ml/l solution of detergent. The warm temperatures used were 15, 20 and 30 °C and the cold temperature was 0 - 5 °C. The duration of stratification ranged from 1 to 5 months. Laboratory germination of stratified seeds was compared to field germination of unstratified seeds sowed immediately after autumn collection.

Germination of pre-chilled *Ligustrum* seeds was comparable with field germination after autumn sowing. Stored seeds also responded well to the alternating warm-cold stratification (1 month 20 °C, 1 month 1 - 5 °C) but germination occurred during this stratification treatment. Field germination of unstratified *Viburnum* seeds was low and delayed, occurring in the second year after fall sowing. Seeds germinated well in warm conditions, after cold or warm-cold stratification. Most *Euonymus europaeus* seeds germinated and emerged in the second year after sowing, this germination and field germination was low. The most effective was warm-cold stratification with a short warm period. The germination capacity did not increase after incubation in detergent, but enhanced after GA₃ treatment.

Klíčová slova: *Ligustrum*, *Viburnum*, *Euonymus*, semena, klíční klid, stratifikace, klíčivost, vzházivost, kyselina gibberelová

Key words: *Ligustrum*, *Viburnum*, *Euonymus*, seeds, dormancy, stratification, germination, field germination, gibberellic acid

ÚVOD

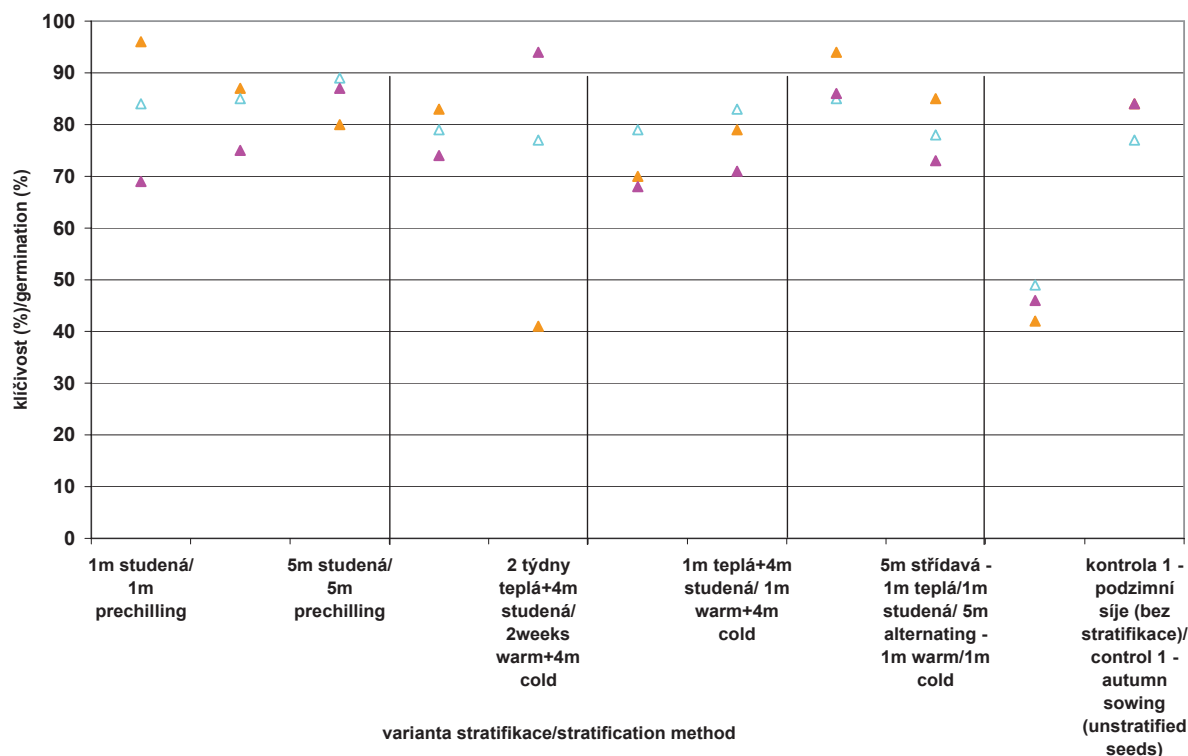
Keřové patro představuje zejména z hlediska mimoprodukčních funkcí důležitou složku lesních ekosystémů. Ani u běžných druhů keřů ovšem většinou nejsou k dispozici odpovídající metodiky pro zajištění optimální výtěžnosti osiva, což lze zřejmě přičítat nižšímu hospodářskému významu těchto dřevin a také jisté komplikovanosti při předosevní přípravě jejich semen. Ta se u řady těchto druhů vyznačují hlubší dormancí, vyžadující poněkud složitější postupy stratifikace.

Od roku 2004 jsou řešeny otázky sběru, skladování a předosevní přípravy semen u vybraných druhů keřů v rámci výzkumného záměru MZe č. 0002070202 „Šlechtění lesních dřevin a záchrana genových zdrojů cenných a ohrožených populací, včetně využití biotechnologických postupů, metod molekulární biologie a poznatků lesního semenářství v lesním hospodářství“ (část DZ 06.03. „Studium metod skladování, předosevní přípravy a hodnocení jakosti semen keřů a dřevin“). V tomto článku jsou prezentovány první výsledky pokusů se semeny ptačího zobu obecného (*Ligustrum vulgare* L.), kaliny obecné (*Viburnum opulus* L.) a brslenu evropského (*Euonymus europaeus* L.).

Semena zmíněných druhů vykazují fyziologickou dormanci způsobenou inhibitory klíčení, u kaliny a zřejmě i brslenu je tento typ klíčního klidu kombinován i s morfologickou dormancí, tj. nedostatečně vyvinutým embryem v době zralosti semen (ŠNAJPERK 1954,

BASKIN, BASKIN 2001, BARBOUR 2004). U kaliny není vyloučen ani vliv nepropustných semenných obalů (USDA Forest Service 1948 ex GILL, POGGE 1974, YOUNG, YOUNG 1992).

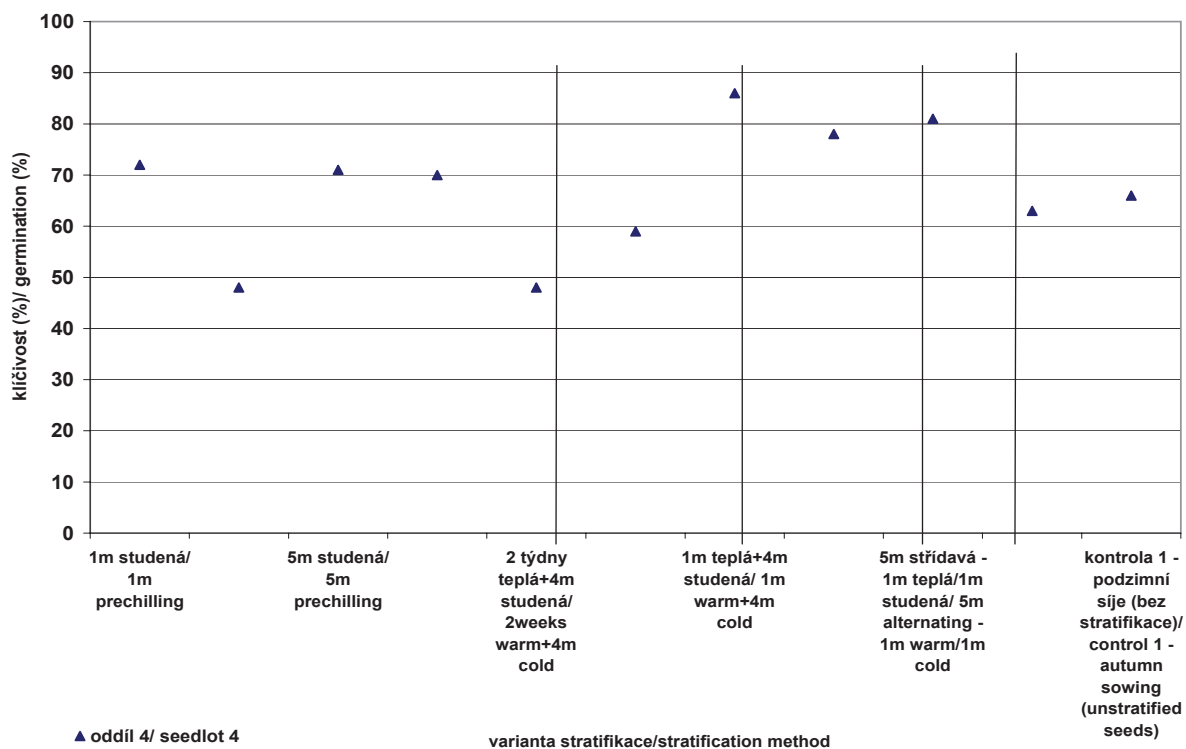
Od typu dormance se odvíjejí požadavky na předosevní přípravu (stratifikaci) semen. Obecně je pro překonání vlivu inhibitorů zpravidla nutné působení nízkých teplot (0 - 5 °C), pro odstranění morfologické dormance se uplatňuje spolupůsobení vyšší teploty (20 - 30 °C). V konkrétních postupech předosevní přípravy pro semena zmiňovaných druhů se ovšem dostupné zdroje do značné míry rozcházejí (KOLÁŘOVÁ et al. 2006). Pro kalinu obecnou je tak někdy doporučována pouze studená stratifikace trvající 2 až 7 měsíců (SMITH 1952 ex GILL, POGGE 1974, ŠNAJPERK 1954, BURKART 2000), jindy teplo-studená stratifikace o celkové délce 4 až 18 měsíců (VINCENT 1965, DIRR, HEUSER 1987, LARSON 1998, MARZIALETTI 1999, AGATE 2003) s různým vzájemným poměrem teplé a studené fáze. Nejednotnost je i v názorech na teplotu při teplé fázi stratifikace, ta se může pohybovat v rozmezí 17 - 30 °C. Podobná situace je u brslenu. Norma ČSN 48 1211 (2006) předepisuje pro tento druh před zkouškou klíčivosti pouze studenou stratifikaci v délce 45 dní, samotné předchlazení (až 8 měsíců) je optimální i podle některých dalších autorů (HEES-BOUKEMA 1993, MARZIALETTI 1999, BURKART 2000). Častěji se však pro semena brslenu doporučuje teplo-studená stratifikace (celková délka 4 - 9 měsíců, teplá fáze při 10 - 25 °C) (ŠNAJPERK 1954, LARSON 1998, AGATE 2003, PIOTTO, DI NOI 2003), příp. pouze teplá

**Graf 1a.**

Celkové množství semen ptačího zobu obecného vyklíčených po různých variantách stratifikace – čerstvé oddily (pokus 2004)

Total germination capacity of *Ligustrum vulgare* seeds subjected to various stratification methods - fresh seedlots (experiment 2004)

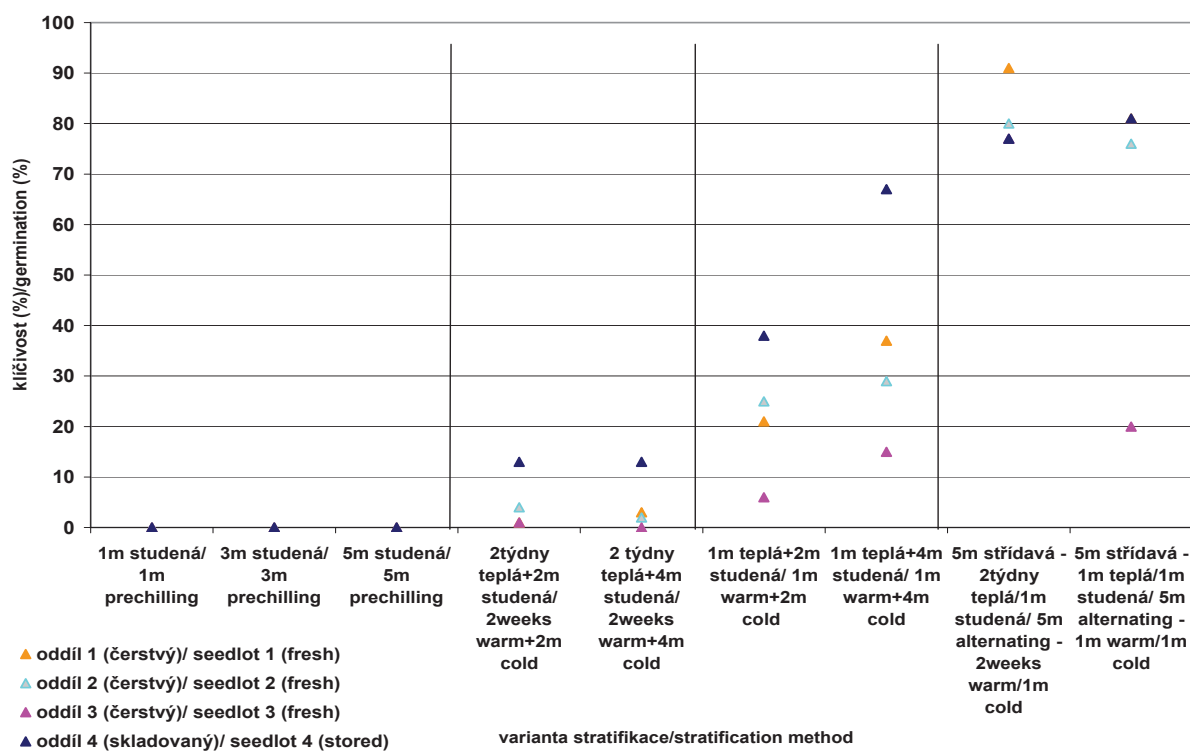
Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

**Graf 1b.**

Celkové množství semen ptačího zobu obecného vyklíčených po různých variantách stratifikace – skladovaný oddíl (pokus 2004)

Total germination capacity of *Ligustrum vulgare* seeds subjected to various stratification methods - stored seedlot (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

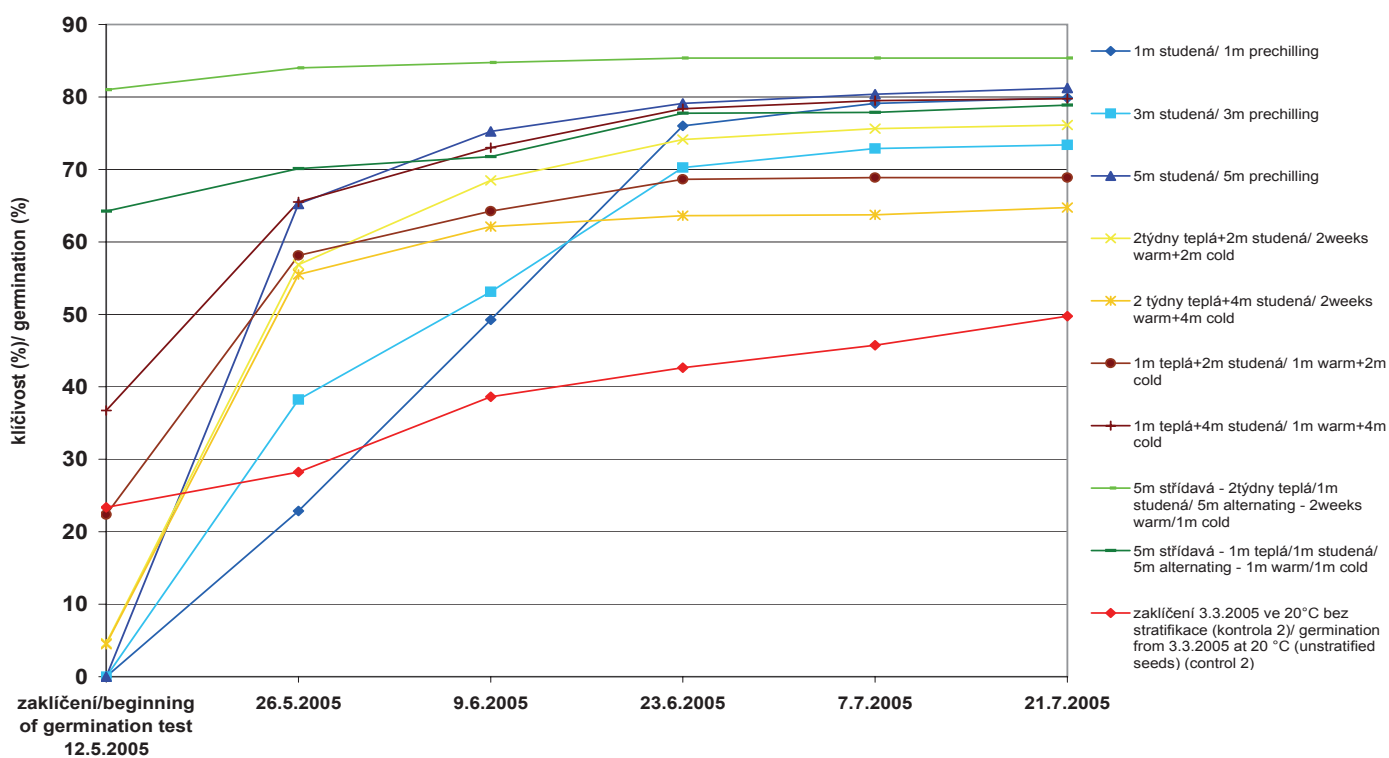


Graf 1c.

Množství semen ptačího zobu obecného vyklíčených v průběhu stratifikace (pokus 2004)

The number of *Ligustrum vulgare* seeds germinated during stratification (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month



Graf 1d.

Průběh klíčení semen ptačího zobu obecného po různých variantách stratifikace (pokus 2004)

Germination process of *Ligustrum vulgare* seeds subjected to various stratification methods (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

stratifikace (14 dní - 3 měsíce, 10 - 18 °C) (HEES-BOUKEMA 1993, ŘÍHA 2004). Pro kalinu i brslen může být vhodná také střídavá stratifikace – u brslenu studeno-teplo-studená (teplota ani délka není blíže specifikována) (Landscape Plant – Propagation Information 2004), u kaliny cyklická teplo-studená se změnou teploty po 3 měsících (DENO 1993). K překonání dormance u brslenu může pomoci také jednoměsíční máčení vyluštěných semen ve vodě se současným několaminutovým proplachováním v detergentu (saponátu) 1x týdně, následované venkovní stratifikací (DENO 1993). Méně problematická se zdají být semena ptačího zobu. Zde se většinou shodně předepisuje pouhé předchlazení, nejednotná je pouze jeho doporučená délka – obvykle 2 - 3, ale také až 9 měsíců (ŠNAJPERK 1954, WALTER 1978, LARSON 1998, MARZIALETTI 1999). Případně lze semena tohoto druhu vystavit před vlastní studenou stratifikací na 14 dní vyšší teplotě (17 - 20 °C) (SHUMILINA 1949 ex RUDOLF 1974). Semena všech zmíněných dřevin je také možno vysévat na podzim bez stratifikace, hned po dozrání, u kaliny příp. ještě před plnou zralostí semen (ŠNAJPERK 1954, WALTER 1978).

Je tedy zřejmé, že existuje více možností, jaký konkrétní postup při překonávání dormance u jednotlivých druhů zvolit. Naším cílem je nalezení optimální a v praxi využitelné metody pro každou dřevinu. V pokusech jsme se nejdříve zaměřily na ověření doporučených způsobů stratifikace, případně otestování některých dalších, určitým způsobem obměněných variant (pokusy probíhající v letech 2004 - 2006). Prověřované varianty se lišily různou kombinací teplých a studených fází a různou teplotou při teplé fázi. Na základě získaných výsledků byly vybrány perspektivní varianty, jejichž účinnost byla ověřována v dalších pokusech (2005 - 2006). Výsledky obou navazujících pokusů s vybranými dřevinami jsou prezentovány v předkládaném článku.

MATERIÁL

Pokusný materiál byl získán vlastním sběrem nebo od dodavatelů. V pokusech zahájených v roce 2004 byly použity celkem 4 oddíly semen ptačího zobu obecného, 3 oddíly kaliny obecné a 3 oddíly brslenu evropského (z toho vždy 1 oddíl skladovaného, ostatní oddíly čerstvého osiva). V pokusech zahájených v roce 2005 byly použity 3 oddíly kaliny obecné a 3 oddíly brslenu evropského, pokusy s ptačím zobem opakovány nebyly. Přehled a charakteristika použitého materiálu jsou uvedeny v tabulce 1.

METODIKA

Zpracování osiva

Plody kaliny a ptačího zobu z vlastního sběru byly zbaveny oploď macerací (rozmačkáním dužiny) a promýváním ve vodě, vyluštěné osivo se pak nechalo při pokojové teplotě proschnout. Semena určená pro zjištění obsahu vody byla zbavena oploď pouze za sucha. Plody brslenu se nechaly po sběru mírně proschnout při pokojové teplotě, tobolky pak byly od semen odděleny drnutím na sítu. Osivo všech dřevin získané od dodavatelů bylo přijato již vyluštěné. Do zahájení pokusů byla semena skladována v PVC sáčkách v chladničce při teplotě 0 - 5 °C.

Zkoušky kvality

U vyluštěných semen byla zjištěna absolutní hmotnost a životnost vitálním barvením. U semen sbíraných v roce 2005 byl ihned po sběru (příp. po získání od dodavatele) zjištěn aktuální obsah vody. Všechny zkoušky byly provedeny podle ČSN 48 1211 (1997).

Předsevní příprava a hodnocení klíčivosti stratifikovaných semen

- Pokus 2004 – ptačí zob, kalina, brslen

Před stratifikací byla semena máčena ve vodě 24 hodin při pokojové teplotě. Po zbavení přebytečné vody (okapáním na sítku) byla semena v PVC sáčkách promíchána s vlhkým substrátem (směs rašeliny a písku v poměru 1 : 1). Sáčky byly uloženy do chladničky s teplotou 0 - 5 °C (studená stratifikace) či termostatu s teplotou 20 °C, případně 15 či 30 °C (teplá stratifikace). Semena některých variant byla stratifikována pouze v chladu, u dalších probíhala dvoufázová stratifikace (teplo-studená, se změnou teploty po 0,5, 1, 2, 3 či 4 měsících), případně i tří- či pětifázová stratifikace (se střídáním teplých a studených fází po 0,5 - 3 měsících). Přehled hlavních variant stratifikací je uveden v tabulce 2. Optimální metoda předsevní přípravy by měla umožnit výsev semen hned první jaro po podzimním sběru, proto i všechny námi testované varianty stratifikace trvaly maximálně 5 měsíců. Každá varianta obsahovala 200 ks semen z každého oddílu, vzhledem k rozsáhlému počtu porovnávaných postupů nebyla použita žádná opakování.

Pokusy s jednotlivými variantami stratifikací (trvajících 1 - 5 měsíců) byly postupně zahajovány od prosince 2004 do dubna 2005 tak, aby zkouška klíčivosti semen všech variant (lišících se délkou stratifikace) mohla být zahájena ve stejnou dobu. Během stratifikace bylo každý týden osivo v sáčkách provzdušňováno, přitom byla počítána a odstraňována vyklíčená semena (tj. semena s viditelným klíčkem). V květnu 2005 byla semena všech variant zaklíčena v nádobách se substrátem (rašelina s pískem v poměru 1 : 1), umístěných v zastíněném větraném skleníku se zajištěnou pravidelnou závlahou (bez možnosti regulace teploty). Klíčivost ve skleníku se hodnotila každé 2 týdny pod dobu 4 měsíců (do září 2005), za vyklíčená byla opět považována semena s viditelným klíčkem. U ptačího zobu a kaliny obecné byla zkouška klíčivosti v roce 2005 ukončena. Nevyklíčená (přeželezná) semena brslenu byla ponechána přes zimu 2005 - 2006 v nádobách ve skleníku, na jaře 2006 pokračovalo opět hodnocení jejich klíčivosti.

- Pokus 2005 - kalina, brslen

Postup předsevní přípravy a způsob hodnocení klíčivosti byly obdobné jako v předchozím roce. Byly vyloučeny méně účinné varianty stratifikace, celkový počet variant byl tedy omezen. Přehled vybraných variant stratifikací je uveden v tabulce 2. Každá varianta byla hodnocena ve 4 opakováních po 100 nebo 25 semenech (podle velikosti oddílu). Teplá fáze stratifikace probíhala vždy při 20 °C. Pokusy s jednotlivými variantami stratifikací byly zahajovány od prosince 2005 do dubna 2006, zkouška klíčivosti probíhala od května do září 2006.

Semena kaliny byla při teplo-studené stratifikaci s delší (2 či 4měsíční) teplotou fází inkubována v PVC sáčkách bez substrátu pro omezení předčasného klíčení.

U brslenu byly kromě 2 klasických pětíměsíčních teplo-studených variant stratifikace testovány 2 varianty spojené s ošetřením v roztoku kyseliny giberelové (GA_3) o koncentraci 1 000 mg/l vody a 2 varianty spojené s ošetřením semen v roztoku saponátu (10 ml na 1 l vody), kdy tyto roztoky nahrazovaly vodu při 24hodinovém máčení semen před vložením do stratifikace (při použití saponátu byla semena před stratifikací propláchnuta v čisté vodě). Saponátový roztok zmíněné koncentrace byl použit ještě u dalších 2 variant předsevní přípravy. V prvním případě byla semena máčena v tomto roztoku po dobu 1 týdne při 0 - 5 °C, pak následovalo propláchnutí ve vodě a pětíměsíční studená stratifikace (0 - 5 °C). U druhé varianty byla semena

namísto stratifikace máčena ve vodě při 0 - 5 °C po dobu 1 měsíce před plánovaným začátkem zkoušky klíčivosti, během tohoto máčení se vždy 1x týdně proplachovala v roztoku saponátu po dobu přibližně 10 minut.

Hodnocení vzházivosti nestratifikovaných semen po podzimní síji (kontrola 1)

- Pokus 2004 – ptačí zob, kalina, brslen

Na konci října 2004 (tab. 1) bylo vyseto 200 či 400 vyluštěných semen všech oddílů (bez opakování) do nádob se zahradnickým substrátem, které byly umístěny ve venkovních podmínkách. Vzházivost se hodnotila každé 2 týdny od května do září 2005. Za vzešlé byly považovány semenáčky s prvními asimilačními listy. Po zaevidování byly tyto semenáčky odšťihávány. Přeležená semena byla ponechána přes zimu 2005 - 2006 v nádobách na záhonech, hodnocení vzházivosti pokračovalo na jaře 2006.

- Pokus 2005 – kalina, brslen

Na přelomu října a listopadu 2005 bylo vyseto 100 semen z každého oddílu do nádob se zahradnickým substrátem, umístěných ve venkovních podmínkách. Semena obou oddílů kaliny z vlastního sběru byla vyseta i s oplodím. U jednoho oddílu kaliny a jednoho oddílu brslenu bylo navíc 100 semen i s oplodím vyseto již v srpnu (za zelena) (tab. 1). Hodnocení vzešlých semenáčků probíhalo od května do září 2006, postup při hodnocení byl obdobný jako v roce 2004.

Hodnocení klíčivosti nestratifikovaných semen (kontrola 2)

- Pokus 2004 - ptačí zob

V březnu 2005 bylo 200 nestratifikovaných semen z každého oddílu ptačího zobu zaklíčeno v nádobách se substrátem (písek : rašelina

v poměru 1 : 1) v klíčí skřini při teplotě 20 °C. Klíčivost semen se hodnotila každý týden. Po 2 měsících byla nevyklíčená semena vyseta spolu se stratifikovanými semeny do nádob ve skleníku, kde až do září 2005 pokračovalo hodnocení klíčivosti při neregulované teplotě. Vyklíčená semena zde byla vybírána každé 2 týdny.

Vyhodnocení dat

- Pokus 2004

Pro každou variantu stratifikace bylo v rámci jednoho oddílu použito pouze jedno opakování, statistické vyhodnocení těchto pokusů nebylo tedy možno provést.

- Pokus 2005

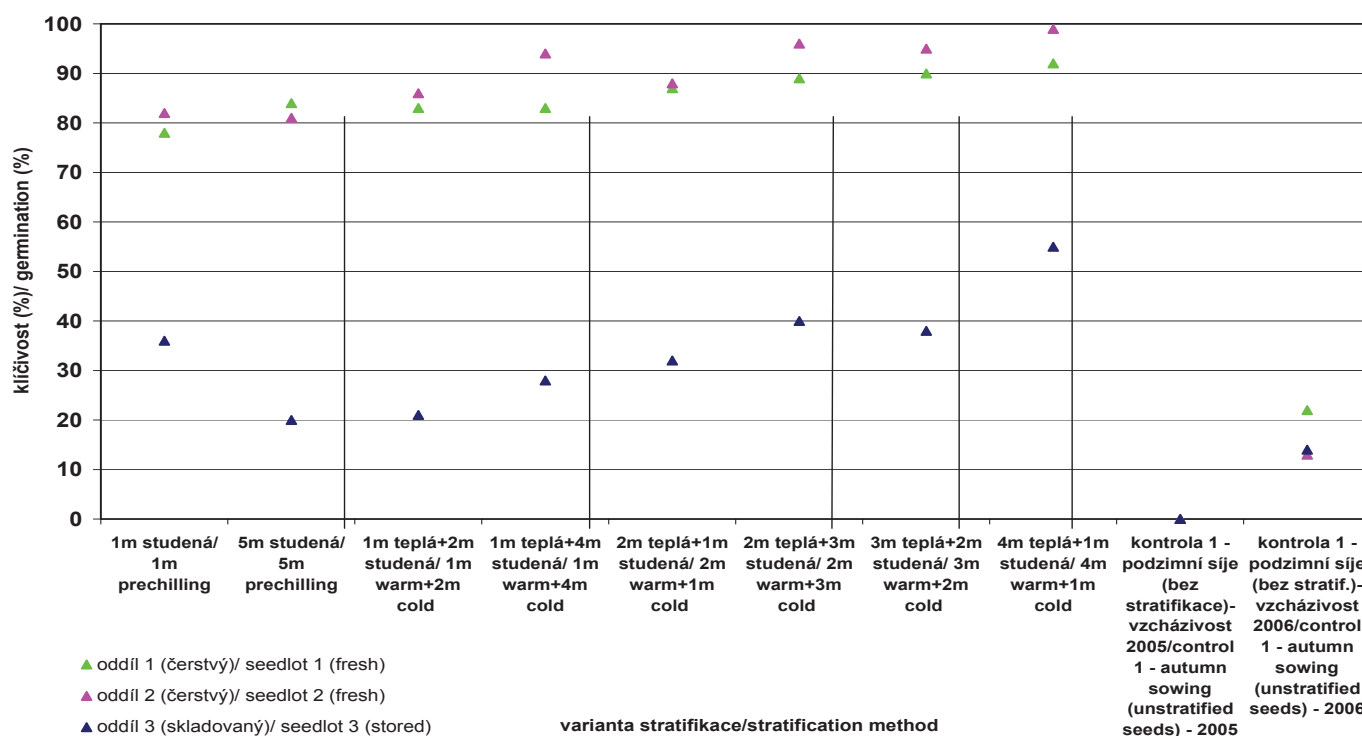
Pro jednotlivá 4 opakování jedné varianty stratifikace v rámci daného oddílu byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Ke zhodnocení významnosti vlivu varianty stratifikace a lokality na klíčivost semen byla použita dvoufaktorová ANOVA s Scheffého testem vícenásobného porovnání. Statistické výpočty byly provedeny pomocí softwaru STATISTICA 7.0.

VÝSLEDKY

Ptačí zob

Životnost semen všech 4 použitých oddílů, stanovená vitálním barvením před zahájením pokusů, dosahovala 73 - 91 %. Absolutní hmotnost semen se pohybovala od 17 do 25 g (tab. 1).

U čerstvého osiva vyklíčilo po stratifikaci 41 – 96 % semen (graf 1a). Výrazné rozdíly v klíčení po různých variantách stratifikace se neprojevovaly. Z hlediska celkového počtu vyklíčených semen byla reakce na studenou i teplo-studenou stratifikaci (s teplotou 20 °C při teplé fázi) srovnatelná, velký vliv neměla ani celková délka stratifikace.

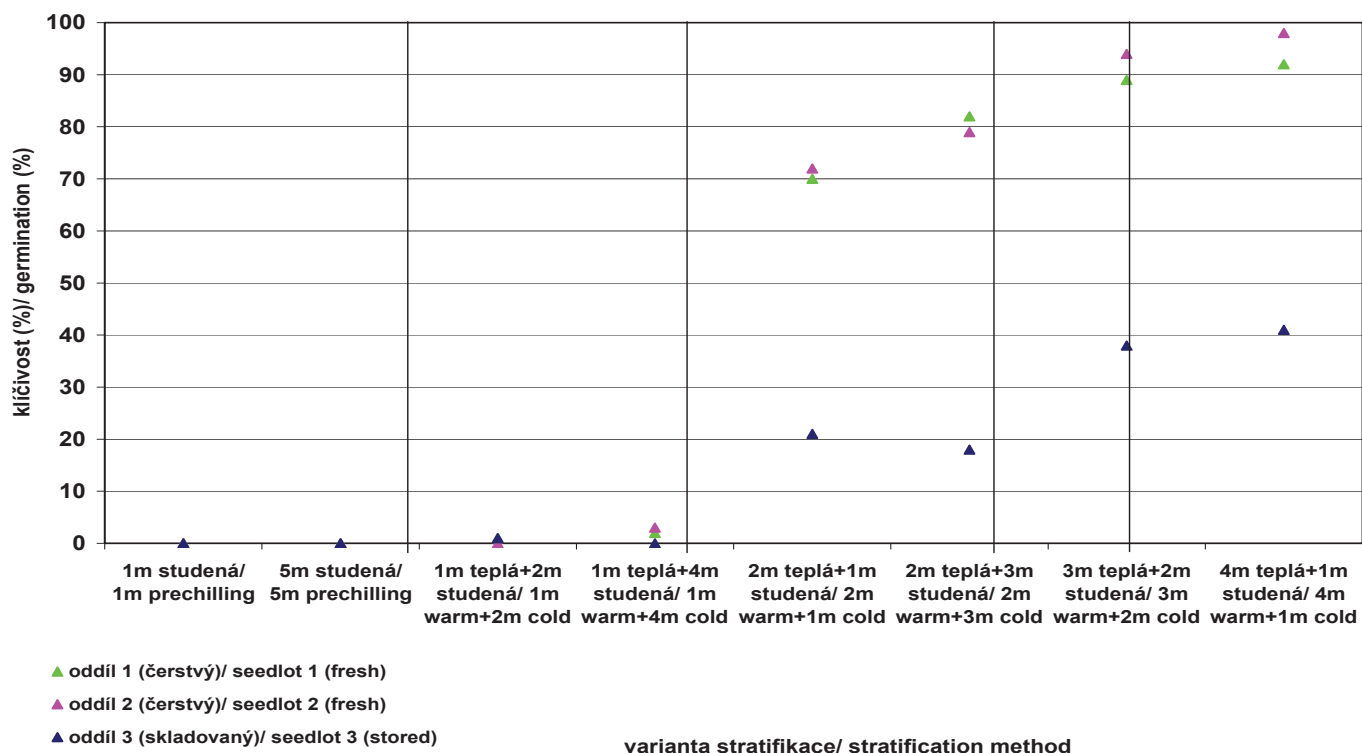


Graf 2a.

Celkové množství semen kaliny obecné vyklíčených po různých variantách stratifikace (pokus 2004)

Total germination capacity of *Viburnum opulus* seeds subjected to various stratification methods - (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

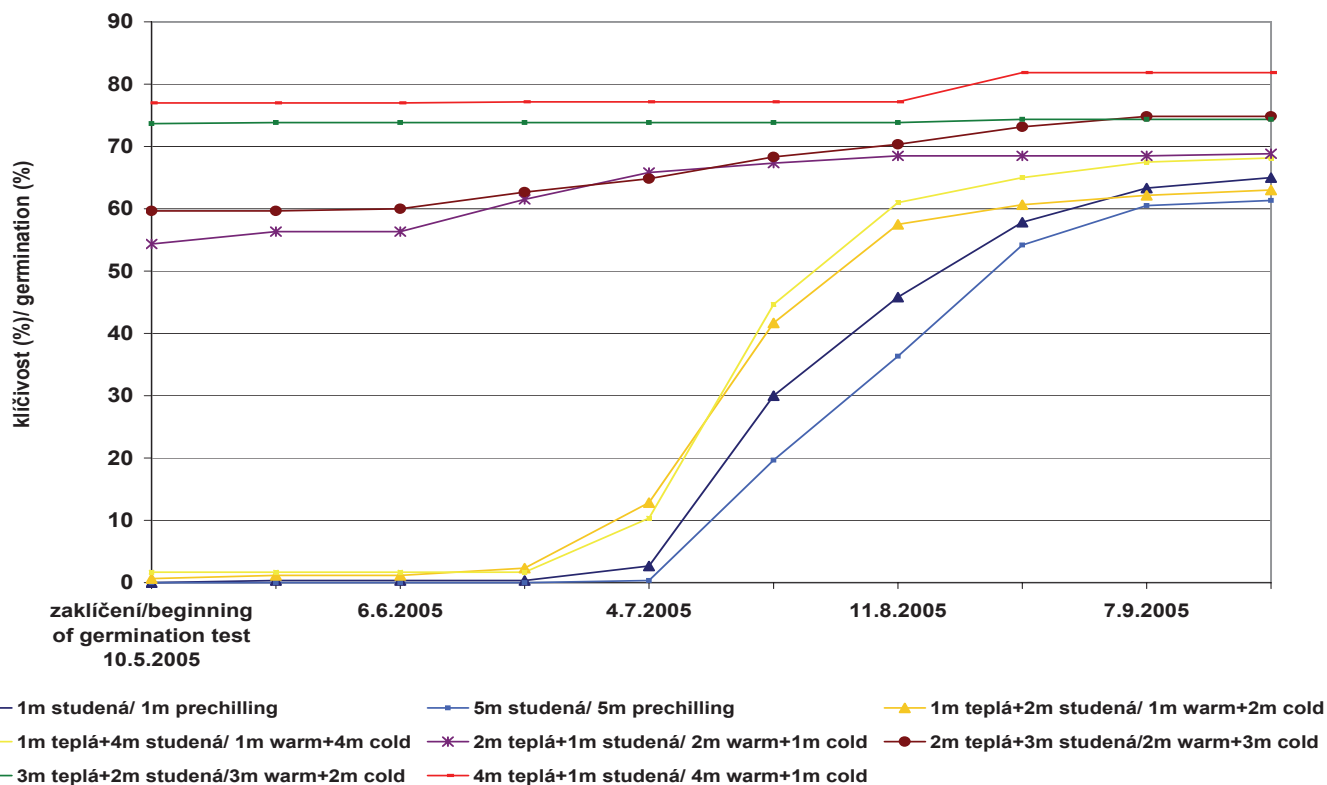


Graf 2b.

Množství semen kaliny obecné vyklíčených v průběhu stratifikace (pokus 2004)

The number of *Viburnum opulus* seeds germinated during stratification (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month



Graf 2c.

Průběh klíčení semen kaliny obecné po různých variantách stratifikace (pokus 2004)

Germination process of *Viburnum opulus* seeds subjected to various stratification methods (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

Za relativně nejúčinnější lze označit 5měsíční stratifikaci se střídáním čtrnáctidenních teplých a jednoměsíčních studených fází, kdy u všech tří čerstvých oddílů vyklíčilo minimálně 85 % semen.

U skladovaného osiva (graf 1b) se klíčivost pohybovala v rozmezí 48 - 86 %. O něco více semen přitom vyklíčilo po stratifikacích s alespoň jednoměsíční teplou fází (59 - 86 %) oproti samotnému předchlazení či variantám s kratší teplou fází (48 - 72 %).

Graf 1c ukazuje množství semen, která vyklíčila již během předosevní přípravy. Tato předčasná klíčivost se zvyšovala s prodlužováním teplé fáze, naopak při samotném předchlazení byla nulová. Nejvíce semen vyklíčilo během střídavé stratifikace, přičemž u čerstvých oddílů klíčila semena hromadněji od 2. teplé fáze (přibližně po 6 týdnech stratifikace), u skladovaného oddílu již od 1. teplé fáze (po 2 týdnech stratifikace). Klíčivost ve stratifikaci byla u skladovaných semen vyšší oproti čerstvým semenům. Průběh klíčení od zahájení zkoušky klíčivosti je zachycen v grafu 1d (křivky vyjadřující průběh klíčení po jednotlivých variantách stratifikace byly u všech 4 oddílů velmi podobné, pro větší přehlednost byla proto data zprůměrována do 1 grafu). Po zahájení zkoušky vyklíčila většina semen do 6 týdnů. Semena po studené stratifikaci klíčila tím rychleji, čím déle byla předchlazována.

Účinky teplot 15 °C a 20 °C (při teplé fázi stratifikace) byly vzájemně srovnatelné, nižší teplota pouze mírně omezila klíčivost ve stratifikaci. Po inkubaci semen ve 30 °C došlo k výraznému snížení celkové klíčivosti (data nepublikována, testováno pouze u 2 oddílů).

U kontrolní varianty (kontrola 2 - nestratifikovaná semena, zaklíčená po dobu 2 měsíců ve 20 °C a následně ve skleníku bez regulované teploty) vyklíčilo u čerstvých oddílů 42 - 49 % semen (z toho v první fázi při kontrolované teplotě pouze 11 - 20 %), u skladovaného oddílu to bylo 63 % semen (za kontrolované teploty 46 %). Konečné klíčivosti bylo dosaženo vždy přibližně až po 4 měsících od zaklíčení (graf 1a, b, d).

Vzcházivost nestratifikovaných semen po podzimním výsevu (kontrola 1) se u 3 čerstvých oddílů pohybovala od 77 do 84 %, u skladovaného oddílu vzešlo 66 % semen (graf 1a, b). Většina semenáčků vzešla do konce května 2005 (první jaro po výsevu).

Kalina obecná

• Pokus 2004

Semena 3 použitých oddílů měla životnost 81 - 98 %, absolutní hmotnost se pohybovala v rozmezí 29 - 35 g.

Klíčivost po stratifikaci u čerstvých oddílů dosahovala 78 - 98 %, u skladovaného oddílu 20 - 55 % (graf 2a). Celkové množství vyklíčených semen se zpravidla zvyšovalo s prodlužováním délky stratifikace a zároveň s prodlužováním délky teplé fáze. U všech oddílů vyklíčilo tedy nejvíce semen po 5měsíční teplo-studené stratifikaci se 4měsíční teplou fází (u obou čerstvých oddílů nad 90 %, u skladovaného oddílu 55 % semen).

V grafu 2b je zachyceno množství semen vyklíčených v průběhu stratifikace. Semena klíčila převážně během teplé fáze (již ve druhém měsíci), s jejím prodlužováním se množství předčasně vyklíčených semen zvyšovalo. Pokud teplá fáze stratifikace trvala 3 nebo 4 měsíce, vyklíčila většina semen ještě před zahájením vlastní zkoušky klíčivosti. Naopak při samotném předchlazení či stratifikaci s jednoměsíční teplou fází byla předčasná klíčivost téměř nulová. Semena v tomto případě začala klíčit až zhruba po 6 týdnech od zaklíčení ve skleníku (koncem června 2005) a naklíčovala postupně až do počátku září (graf 2c – data všech 3 oddílů byla opět vzhledem k podobnosti křivek zprůměrována do jednoho grafu).

V pokusu bylo testováno i několik střídavých variant stratifikací (se změnou teplé a studené fáze po 1, 2 či 3 měsících), žádná z nich však nepřinesla lepší výsledky než stejně dlouhá dvoufázová stratifikace. Také inkubace při 15 či 30 °C (namísto 20 °C) během teplé stratifikace neměla na klíčivost pozitivní vliv. Určitou výjimkou byla střídavá stratifikace se změnou teplé a studené fáze po 1 měsíci a teplotou 30 °C při teplé fázi, kdy celková klíčivost byla srovnatelná s dvoufázovou stratifikací s teplou fází probíhající při 20 °C (vyklíčilo přes 90 % semen), avšak na rozdíl od této dvoufázové stratifikace se zabránilo předčasnému klíčení (data nepublikována, testováno pouze u jednoho oddílu).

Vzcházivost nestratifikovaných semen (kontrola 1) na jaře v prvním roce (2005) po okamžitém podzimním výsevu byla u všech 3 testovaných oddílů nulová, semena vzcházela až během května 2006. Tato vzcházivost byla ovšem velmi nízká (13 - 22 %) ve srovnání s dosaženou klíčivostí po stratifikaci (graf 2a).

• Pokus 2005

Testované oddíly měly životnost 21, 64 a 96 %, absolutní hmotnost se pohybovala v rozmezí 34 - 38 g. Obsah vody u 2 oddílů těsně po sběru činil 32 %, oddíl získaný od dodavatele měl 13% vlhkost (tab. 1).

Graf 3a zachycuje celkové množství vyklíčených semen pro jednotlivé oddíly a varianty stratifikace. U oddílu s 21% životností byla po předchlazení či krátké 3měsíční teplo-studené stratifikaci s jednoměsíční teplou fází klíčivost obzvláště nízká (2 - 8 %). Po delších 5měsíčních teplo-studených stratifikacích vyklíčilo 13 - 14 % semen. Semena s životností 64 a 96 % klíčila naopak nejlépe po samotném předchlazení nebo teplo-studené stratifikaci s krátkou teplou fází (76 - 94 %), zatímco po prodloužení teplé fáze stratifikace na 2 či 4 měsíce celková klíčivost poklesla (60 - 77 %). Zmiňované rozdíly v klíčivosti po různých variantách stratifikace nebyly statistickými testy prokázány jako významné, statisticky významný byl pouze rozdíl mezi klíčivostí semen nejméně kvalitního oddílu a klíčivostí semen dalších 2 oddílů s vyšší životností (po všech variantách stratifikace).

Prodloužení teplé stratifikace na 2 - 4 měsíce urychlilo klíčení semen. Semena s 96% životností klíčila již po 2 měsících stratifikace ve 20 °C, zatímco po samotném chlazení či stratifikaci s jednoměsíční teplou fází až během 2. a 3. měsíce po zaklíčení (červenec, srpen – graf 3c). Podobně semena s 64% životností, pokud prošla delší teplou stratifikací, vyklíčila hned 1. měsíc po zaklíčení (v červnu), a až v srpnu a září, pokud nebyla v teple stratifikována vůbec nebo pouze 1 měsíc (graf 3b). Semena s nejnižší životností (21 %) klíčila ve všech případech až od 2. poloviny srpna.

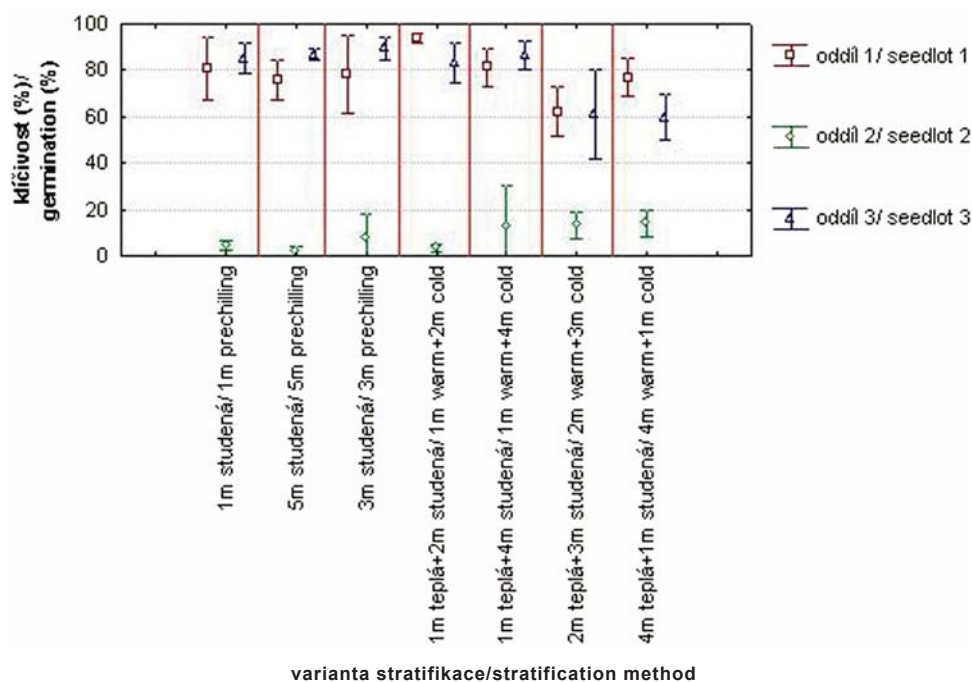
Vzcházivost nestratifikovaných semen na jaře 2006 po okamžitém podzimním výsevu (kontrola 1) byla u všech 3 testovaných oddílů nulová. Pouze u oddílu 1 v červnu 2006 vzešlo 14 % semen vyšetých za zelena (tj. na počátku srpna 2005; u dalších 2 oddílů proběhl výsev pouze v říjnu).

Brslen evropský

• Pokus 2004

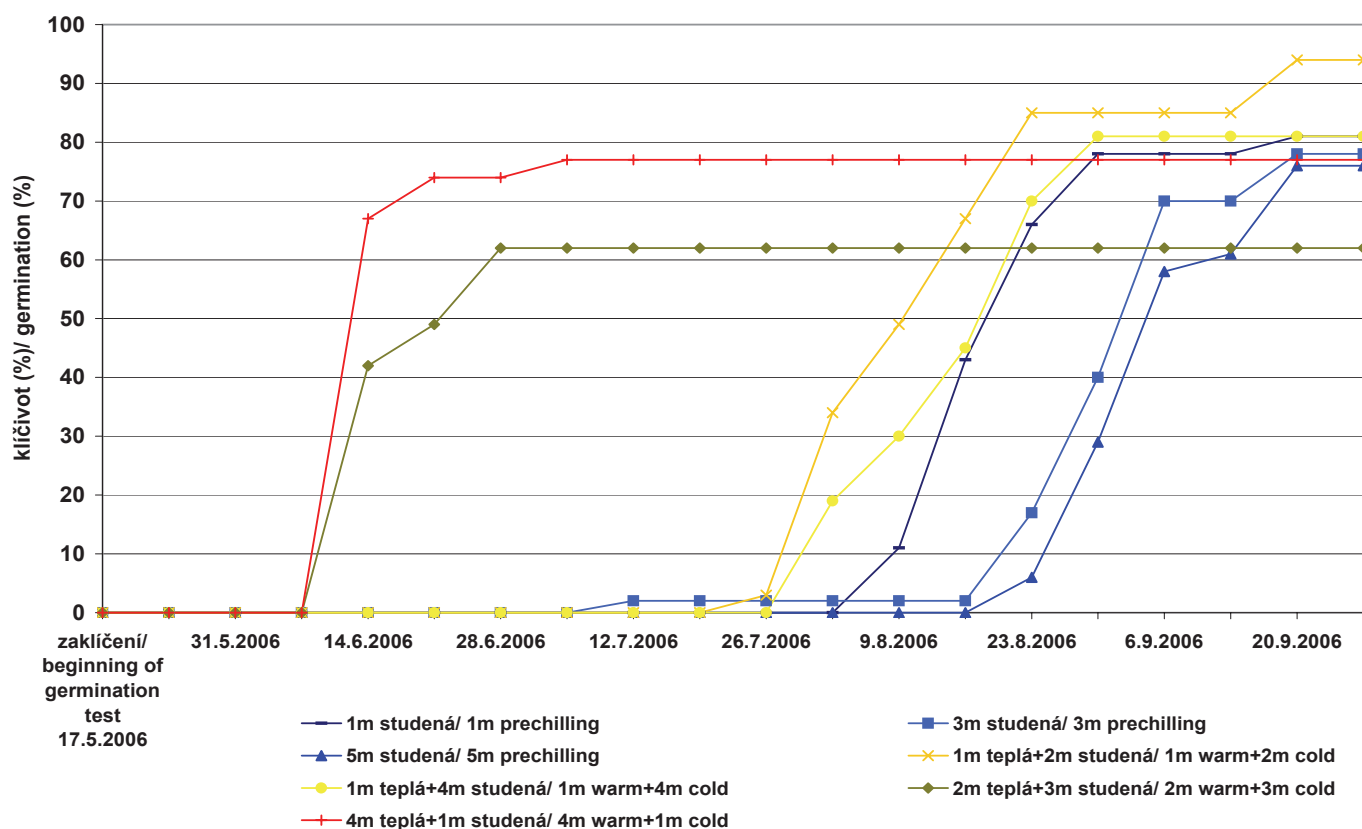
Životnost semen všech použitých oddílů se pohybovala mezi 90 - 98 %, absolutní hmotnost kolísala od 66 do 93 g.

Semena všech variant začala klíčit již během prvního měsíce po zaklíčení, celková klíčivost dosažená po různých variantách stratifikace byla však velmi nízká (graf 4a). Nejlepší účinky měla 5měsíční teplo-studená stratifikace s jednoměsíční teplou fází (9 a 40 % semen u oddílů s vyšší životností). Horších výsledků bylo dosaženo po kratší stratifikaci, po stratifikaci s delší teplou fází nebo



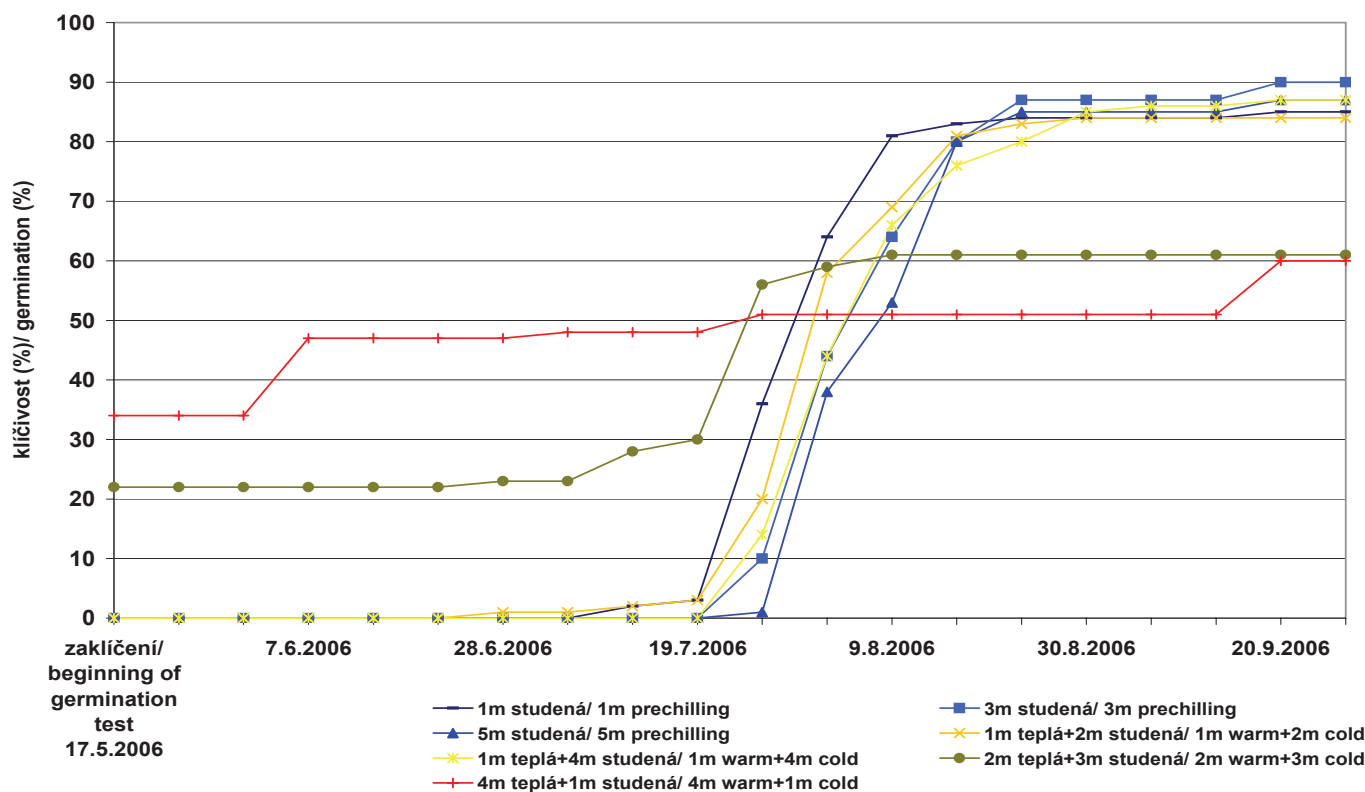
Graf 3a.

Celkové množství semen kaliny obecné vyklíčených po různých variantách stratifikace (pokus 2005) (průměr ± směrodatná odchylka)
 Total germination capacity of *Viburnum opulus* seeds subjected to various stratification methods (experiment 2005) (mean ± standard deviation)
 Vysvětlivky: m = měsíc/m = month



Graf 3b.

Množství semen kaliny obecné vyklíčených v průběhu stratifikace – oddíl 1 (pokus 2005)
 The number of *Viburnum opulus* seeds germinated during stratification – seedlot 1 (experiment 2005)
 Vysvětlivky: m = měsíc/m = month



Graf 3c.

Množství semen kaliny obecné vyklíčených v průběhu stratifikace – oddíl 3 (pokus 2005)

The number of *Viburnum opulus* seeds germinated during stratification – seedlot 3 (experiment 2005)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month

naopak po samotném předchlazení. Skladované osivo mělo v prvním roce klíčivost nulovou. Určitá část semen všech 3 oddílů vyklíčila ještě další rok (2006), celková klíčivost však zůstala nízká – 2 - 47 % (graf 4b). Teplota 15 °C nebo 30 °C při teplé fázi stratifikace měla srovnatelný efekt jako 20 °C, neosvědčilo se ani střídání teplých a studených fází stratifikace po 1 měsíci či samotná teplá stratifikace (data nepublikována, testováno pouze u některých oddílů).

Nízká byla i vzházivost nestratifikovaného osiva po podzimním výsevu (kontrola 1). V prvním roce (jaro 2005) vzešlo u jednotlivých oddílů 0 - 25 % semen. Celková vzházivost po 2 letech (2005 + 2006) dosahovala pak 2 - 43 %.

• Pokus 2005

Semena testovaných oddílů měla životnost 86 - 97 %, absolutní hmotnost 53 - 65 g a obsah vody 12 - 34 % (tab. 1).

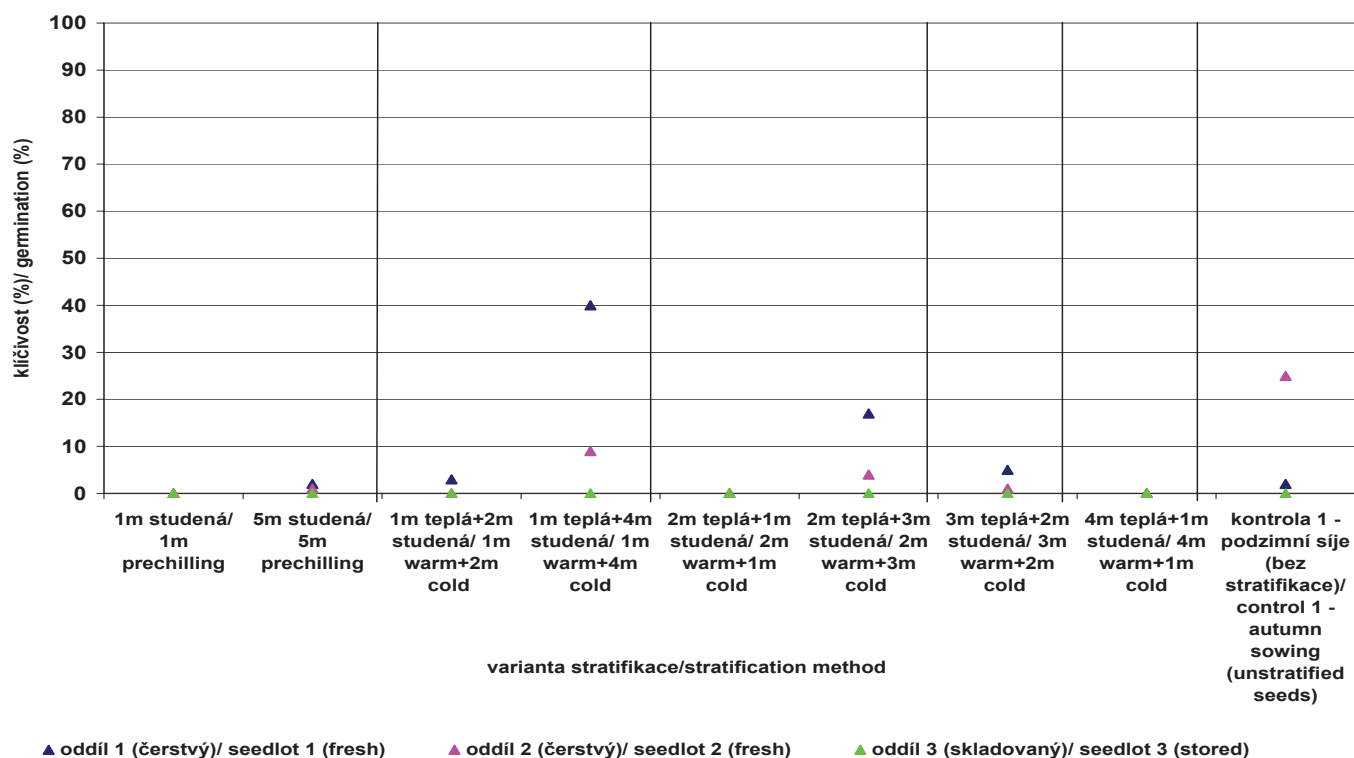
Vzházivost nestratifikovaných semen na jaře 2006 po okamžitém podzimním výsevu byla u všech oddílů nulová. Velmi nízká byla také klíčivost stratifikovaných semen (graf 5). Po teplo-studené stratifikaci s jednoměsíční teplou fází (nejúčinnější varianta v pokusu 2004) vyklíčilo pouze 4 - 14 % semen, u varianty s 2měsíční teplou fází to byla maximálně 3 %. U semen hydratovaných v kyselině giberelové se klíčivost po stratifikaci s kratší teplou fází zvýšila na 22 - 47 %, u varianty s delší teplou fází na 6 - 8 %; takto ošetřená semena klíčila zčásti již ve stratifikaci během posledního měsíce chlazení. Hydratace semen v roztoku saponátu před stratifikací měla víceméně stejný účinek jako hydratace ve vodě. U dalších 2 variant předosevní přípravy, spojených s máčením v saponátu a chlazením, nevyklíčila žádná semena.

Statistické testy prokázaly významný rozdíl mezi klíčivostí semen po aplikaci GA_3 spojené se stratifikací s kratší teplou fází a klíčivostí po ostatních variantách stratifikace. U oddílu s nejnižší klíčivostí byl významný pouze rozdíl mezi nejlepší variantou s GA_3 a variantami s hydratací ve vodě či detergentu, kde byla klíčivost nulová.

DISKUSE

Ptačí zob

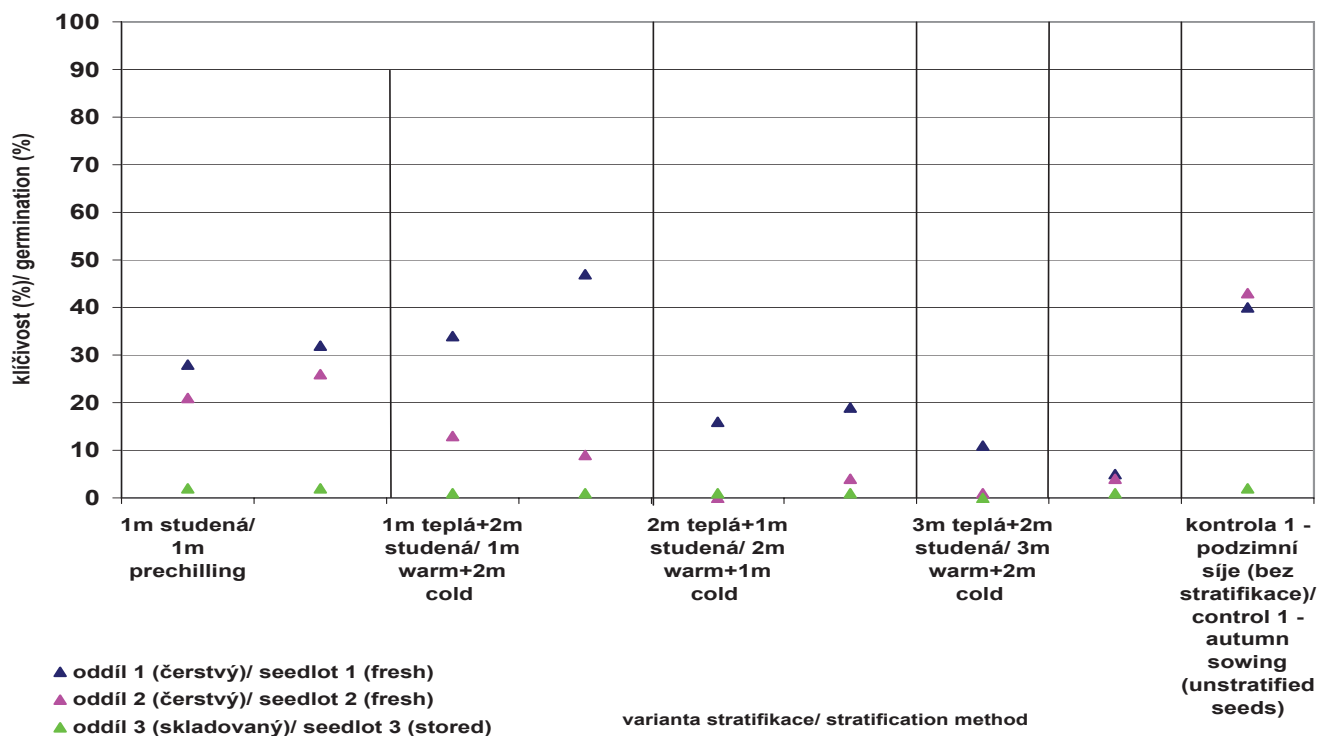
Semena ptačího zobu se obvykle doporučuje před výsevem stratifikovat při nízkých teplotách (ŠNAJPERK 1954, WALTER 1978, LARSON 1998, MARZIALETTI 1999, BURKART 2000), podle SHUMLIN (1949 ex RUDOLF 1974) je vhodná i teplo-studená stratifikace s 2týdenní teplou fází. Samotné chlazení se ukázalo v našich pokusech jako optimální. Dosažená klíčivost byla srovnatelná s teplo-studenými variantami, na rozdíl od nich však nedocházelo k předčasnému klíčení, které může být vzhledem k možnému poškození klíčku při strojovém výsevu nežádoucí. Naklíčování semen ve stratifikaci umožnila dostatečná teplota (20 °C) při teplých fázích, spojená s vysokým obsahem vody (okolo 50 %) v plně hydratovaných semenech. Většinou se doporučuje semena předchlazovat po dobu 2 - 3 měsíců (ŠNAJPERK 1954, YOUNG, YOUNG 1992, HEES-BOUKEMA 1993, MARZIALETTI 1999), příp. až 9 měsíců (LARSON 1998). V našich pokusech nebyly z hlediska celkového počtu vyklíčených semen pozorovány výraznější rozdíly po jednoměsíčním a 5měsíčním chlazení, delší studená stratifikace je však vhodnější pro urychlení vzházivosti semen po výsevu.



Graf 4a.

Celkové množství semen brslenu evropského vyklíčených po různých variantách stratifikace v prvním roce zkoušky klíčivosti (pokus 2004)
Total germination capacity of *Euonymus europaeus* seeds subjected to various stratification methods, in the first year of the germination test (experiment 2004)

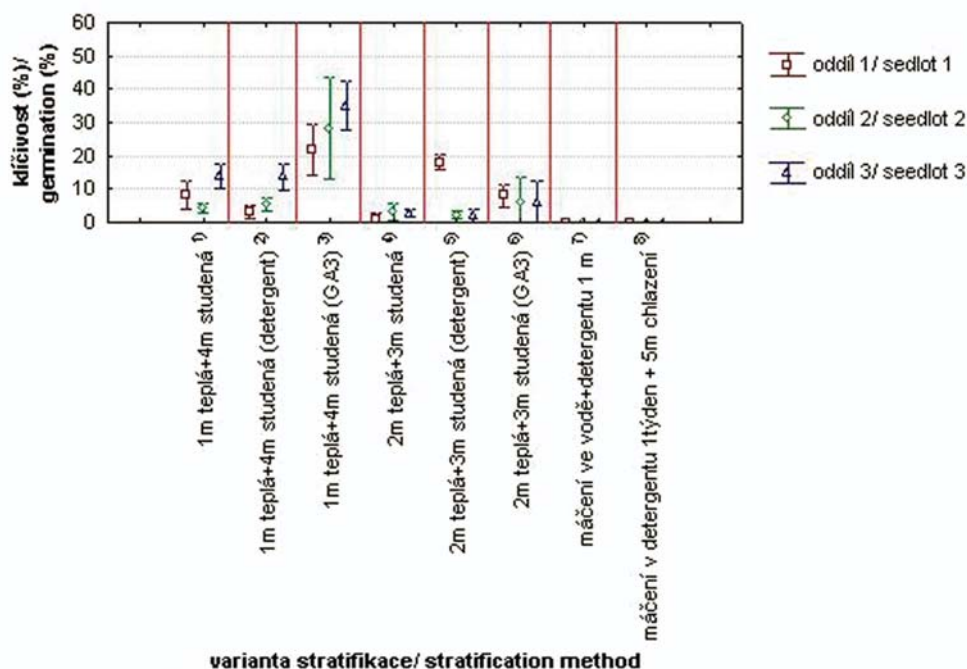
Vysvětlivky: m = měsíc / m = month



Graf 4b.

Celkové množství semen brslenu evropského vyklíčených po různých variantách stratifikace ve druhém roce zkoušky klíčivosti (pokus 2004)
Total germination capacity of *Euonymus europaeus* seeds subjected to various stratification methods, in the second year of the germination test (experiment 2004)

Vysvětlivky: m = měsíc / m = month



Graf 5.

Celkové množství semen brslenu evropského vyklíčených po různých variantách stratifikace (pokus 2005) (průměr ± směrodatná odchylka)
Total germination capacity of *Euonymus europaeus* seeds subjected to various stratification methods (experiment 2005) (mean ± standard deviation)

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month; ¹1m warm+4m cold; ²1m warm+4m cold (detergent); ³1m warm+4m cold (GA₃); ⁴2m warm+3m cold; ⁵2m warm+3m cold (detergent); ⁶2m warm+3m cold (GA₃); ⁷Washing in water and detergent for 1m; ⁸Washing in detergent for 1 week +5m chilling

Nestratifikované osivo klíčilo podstatně hůře než osivo alespoň krátce předchlazené. Přesto po 2 měsících inkubace nestratifikovaných semen ve 20 °C vyklíčilo u jednotlivých oddílů 11 - 46 % semen. Zřejmě tedy každý oddíl obsahoval semena s různou hloubkou dormance a některá semena i zcela nedormantní, schopná vyklíčit bez jakékoliv stratifikace. Slabší klíční klid se projevil zejména u skladovaného oddílu. Klíčivost skladovaných nestratifikovaných semen po 2 měsících ve 20 °C dosahovala mnohem vyšších hodnot než u čerstvých oddílů a byla srovnatelná s klíčivostí předchlazeného osiva. U tohoto skladovaného oddílu vyklíčil také velký podíl semen v samotném průběhu teplo-studených stratifikací, a to již hned na jejich počátku. Vliv inhibitorů byl tedy zřejmě u tohoto oddílu z velké části odbourán již během skladování při nízké teplotě.

Samotná studená stratifikace je z praktického hlediska nenáročná a zaručuje jednotné vzházení po výsevu. Je-li však žádoucí, aby semena začala klíčit co nejdříve (např. pro postupný výsev naklíčených semen ve skleníku), měla by stratifikace probíhat za střídání nižších (0 - 5 °C) a vyšších (15 - 20 °C) teplot. Studené fáze umožňují postupné odbourávání vlivu inhibitorů u semen s různou hloubkou klíčního klidu, vložené teplé fáze pak okamžité naklíčování těchto semen. Výhodou pak je, že méně dormantní či nedormantní semena neztrácejí zbytečně svou vitalitu dlouhou stratifikací. Střídání teplých a studených fází se skutečně ukázalo zvláště vhodné u dlouhodobě skladovaného oddílu, tj. u semen zřejmě méně vitálních a zároveň méně dormantních.

Vzháživost nestratifikovaného osiva po podzimním výsevu byla u čerstvých oddílů srovnatelná s klíčivostí po stratifikaci. O něco výraznější rozdíl mezi nejlepšími variantami stratifikace (tj. zvláště střídavými, teplo-studenými variantami) a vzháživostí po podzim-

ním výsevu byl patrný pouze u skladovaného oddílu. Nižší vzháživost tohoto skladovaného osiva lze zřejmě opět vysvětlit tím, že nízké zimní teploty sice odbouraly klíční klid u dormantních semen, zároveň však část semen nedormantních ztratila do jara svou životnost.

Kalina obecná

Většina autorů doporučuje pro semena kaliny teplo-studenou stratifikaci, s 2 - 9měsíční teplotou a 1 - 9měsíční studenou fází (VINCENT 1965, ELLIS et al. 1985 ex SCHUBERT 199-, DIRR, HEUSER 1987, LARSON 1998, AGATE 2003). V našich prvních pokusech (2004) byla 5měsíční teplo-studená stratifikace se 4měsíční teplotou fází účinnější oproti stratifikacím s kratší nebo žádnou teplotou fází, v dalších pokusech (2005) tomu bylo u 2 ze 3 oddílů naopak. Požadavky na délku teplé stratifikace se zřejmě odvíjejí od průběhu počasí během zrání semen (např. v roce 2004 byla podle údajů z ČHMÚ teplota v září podprůměrná oproti dlouhodobému normálu, v roce 2005 nadprůměrná) i od vlastností každého oddílu daných jeho původem. Vliv může mít i doba sběru – v roce 2004 byla semena sbírána na přelomu září a října, v roce 2005 proběhl sběr až ve druhé polovině října. Každopádně je zřejmé, že semena kaliny potřebují k vyklíčení určitou dobu inkubace v teple (nutném pro vývin radikuly), zatímco následné chlazení nemusí být nezbytné – u teplo-studených stratifikací s dlouhou teplotou fází vyklíčila většina semen již během této teplé fáze, tj. ještě než prošla následným chlazením. Naopak semena inkubovaná v teple kratší dobu či semena pouze předchlazovaná neklíčila na jaře po stratifikaci ihned, ale až během července až září, tedy až poté, co byla vystavena vyšším letním teplotám.

Tab. 1.

Charakteristika použitého osiva
Characteristics of the seed used

Dřevina/ Shrub species	Oddíl/ Seedlot	Sběr/ Collection	Venkovní výsev bez stratifikace/ Outdoor sowing without stratification	Obsah vody(%)/ Moisture content (%)	Životnost(%)/ Viability (%)	Absolutní hmotnost (g)/ 1,000 seeds weight (g)	
Pokusy zahájené v roce 2004/Experiments begun in 2004							
<i>Ligustrum vulgare</i>	1 ¹⁾	Bzenec	28. 9. 2004	26. 10. 2004	-	77	21,4
	2 ¹⁾	Brno	10. 10. 2004	26. 10. 2004	-	91	24,7
	3 ¹⁾	Mařatice	10. 10. 2004	26. 10. 2004	-	88	16,9
	4 ²⁾	PLO 17	2000	26. 10. 2004	9,0	73	18,0
<i>Viburnum opulus</i>	1 ¹⁾	Kolébky	28. 9. 2004	26. 10. 2004	-	94	29,2
	2 ²⁾	PLO 28	2. 10. 2004	26. 10. 2004	-	81	34,3
	3 ²⁾	PLO 17	2001	26. 10. 2004	11,0	98	34,8
<i>Euonymus europaeus</i>	1 ¹⁾	Letovice	9. 10. 2004	26. 10. 2004	-	97	65,5
	2 ²⁾	PLO 28	5. 10. 2004	26. 10. 2004	-	98	93,1
	3 ²⁾	PLO 17	2002	26. 10. 2004	5,2	90	72,9
Pokusy zahájené v roce 2005/Experiments begun in 2005							
<i>Viburnum opulus</i>	1 ¹⁾	Salaš 1	1.8., 24.8.,18.10.2005	2.8.3), 26.8.3), 27.10.20052)	31, 8 (sběr 18. 10.)/ (collection 18.10.)	64	38,0
	2 ¹⁾	Salaš 2	21. 10. 2005	27.10.2005.3),	32,1	21	35,5
	3 ²⁾	PLO 28	31. 10. 2005	10.11.2005	12,5	96	33,6
<i>Euonymus europaeus</i>	1 ¹⁾	Salaš 1	25. 8., 21. 10. 2005	26. 8.3), 27. 10. 2005	32,1 (sběr 21. 10.)/ (collection 21.10.)	93	64,8
	2 ¹⁾	Salaš 2	21. 10. 2005	27. 10. 2005	34,0	86	63,3
	3 ²⁾	PLO 28	31. 10. 2005	10. 11. 2005	11,5	97	52,9

¹⁾ vlastní sběr/collected by authors; ²⁾ kupované osivo/purchased seeds; ³⁾ výsev celých plodů/sowing of unextracted seeds

Během zkoušky klíčivosti byla za vyklíčená považována semena s viditelným klíčkem. Otázkou ovšem zůstává, zda by tato semena nakonec vzešla v životaschopné semenáčky. Nestratifikovaná semena z podzimního venkovního výsevu, u kterých byla sledována skutečná vzházivost – tedy počet vzešlých semenáčků a nikoliv pouze počet naklíčených semen – měla vzházivost první rok nulovou (s výjimkou několika málo procent semen vysávaných za zelena) a také druhý rok značně nízkou. Je možné, že i tato vysetá semena v půdě vlivem vyšších teplot naklíčila, k vývinu epikotyly a celého semenáčku však již z nějakého důvodu nedošlo. Podle dostupných poznatků (BASKIN, BASKIN 2001) se u kalin projevuje hluboká epikotylová morfologicko-fyziologická dormance, kdy epikotyl se vyvíjí až v určitém časovém odstupu po vytvoření radikuly. Pro vývin radikuly potřebují semena teplou stratifikaci, stonek začíná růst po následné studené stratifikaci (BARBOUR 2004). Podobně podle BLACKA et al. (2006) je u některých druhů rodu kalin reakce epikotyly na studenou stratifikaci podmíněna přítomností kořínku; celkový vývoj semenáčku v přirozených podmínkách trvá pak u těchto druhů 2 roky. Možná tedy k vzejití semenáčků bude kalina potřebovat delší dobu, než bychom mohli na základě pouhé zkoušky klíčivosti očekávat.

Během pokusů bylo osivo stratifikováno za jeho plné hydratace. Předčasněmu klíčení se nepodařilo zcela zabránit, ani když stratifikace probíhala bez média.

Brslen evropský

Přestože průměrná klíčivost semen tohoto druhu bývá 70 - 80 % (RUDOLF 1974, ČSN 48 1211 1997), v našich pokusech dosahovala u všech oddílů podstatně nižších hodnot, a to i přes relativně vysokou potenciální životnost. Pro brslen se nejčastěji doporučuje teplo-studená stratifikace s 0,5 - 3měsíční teplou a 2 - 6měsíční studenou fází (LEHOTSKÝ ex ŠNAJPERK 1954, SCHUBERT 199-, HEES-BOUKEMA 1993, LARSON, 1998, AGATE 2003, PIOTTO, DI NOI 2003), příp. samotné chlazení v délce až 8 měsíců (MARZIALETTI 1999, BURKART 2000). V našich prvních pokusech (2004) se 5měsíční teplo-studená stratifikace s jednoměsíční teplou fází ukázala účinnější než samotné chlazení nebo stratifikace s delší teplou fází, zřejmě však ani tento způsob předosevní přípravy nelze považovat pro překonání dormance za dostačující. Část semen každého oddílu potřebovala další rok ve venkovních podmínkách, aby byla schopna vyklíčit. Stratifikace by zřejmě tedy měla být delší než pouhých 5 měsíců. Ovšem ani

Tab. 2.Přehled variant stratifikací
Summary of stratification methods

Ptačí zob obecný-pokus 2004/ <i>Ligustrum vulgare</i> - experiment 2004	Kalina obecná- pokus 2004/ <i>Viburnum opulus</i> - experiment 2004	Kalina obecná-pokus 2005/ <i>Viburnum opulus</i> - experiment 2005	Brslen evropský-pokus 2004/ <i>Euonymus europaeus</i> - experiment 2004	Brslen evropský-pokus 2005/ <i>Euonymus europaeus</i> - experiment 2005
1m studená/ 1m prechilling	1m studená/ 1m prechilling	1m studená/ 1m prechilling	1m studená/ 1m prechilling	1m teplá+4m studená/ 1m warm+4m cold
3m studená/ 3m prechilling	5m studená/ 5m prechilling	3m studená/ 3m prechilling	5m studená/ 5m prechilling	1m teplá+4m studená (detergent)/) 1m warm+ 4m cold (detergent)
5m studená/ 5m prechilling	1m teplá+2m studená/ 1m warm+2m cold	5m studená/ 5m prechilling	1m teplá+2m studená/ 1m warm+2m cold	1m teplá+4m studená (GA ₃)/ 1m warm+4m cold (GA ₃)
2t teplá+2m studená/ 2w warm+2m cold	1m teplá+4m studená/ 1m warm+4m cold	1m teplá+2m studená/ 1m warm+2m cold	1m teplá+4m studená/ 1m warm+4m cold	2m teplá+3m studená/ 2m warm+3m cold
2t teplá+4m studená/ 2w warm+4m cold	2m teplá+1m studená/ 2m warm+1m cold	1m teplá+4m studená/ 1m warm+4m cold	2m teplá+1m studená/ 2m warm+1m cold	2m teplá+3m studená (detergent)/ 2m warm+3m cold (detergent)
1m teplá+2m studená/ 1m warm+2m cold	2m teplá+3m studená/ 2m warm+3m cold	2m teplá+3m studená/ 2m warm+3m cold	2m teplá+3m studená/ 2m warm+3m cold	2m teplá+3m studená (GA ₃)/ 2m warm+3m cold (GA ₃)
1m teplá+4m studená/ 1m warm+4m cold	3m teplá+2m studená/ 3m warm+2m cold	4m teplá+1m studená/ 4m warm+1m cold	3m teplá+2m studená/ 3m warm+2m cold	máčení ve vodě+detergentu 1 m/ washing in water and detergent for 1m
5m střídavá - 2t teplá/ 1m studená/ 5m alternating – 2w warm/ 1m cold	4m teplá+1m studená/ 4m warm+1m cold		4m teplá+1m studená/ 4m warm+1m cold	máčení v detergentu 1t + 5m chlazení/ washing in detergent for 1w +5m chilling
5m střídavá - 1m teplá/ 1m studená/ 5m alternating – 1m warm/ 1m cold				
kontrola 1-podzimní sje (bez stratifikace)/ control 1-autumn sowing (unstratified seeds)	kontrola 1-podzimní sje (bez stratifikace)/ control 1- autumn sowing (unstratified seeds)	kontrola 1-podzimní sje (bez stratifikace)/ control 1- autumn sowing (unstratified seeds)	kontrola 1-podzimní sje (bez stratifikace)/ control 1- autumn sowing (unstratified seeds)	kontrola 1-podzimní sje (bez stratifikace)/ control 1- autumn sowing (unstratified seeds)
kontrola 2-zaklíčení ve 20 °C (bez stratifikace)/ control 2- germination at 20°C (unstratified seeds)				

Vysvětlivky: m = měsíc/m = month; t = týden/ w = weeks

ve druhém roce po zaklíčení nedosahovalo množství vyklíčených semen příliš vysokých hodnot. Tuto skutečnost mohla ovlivnit náchylnost semen k plísním díky dužnatému mišku, který nebyl ze semen odstraněn. Ztráta vitality se projevila zvláště při delší inkubaci semen v teple (tedy v prostředí optimálním pro rozvoj plísní), neboť ve druhém roce po zaklíčení došlo k výraznějšímu nárůstu klíčivosti pouze u semen po stratifikaci s krátkou či žádnou teplou fází. Takto stratifikovaná semena si zřejmě lépe udržela svou životaschopnost a po překonání dormance vlivem venkovních podmínek byla schopna vyklíčit.

Podle DENA (1993) se pro překonání klíčního klidu osvědčilo máčet semena brslenu ve vodě po dobu jednoho měsíce za současného několikanásobného proplachování v detergentu (saponátu) 1x týdně. Po následné venkovní stratifikaci mělo pak vyklíčit více semen než po teplo-studené stratifikaci či venkovní stratifikaci s předchozím máčením semen pouze ve vodě. V našich pokusech ošetření semen v saponátu, spojené s chlazením či teplo-studenou stratifikací, nepřineslo žádné pozitivní výsledky.

Klíčivost se podařilo výrazněji zvýšit pouze po teplo-studené stratifikaci s jednoměsíční teplou fází, spojené s hydratací semen v roztoku kyseliny giberelové. Hladina giberelinů v semenech se samovolně zvyšuje během studené stratifikace. Gibereliny indukují v semeni tvorbu hydrolytických enzymů, které rozkládají zásobní cukry a bílkoviny a podporují tak růst embrya (opačný vliv na hydrolytické enzymy má kyselina abscisová, jež se naopak během studené stratifikace odbourává). Exogenní aplikace kyseliny giberelové může tedy zčásti nahrazovat studenou stratifikaci semen, stimuluje však i klíčivost nedormantních semen (PROCHÁZKA, ŠEBÁNEK et al. 1997). Výsledek pokusu s GA₃ naznačuje, že potenciální klíčivost semen brslenu byla u jednotlivých oddílů minimálně 3x vyšší než klíčivost dosažená po klasické 5měsíční teplo-studené stratifikaci s krátkou teplou fází, která se v prvních pokusech prokázala jako neúčinnější.

SHRNUTÍ A ZÁVĚRY

Ptačí zob

- Vzházivost čerstvých i skladovaných semen po podzimním výsevu byla srovnatelná s klíčovostí stratifikovaných semen.
- Pro jarní výsev je optimální osivo přes zimu předchladit. Skladovaná semena reagují dobře na střídavou teplo-studenou stratifikaci, se změnou teplých (15 - 20 °C) a studených (0 - 5 °C) fází po 1 měsíci.
- Při stratifikaci se substrátem, není-li možné regulovat obsah vody v semenech, dochází u teplo-studených variant stratifikace k předčasnému klíčení semen.

Kalina obecná

- Klíčivost čerstvých i skladovaných stratifikovaných semen byla výrazně vyšší oproti vzházivosti po podzimním výsevu.
- Semena naklíčují vždy po určité době působení vyšších teplot.
- Je třeba ověřit skutečnou vzházivost semen po stratifikaci.

Brslen evropský

- Klíčivost stratifikovaných semen, stejně jako vzházivost po podzimním výsevu, byla velmi nízká.
- Semena reagují nejlépe na teplo-studenou stratifikaci s krátkou (jednoměsíční) teplou fází, z hlediska celkové délky je však zřejmě 5měsíční stratifikace nedostatečná.
- Hydratace semen v roztoku kyseliny giberelové (1 000 mg/l l vody) před stratifikací vede ke zvýšení klíčovosti semen.

Poděkování:

Práce je finančně podporována Ministerstvem zemědělství a vznikla jako součást výzkumného záměru MZe č. 0002070202 „Šlechtění lesních dřevin a záchrana genových zdrojů cenných a ohrožených populací, včetně využití biotechnologických postupů, metod molekulární biologie a poznatků lesního semenářství v lesním hospodářství“, část DZ 06.03 „Studium metod skladování předsevní přípravy a hodnocení jakosti semen keřů a dřevin“. Poděkování patří i Dr. Jackovi R. Sutherlandovi za recenzi rukopisu a zaměstnancům laboratoře Semenářská kontrola za technickou výpomoc.

LITERATURA

- BASKIN, C. C., BASKIN, J. M. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, 2001.
- BLACK, M., BEWLEY, J. D., HALMER, P. The encyclopedia of seeds. Science, technology and uses. CAB International, 2006. 828 s.
- BURKART, A. Kulturbblätter. Angaben zur Samenernte, Klengung, Samenlagerung, Samenausbeute und zur Anzucht von Baum- und Straucharten. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, 2000 98 s.
- ČSN 48 1211 Lesní semenářství – Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen lesních dřevin. Praha: Český normalizační institut, 1997. 58 s.
- ČSN 48 1211 Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Praha: Český normalizační institut, 2006. 58 s.
- DENO, N. C. Seed germination theory and practice. Pennsylvania, self-published, 1993.
- GILL, J. D., POGGE, L. *Viburnum* L. In Schopmeyer, C. S. (ed.): Seeds of woody plants in the United States. Forest Service, USDA, Washington, DC, 1974, s. 844-850.
- HEES-BOUKEMA, E. M. Het zaaien van houtige boomkwekerijgewassen. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw. Boskoop: Afdeling Boomteelt, 1993. 207 s.
- KOLÁŘOVÁ, P., BEZDĚČKOVÁ, L., PROCHÁZKOVÁ, Z. Sběr, předsevní příprava, skladování a hodnocení jakosti semen vybraných druhů keřů: literární rešerše. Zprávy lesn. výzkumu, 2006, roč. 51, č. 2, s. 97-105.
- Landscape Plant – Propagation Information [online]. Last modified 30. 11. 2004 [cit. 12. července 2004]. <<http://hort.ifas.ufl.edu/lppi/html/sp147.htm>>.
- LARSON, R. A. Propagation woody plants by seed. American nurseryman, 1998, vol. 188, no. 7, s. 39-43.
- PIOTTO, B., DI NOI, A. (ed.) Seed propagation of Mediterranean trees and shrubs. Roma: APAT, 2003. 108 s.
- PROCHÁZKA, S., ŠEBÁNEK, J. et al. Regulátory rostlinného růstu. Praha: Academia, 1997. 395 s.
- RUDOLF, P. O. *Euonymus* L. In Schopmeyer, C. S. (ed.): Seeds of woody plants in the United States. Washington, DC: Forest Service, USDA, 1974, s. 393-397.
- RUDOLF, P. O. *Ligustrum* L. In Schopmeyer, C. S. (ed.): Seeds of woody plants in the United States. Washington, DC: Forest Service, USDA, 1974, s. 500-502.
- SCHUBERT, J. Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen (LÖBF), 199- (rok neuveden), 183 s.

ŠNAJPERK, R. Lesní semenářství. Praha: SZN, 1954. 332 s.
VINCENT, G. Lesní semenářství. Praha: SZN, 1965. 330 s.
WALTER, V. Rozmnožování okrasných stromů a keřů. Praha: SZN, 1978. 367 s.
YOUNG, J. A., YOUNG, Ch. G. Seeds of woody plants in North America. Portland: Dioscorides Press 1992. 407 s.

Internetové zdroje

AGATE, E. (ed.) Tree planting and aftercare [online]. 2003 [cit. 9. července 2004]. <<http://handbooks.btcv.org.uk/handbooks/content/section/3576>>.

BARBOUR, J. Dormancy of trees and shrubs [online]. [cit. 12. července 2004]. <<http://www.nts1.fs.fed.us/Dormancy.ppt>>.

DIRR, M. A., HEUSER, M. W. The reference manual of woody plant propagation, 1987. In Plants for a future: *Viburnum opulus* [online]. [cit. 12. července 2004]. <http://www.ibiblio.org/pfaf/cgi-bin/arr_html?Viburnum+opulus>.

MARZIALETTI, P. La propagazione per seme di alcune piante ornamentali [online]. 1999. [cit. 13. července 2004]. <www.cespevi.it/art/propseme.htm>.

ŘÍHA, P. Rok s bonsaji [online] [cit. 13. listopadu 2004]. <<http://www.bonsaj.cz/data/roks/part/02-unor.html>>.

PRE-TREATING THE SEEDS OF SOME AUTOCHTHONOUS SHRUB SPECIES (*LIGUSTRUM*, *VIBURNUM*, *EUONYMUS*) TO IMPROVE THEIR GERMINATION

SUMMARY

This work was aimed at comparing the effects of different pre-sowing treatments on germination of some shrub species.

Germination of stratified *Ligustrum vulgare* seeds in the laboratory was high. Unstratified seeds germinated well in the field, in the first spring (2005) after fall sowing (2004). Consequently, these seeds can be sown in the autumn after collection without stratification or as pre-chilling-treated seeds in the spring. A 5-month long, alternating warm-cold stratification, i. e. 1 month warm (15 or 20 °C) and 1 month cold (0 - 5 °C) treatment also proved worthwhile, especially for stored seeds, but seed germination started during stratification (conversely, pre-chilled seeds without warm treatment did not germinate until the germination test begun).

Unstratified seeds of *Viburnum opulus* did not germinate until the second spring (2006) after autumn sowing (2004), and even then the emergence was very low. Conversely, germination of stratified seeds was quite good, namely during the first year of germination test. There were some small differences in response to stratification method between the experiments starts in the years 2004 and 2005. In all events, seeds germinated after some warm period (in stratification or in the greenhouse during the germination test). Actual field emergence of stratified seeds should be verified.

Most *Euonymus europaeus* seeds germinated and emerged the second year after sowing, this germination and field germination were very low. For overcoming dormancy of these seeds, the 5-month stratification treatment is probably too short. In the both experiments (2004, 2005), maximum germination occurred after the warm-cold stratification treatment with a short (1-month) warm period. Single chilling or lengthening the warm period and reducing the cold period resulted in decreased germination. Overgrowing by fungi could have decreased viability of the seeds during stratification. Hydration in detergent plus warm-cold stratification or chilling did not increase the germination capacity. Hydration in GA₃ plus warm-cold stratification was the best stratification treatment.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. PAVLA KOLÁŘOVÁ, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. , VS Kunovice
686 04 Kunovice, Česká republika
tel.. 572 420 920; kolarova@vulhmuh.cz

KLONOVÉ VÝSADBY SMRKU ZTEPILÉHO - ISOENZYMOVÉ ANALÝZY VYBRANÝCH KLONŮ II

CLONAL PLANTATIONS OF NORWAY SPRUCE - ISOZYME ANALYSIS OF SELECTED CLONES II

ONDŘEJ IVANEK, JARMILA MARTINOVÁ

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

ABSTRACT

Isozyme analyses of dormant buds of 30 clones from Norway spruce clonal plantations Benecko and Kojice nursery were performed. G-6-PDH, SDH, PGM, AAT, LAP, MDH and 6-PGDH enzyme systems were analyzed by means of one-dimensional horizontal starch gel electrophoresis. Polymorphism of AAT-C, LAP-A, LAP-B, MDH and 6-PGDH loci was found. Genetic uniformity of 94% of the investigated clones was found out. Further, molecular genetic characteristics of the clones were compared with growth and phenology characteristics.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies*, výsadby, klony, izoenzymy, analýzy, molekulární genetika

Key words: Norway spruce, *Picea abies*, plantings, clones, isozymes, analyses, molecular genetics

ÚVOD

V rámci řešení projektu NAZV č. QD1274 „Strestolerantní klonové směsi pro horské oblasti“ se v letech 2001 až 2004 uskutečnilo podrobné hodnocení klonových výsadeb smrku ztepilého. Tyto rozsáhlé potenciálně strestolerantní klonové výsadby vznikly v rámci programu „Záchrana genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších“ (SCHWARZ, VAŠINA 1997) a představují unikátní základnu geneticky homogenního materiálu. Kromě hodnocení morfologických znaků a fenologických projevů

byly u vybraných klonů sledovány genetické charakteristiky pomocí izoenzymových analýz.

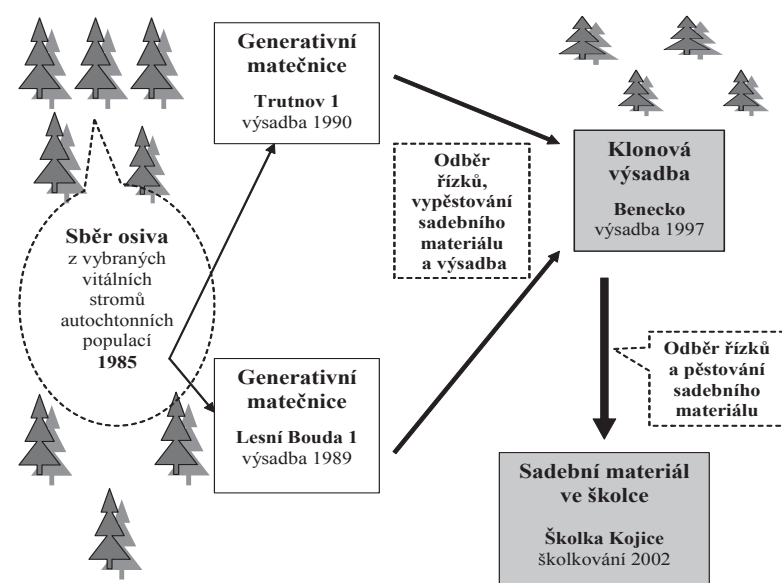
Analýza izoenzymů, které patří do skupiny proteinových genetických markerů a které se vzájemně liší molekulární hmotností, nábojem a jinými geneticky kódovanými znaky na molekulární úrovni, umožňuje tyto proteiny rozdělit a identifikovat. Tyto molekulárně genetické znaky lze na rozdíl od běžných, vizuálních morfologických znaků identifikovat v různých vývojových a věkových stádiích organismu, v jeho různých částech, tj. v pupenech, listech, semenech, atd. Izoenzymy jako geneticky podmíněné varianty enzymů odpovídají různým alelám - variantám genů, kódujících jejich syntézu (např. PRUS-GLOWACKI, GODZIK 1995, IVANEK 2003, 2006).

Cílem hodnocení bylo ověřit klonovou čistotu hodnoceného rostlinného materiálu a zjistit případné vztahy mezi sledovanými genetickými znaky a fenologickými nebo růstovými projevy vybraných klonů. Z tohoto hlediska práce navazuje na předchozí šetření provedená ve stejných klonových výsadbách, s využitím rozšířeného počtu sledovaných izoenzymů (IVANEK, MARTINOVÁ 2005, JURÁSEK, MARTINOVÁ 2005).

MATERIÁL

Hodnocení genetických charakteristik prostřednictvím izoenzymových analýz se uskutečnilo ve vybraných potenciálně strestolerantních klonových výsadbách a u jejich potomstev pěstovaných ve školce. Geneze použitého materiálu je znázorněna na obrázku 1.

Prvním kritériem pro získání klonů se zvýšenou odolností k nepříznivým vlivům byl výběr jedinců smrku s relativně dobrým zdravotním stavem v extrémních klimatických podmínkách s intenzivní imisní zátěží v 80. letech minulého století. Osivo z těchto stromů bylo využito pro založení generativních matečnic (Lesní Bouda



Obr. 1.

Postup zakládání klonových výsadeb. Šedě jsou označeny objekty, ze kterých byly odebrány vzorky pro izoenzymové analýzy.

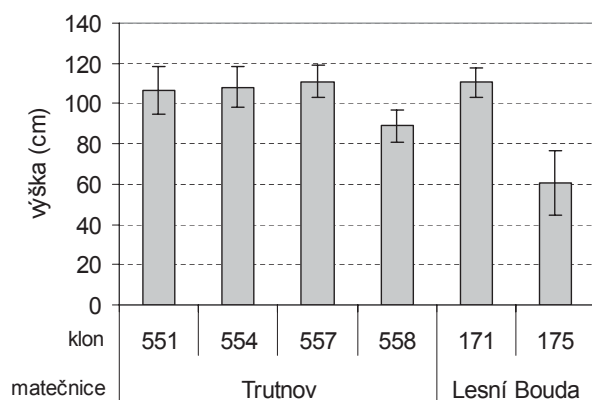
Course of clonal plantation establishment. Plantations where sampling for isozyme analysis was performed are of grey colour.

Tab. 1.

Počet ramet z vybraných klonů polosesterských potomstev Černohorská rašelina (cr8) a Malá Kotelní jáma (mkj2), ze kterých byly odebrány pupeny pro izoenzymové analýzy a genetické varianty těchto klonů zjištěné pomocí izoenzymových analýz (u většiny enzymových lokusů jsou uvedeny alelické páry, u MDH a 6-PGDH je přiřazení provedeno fenomenologicky)

Number of ramets from clones originated from half-sib progenies Černohorská rašelina (cr8) and Malá Kotelní jáma (mkj2) chosen for buds sampling for isozyme analysis and genetic variants of these clones found with using isozyme analysis (for most enzyme loci, allelic pairs are listed, MDH and 6-PGDH are assigned phenomenologically)

Potomstvo/ Progeny	Generativní matečnice/ Ortet of generative origin	Klon/ Clone	Časnost rašeni ⁽¹⁾ / Time of bud break	Růst ⁽²⁾ / Growth	Počet ramet/ Number of ramets		Enzymy, - lokusy/Enzymes, - loci											
					Kojice	Benecko	G-6-PDH	SDH-A	SDH-B	PGM-A	AAT-A	AAT-B	AAT-C	LAP-A	LAP-B	MDH	6-PGDH	
Malá Kotelní jáma (mkj2)	Lesní Bouda I	22	s	+		7	22	33	22	22	22	22	22	22	12	24	II	A
		25	č	±		7	22	33	22	22	22	22	22	12	11	22	II	A
		28	s	±		8	22	33	22	22	22	22	22	12	11	22	II	B
	Trutnov I	772	s	+		13	12	33	22	22	22	22	22	12	12	22	I	A
		774	s	+		8	22	33	22	22	22	22	22	11	12	22	I	A
		776	vč	+		12	22	33	22	22	22	22	22	12	12	22	I	C
		791	p	-		5	22	33	22	22	22	22	22	22	12	22	I	A
		793	s	-		10	22	33	22	22	22	22	22	12	12	22	I	A
		794	s	±	11		12	33	22	-	22	22	22	12	11	22	II	A
		797	č	±	9		22	33	22	-	22	22	22	12	22	22	II	B
		798	č	+		12	12	33	22	22	22	22	22	12	22	22	II	A
Černohorská rašelina (cr8)	802	vč	+		10	12	33	22	-	22	22	22	12	22	22	II	A	
	807	s	-pg		10	22	33	22	-	22	22	22	12	12	23	II	B	
	808	p	±pg		3	12	33	22	22	22	22	22	12	12	22	I	A	
	811	s	-		13	22	33	22	22	22	22	22	12	12	22	I	A	
	821	s	±pg		12	12	33	22	22	22	22	22	11	12	23	I	C	
	Lesní Bouda I		s	±pg		5	22	33	22	22	22	22	22	11	11	22	II	B
		171	s	+		14	22	33	22	22	22	22	22	22	22	12	II	C
		175	č	-		8	22	33	22	22	22	22	22	22	11	22	II	B
	Trutnov I	551	s	+		7	22	33	22	22	22	22	22	11	12	22	I	A
554		č	+		12	22	33	22	22	22	22	22	22	11	22	I	C	
557		p	+		10	22	33	22	22	22	22	22	12	12	12	I	A	
558		p	-		8	22	33	22	22	22	22	22	12	12	12	I	B	

**Obr. 2.**

Výška nadzemních částí vybraných klonů polosesterského potomstva Černohorská rašelina (cr8) na lokalitě Benecko 5 let po výsadbě (svislé úsečky představují interval spolehlivosti na 5% hladině významnosti)

Shoot height of some clones from half-sib progeny Černohorská rašelina (cr8) 5 years after outplanting to Benecko (vertical lines mean confidence interval on 5% significance level)

1 v nadmořské výšce 1 080 m n. m. a Trutnov 1 v nadmořské výšce 500 m n. m.). Z nich byl dále vegetativním množením získáván sadební materiál pro zakládání klonových výsadeb. Přesná evidence každého jedince umožňuje sledovat celou historii jeho původu.

Z vybraných vitálních jedinců v klonové výsadbě Benecko (nadmořská výška 750 m n. m.) byly v rámci projektu NAZV č. QD1274 odebrány řízků pro další vegetativní množení. Řízky byly zakořeny v objektu výzkumné stanice VÚLHM v Opočně a po zaškolkování pěstovány ve školce v Kojicích u Přelouče. V matečnicích, klonových výsadbách i u rozpěstovaného sadebního materiálu byla u vybraných klonů prováděna hodnocení morfologických znaků, doby rašení, některých fyziologických znaků (odolnost k mrazu, růstová dynamika na základě elektrického odporu kmínků, obsah živin v jehličí).

Pro izoenzymové analýzy byly nejprve vybrány klony dvou polosesterských potomstev pocházejících z odlišných podmínek nejpočetněji zastoupených v matečnicích a klonových výsadbách (Malá Kotelní jáma, strom č. 2 a Černohorská rašelina, strom č. 8). Vzorky pupenů byly odebrány v klonové výsadbě Benecko nebo ve školce v Kojicích, a to z jedinců pocházejících jak z generativní matečnice Trutnov 1, tak z matečnice Lesní Bouda 1 (tab. 1). Z uvedených dvou polosesterských potomstev byly vybrány klony z celého spektra intenzity růstu i doby rašení, tedy s intenzivním, průměrným i pomalým růstem a s časným, středním i pozdním rašením.

Z dalších potomstev (Labský důl 14 a Benzina 1 a 2) byly do hodnocení izoenzymovými analýzami zařazeny klony, které během pěstování ve školce vykazovaly výraznější odchylky v morfologických znacích (přetrvávání plagiotropního charakteru růstu, odlišnosti v hustotě olistění nebo zavětvění). Pro posouzení genetické stability v různých podmínkách byly vzorky odebrány z vegetativních potomstev stejných klonů rostoucích v klonové výsadbě na Benecku i u jejich potomstva ve školce v Kojicích (tab. 2).

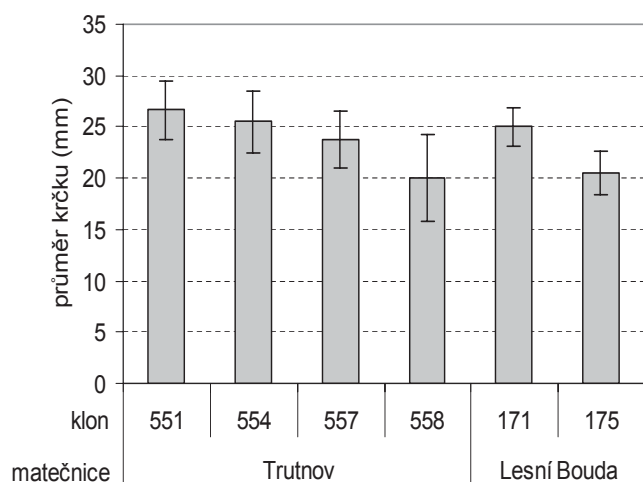
METODY

Ze sazenic odpovídajících uvedeným klonům byly odebrány dormantní pupeny, které byly skladovány při teplotě -20°C a pak podrobeny extrakci enzymů homogenizací 5 - 10 mg rostlinné tkáně s 40 - 60 μl extrakčního pufru. Izoenzymy byly děleny horizontální jednorozměrnou elektroforézou na škrobovém gelu při 3°C s použitím Tris-citrátového pufracího systému, přičemž byly měřeny následující enzymy: glukózo-6-fosfátdehydrogenáza (G-6-PDH), šikimátdehydrogenáza (SDH, lokusy SDH-A, SDH-B), fosfoglukomutáza (PGM, lokus A), aspartátaminotransferáza (AAT, lokusy A, B, C), leucinaminopeptidáza (LAP, lokusy A, B), malátdehydrogenáza (MDH) a 6-fosfoglukonátdehydrogenáza (6-PGDH). Výsledky analýz elektroforegramů (zymogramů) vyjadřují genetické varianty sledovaných enzymů: U G-6-PDH, SDH, PGM, AAT, LAP vycházejí ze značení alel 1, 2, 3... (odpovídajících pohyblivosti izoenzymů v elektrickém poli) a jsou vyjádřeny pomocí alelických párů 11, 12, 22... U enzymu 6-PGDH jsou výsledky vyjádřeny empiricky, na základě vizuální odlišnosti fenotypů značených A, B, C..., lišících se vzájemně jednoznačnou strukturou, intenzitou a vzájemnou vzdáleností pásů na zymogramech, podobně jako u enzymu MDH (označení odlišných fenotypů I, II). Analýzy byly provedeny podle modifikovaných postupů izoenzymové extrakce, dělení izoenzymů pomocí elektroforézy a barvicích postupů podle PASTEURA et al. (1988). Celkem bylo v rámci hodnocení dvou vybraných potomstev (Malá Kotelní jáma a Černohorská rašelina) proměřeno 208 jedinců z 23 klonů ze dvou generativních matečnic a dále 139 jedinců z 10 klonů vykazujících různé odchylky růstu ve školce.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pomocí izoenzymových analýz byl u sledovaných řízkovanců zjištěn polymorfismus u lokusů AAT-C, LAP-A, LAP-B, MDH, 6-PGDH a G-6-PDH, u ostatních lokusů, tj. SDH-A, SDH-B, PGM-A, AAT-A, AAT-B byla (s výjimkou klonu č. 794 pro enzym G-6-PDH) konstatována genetická uniformita v rámci potomstev.

Genetické varianty hodnocených izoenzymových lokusů u vybraných klonů polosesterských potomstev Malá Kotelní jáma a Černohorská rašelina jsou uvedeny v tabulce 1, u klonů s atypickým růstem v tabulce 2, kde jsou uvedeny genetické varianty pouze pro výše popsané polymorfní lokusy. Výsledky ukazují, že některé klony jsou reprezentovány stejnými genetickými variantami v rámci celých potomstev, u jiných lze pozorovat rozdíly. U naprosté většiny sledovaných klonů analýzy prokázaly genetickou uniformitu, tedy klonovou čistotu (pro sledované enzymatické systémy) s výjimkou dvou klonů. Jedná se o klon 175, kde byly pozorovány rozdíly u enzymu LAP-A a klon 274 s rozdíly u enzymu AAT-C, přičemž tyto rozdíly se týkají celkem 3 řízkovanců. Uvedené klony představují 6 % z celkem hodnocených klonů a 1 % z celkového počtu řízkovanců. Tento výsledek, zjištěný analýzou 11 lokusů, kontrastuje s podílem chybně evidovaných roubovanců smrku ztepilého v semenných sadech, zjištěným (podobně jako u roubovanců borovice lesní a modřinu opadavého) KAMENSKÝM et al. (2002), který navazuje na práci BRUCHÁNIKA (2001), jenž sledoval izoenzymovými analýzami semenné sady borovice lesní. KAMENSKÝ et al. zjistili sledováním 14 izoenzymových lokusů (včetně námi sledovaných LAP-A, B; AAT-A, C; G-6-PDH a enzymatického systému MDH) 48 % chybně evidovaných roubovanců smrku ztepilého.



Obr. 3.

Průměr kořenových krčků vybraných klonů polosesterského potomstva Černohorská rašelina (cr8) na lokalitě Benecko 5 let po výsadbě (svislé úsečky představují interval spolehlivosti na 5% hladině významnosti)

Root collar diameter of some clones from half-sib progeny Černohorská rašelina (cr8) 5 years after outplanting to Benecko (vertical lines mean confidence interval on 5% significance level)

Vzhledem k tomu, že potomstva Malá Kotelní jáma a Černohorská rašelina byla zastoupena relativně nízkým počtem klonů (tab. 1), nebyly u nich stanovovány a porovnávány odpovídající hodnoty alelických frekvencí, heterozygotnosti a jiných genetických charakteristik. Z tohoto důvodu také nebylo provedeno srovnání výsledků izoenzymových analýz těchto potomstev s přirozeně se vyskytujícími populacemi smrku ztepilého. Na základě zastoupení heterozygotních klonů a alel sledovaných lokusů u obou potomstev však lze konstatovat následující: V případě polymorfních lokusů (jejichž genetická skladba je vyjádřena pomocí alelických párů) je potomstvo Malá Kotelní jáma charakterizováno podstatně vyšším zastoupením heterozygotních klonů v případě G-6-PDH a v menší míře u AAT-C. Potomstvo Černohorská rašelina se oproti tomu vyznačuje výrazně vyšším zastoupením heterozygotů lokusu LAP-B. Tento lokus je navíc u obou potomstev zastoupen jinými minoritními alelami, tj. alelou 1 u Černohorské rašeliny a alelami 3, 4 v případě Malé Kotelní jámy. Polymorfismus lokusu LAP-A je u obou potomstev srovnatelný. Alely, které byly u sledovaných lokusů zjištěny, jsou běžně identifikovány u přirozeně se vyskytujících populací smrku ztepilého v ČR i v Evropě (IVANEK 2003, 2006, KONNERT, MAURER 1995). Některé běžné minoritní alely (např. alely 2, 4 u lokusu SDH-A) nejsou zastoupeny, což je dáno statisticky nízkým počtem sledovaných klonů.

Získané genetické varianty byly porovnávány s charakteristikami růstu a fenologie jednotlivých klonů. Údaje o časnosti rašení a intenzitě růstu jsou uvedeny v tabulce 1, rozdíly výškového a tloušťkového růstu mezi klony polosesterského potomstva Černohorská rašelina jsou znázorněny na obrázcích 2 a 3. Nebyla zjištěna přímá souvislost genetických charakteristik a časnosti rašení nebo intenzitou růstu.

Mezi klony, které vykazovaly během pěstování ve školce výraznější odchylky růstu (intenzita růstu, charakter větvení, hustota jehlic – obr. 4), byly rovněž zjištěny rozdíly v genetických charakteris-

tikách mezi klony (tab. 4). Analýzy tohoto souboru klonů z několika potomstev rovněž potvrdily genetickou uniformitu ramet v rámci klonů. Ani v tomto případě nebyl nalezen jednoznačný vztah genetických charakteristik k morfologickým znakům.

ZÁVĚR

- Pomocí izoenzymových analýz byl u sledovaných řízkovanců smrku ztepilého prokázán polymorfismus u 6 izoenzymových lokusů z 11 (AAT-C, LAP-A, LAP-B, MDH, 6-PGDH a G-6-PDH). Přitom byla v rámci sledovaných těchto lokusů zjištěna genetická uniformita u velké většiny klonů (94 %) a řízkovanců (99 %).
- Genetická skladba sledovaných potomstev se liší, nejvýrazněji z hlediska výskytu alel lokusů LAP-B a G-6-PDH. Srovnání s přirozeně se vyskytujícími populacemi smrku ztepilého je omezeno nízkým počtem zastoupených klonů.
- Stejně genetické charakteristiky byly u sledovaných klonů získány v klonové výsadbě na Benecku i u řízkovanců pěstovaných ve školce. V rámci hodnocených enzymatických systémů se projevuje genetická uniformita rodičů a jejich vegetativních potomstev bez ohledu na růstové podmínky.
- Vztah hodnocených genetických znaků k morfologickým, fenologickým nebo fyziologickým projevům nebyl statisticky sledován vzhledem k relativně nízkému počtu klonů a kvalitativnímu charakteru sledovaných parametrů.

Výsledky izoenzymových analýz stresolerantních klonových směsí smrku ztepilého ukazují na genetickou uniformitu klonů velké většiny. Zjištěný podíl geneticky odlišných řízkovanců v rámci klonu je ve sledovaných klonových výsadbách smrku ztepilého výrazně nižší, než je běžné u roubovanců této dřeviny v semenných sadech. Toto zjištění je významným krokem při genetickém ověřování původu a kontrole reprodukčního materiálu obecně.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci podpory výzkumného záměru MZE č. 0002070202, tematický okruh DZ 05.01, a grantu MZe č. QD1274 „Stresolerantní klonové směsi pro horské oblasti“.

Tab. 2.

Počet hodnocených ramet z vybraných klonů, u kterých byl pozorován atypický růst (uspořádání jehlic a větví) a výsledky izoenzymových analýz polymorfních lokusů těchto klonů, (u AAT-C, LAP-A, LAP-B jsou uvedeny alelické páry, u MDH a 6-PGDH je přiřazení provedeno fenomenologicky)

Number of assessed ramets from clones with atypic growth (arrangement of needles and branches) and results of isozyme analysis of polymorphic loci for these clones (for AAT-C, LAP-A, LAP-B allelic pairs are listed, MDH and 6-PGDH are assigned phenomenologically)

Potomstva, klony/Progenies, clones			Počet stromů/ Number of trees		Rašení/ Time of bud break	Řízkovance ve školce/Growth pattern of cuttings in nursery	Enzymy, - lokusy/Enzymes, - loci				
Potomstvo/ Progeny	Generativní matečnice/ Ortet of generative origin	Klon/ Clone	z Benecka	z Kojic			AAT-C	LAP-A	LAP-B	MDH	6PGDH
Labský důl (ld14)	Lesní Bouda I	150	11	11	p	velké, plagiotropní/high, plagiotropic	11	12	22	I	C
		153	11	11	s	střední, přítisklé jehlice/ mean, with tight needles	11	11	22	I	A
		255	9	9	č ¹⁾	výrazně velké/very high	11	22	12	II	B
274		2	2	p	výrazně velké/very high	11 ²⁾	12	22	II	A	
276		5	5	s	malé husté orthotropní/small, dense, orthotropic	12	12	23	II	B	
Benzína (b1)		88	5		p	střední, husté, orthotropní/mean, dense, orthotropic	11	12	22	II	C
Benzína (b2)											
Benzína (b2) Nad Horními Misečkami (nhm1)	Trutnov I	598	11	11	p	malé husté/small, dense	12	12	22	I	A
		715	10	10	č	malé husté/small, dense	11	12	22	II	C
		726	7	7	č	normální/normal	11	12	22	II	B
524		7	7	p	velmi husté, orthotropní/very dense, orthotropic	22	22	22	II	A	
Jelení důl (jd9)											

1) – Časné raší ve školce v Kojicích, na Benecku je doba rašení střední (vysvětlivky viz tab. 1) Early bud break in Kojice nursery, mean time of bud break in clone plantation Benecko (explanation see tab. 1)

2) – vyskytuje se i 12 /12 also occurred

LITERATURA

- BRUCHÁNIK, R. Šľachtiteľský program borovice lesnej pre pahorkatiny stredného Slovenska. Dizertačná práca. Banská Bystrica: s. 113, 2001.
- IVANEK, O. Isoenzyme analysis of Norway spruce in the Ore Mts.. Comm. Inst. For. Boh., 2003, vol. 20, s. 95-99.
- IVANEK, O. Výsledky isoenzymových analýz populací smrku ztepilého na plochách s různými stanovištními podmínkami. Zprávy lesn. výzkumu, 2006, roč. 51, č. 1, s. 32-37.
- IVANEK, O., MARTINCOVÁ, J. Klonové výsadby smrku ztepilého – izoenzymové analýzy z vybraných klonů I. Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 1, s. 58-60.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J. Vliv původu a podmínek prostředí na růst klonů smrku ztepilého po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 2, s. 69-75.
- KAMENSKÝ, M., LONGAUER, R., TUČEKOVÁ, A., ŠTEFANČÍK, I., JANKOVIČ, J., BEDNÁROVÁ, D., FOFOVÁ, E., GAJDOŠ, A., IŠTOŇA, J., PACALAJ, M., PAVLEND, P., SARVAŠ, M., SUŠKOVÁ, M., ŠEBEŇ, V. Pestovanie horských lesov na princípe trvalo udržateľného rozvoje. Záverečná správa ČVTP 2730-02. Zvolen: LVÚ, 2002.
- KONNERT, M., MAURER, W. Isozymic investigation on Norway spruce [*Picea abies* (L.) KARST.] and European silver fir (*Abies alba* MILL.): A practical guide to separation methods and zymogram evaluation Teisendorf: Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht, 1995.
- PASTEUR, N., PASTEUR, G., BONHOMME, F., CATALAN, J., BRITTON-DAVIDIAN, J. Practical Isozyme Genetics - Ellis Horwood series in gene technology. New York: Wiley & Sons, 1988.
- PRUS-GLOWACKI, W., GODZIK, S. Genetic structure of *Picea abies* tolerant and sensitive to industrial pollution. Silvae Genetica, 1995, vol. 44, s. 62-65.
- SAMEK, V., JANČAŘÍK, V., MICHALEC, M., ČVANČARA, R. Příprava zalesňovacího materiálu pro imisní oblasti (Problematika). Lesnický průvodce, 1990, č. 4, 56 s.
- SCHWARZ, O., VAŠINA, V. Záchrana genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších. Pracovní materiál Správy KRNP, 1997, 12 s.

CLONAL PLANTATIONS OF NORWAY SPRUCE - ISOZYME ANALYSIS OF SELECTED CLONES II

SUMMARY

Detailed evaluation of clonal plantations was carried out in framework of genetic study of stresstolerant clonal mixtures of *Picea abies* L.. Isozyme analyses of dormant buds of 30 clones from Norway spruce clonal plantations Benecko and Kojice nursery were performed for offsprings from Malá Kotelní jáma and Černohorská rašelina localities. G-6-PDH, SDH, PGM, AAT, LAP, MDH and 6-PGDH enzyme systems were analyzed by means of one-dimensional horizontal starch gel electrophoresis. Polymorphism of AAT-C, LAP-A, LAP-B, MDH and 6-PGDH loci was found whereas Malá Kotelní jáma offspring was characterized by increased distribution of heterozygous clones for G-6-PDH and AAT-C loci. On the other hand, Černohorská rašelina offspring was characterized by increased heterozygotes for LAP-B locus. Genetic uniformity of 94% of the investigated clones was found out. Further, molecular genetic characteristics of the clones were compared for guidance with growth and phenological characteristics.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Ivanek, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 267; e-mail: ivanek@vulhm.cz

PRODUKCE A RŮST KRYTOKOŘENNÉHO SADEBNÍHO MATERIÁLU BUKU LESNÍHO

PRODUCTION AND GROWTH OF EUROPEAN BEECH CONTAINERIZED PLANTING STOCK

JARMILA NÁROVCOVÁ

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

ABSTRACT

The influence of the capacity of containers used for containerized planting stock on production and plantable seedlings growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) during the first vegetative period when planted in plastic greenhouses is described. Root systems growth and the measurements of the other morphological characteristics of seedlings (aboveground biomass, strong roots biomass, aboveground and root biomass in total, height of aboveground part and root system deformations) were observed at the same time. The experiment results show that the production does not change within examined variants of containers used for containerized planting stock in plastic greenhouse.

Klíčová slova: buk lesní, krytokořenné semenáčky, biomasa, růst
Key words: European beech, containerized seedlings, biomass, growth

ÚVOD

Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) je dřevinou, pro kterou se vyžaduje zvýšení jejího podílu při obnově lesa v České republice. Intenzivní technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu v umělých krytech, na vzduchovém polštáři, s řízenými podmínkami růstu produkuje jednoleté výsadbyschopné krytokořenné semenáčky buku lesního. Jednoletý cyklus pěstování umožňuje rychlou reakci producentů sadebního materiálu na zalesňovací požadavky. Katalog biologicky ověřených obalů sadebního materiálu pro pěstování lesních dřevin (Katalog) prezentovaný na webových stránkách Výzkumné stanice Opočno (<http://www.vulhm.opocno.cz>) doporučuje použití celého spektra obalů pro pěstování krytokořenných listnatých dřevin. Produkci a růst semenáčků ve vztahu k velikosti zvoleného pěstebního obalu zahrnuje předkládaný příspěvek.

MATERIÁL A METODA

Výsadbyschopné krytokořenné semenáčky buku lesního byly v průběhu roku pěstovány v 10 typech pěstebních obalů (JURÁSEK et al. 2006). Podle objemu a výšky byly pěstební obaly rozděleny do čtyř velikostních skupin (označení skupin je uvedeno v závorce): malé (M), střední (S), velké (V) a maximální (MAX). Popis skupin uvádí tabulka 1. Pěstební obaly byly naplněny substrátem (směs rašeliny a perlitu) obohaceným pomalu rozpustným hnojivem a ruční výsev stratifikovanou klíčíci bukvicí proběhl na konci měsíce března. Obaly byly umístěny do fóliového krytu na vzduchový polštář se zajištěním stejnoměrné závlahy podle aktuálního stavu vlhkosti substrátu. V průběhu vegetace byla zajištěna jednotná ochrana fungicidy a insekticidy, semenáčky nebyly dále přihnojovány.

Růst rostlin lze definovat jako přírůstek hmotnosti rostlin v čase. Jde o veličinu, v níž se integrujícím způsobem odráží všechny metabolické procesy probíhající v rostlině a která tak poměrně přesně indikuje

metabolický stav rostliny (LARCHER 1988). V průběhu vegetační sezony bylo provedeno osm odběrů sadebního materiálu (odběry probíhaly od dubna do září v intervalu 2 – 4 týdnů) pro destrukční analýzy rostlin. Průběžně byly pro jednoleté krytokořenné semenáčky buku lesního v jednotlivých skupinách obalů stanovovány tyto morfologické znaky:

- výška nadzemní části
- biomasa jemných kořenů (hmotnost kořenů slabších než 1 mm po vysušení 105 °C)
- biomasa silných kořenů (hmotnost silných kořenů silnějších než 1 mm po vysušení 105 °C)
- biomasa kořenů (hmotnost jemných a silných kořenů pro vysušení při 105 °C)
- biomasa nadzemní části (hmotnost nadzemní části po vysušení při 105 °C)
- celková biomasa (biomasa kořenů a nadzemní části)
- deformace kořenových systémů

Množství sušiny vytvořené vegetačním pokryvem na dané ploše nazýváme primární produkcí (PETR et al. 1980). Výpočet produkce velikostních skupin obalů zahrnoval údaje získané pro jednotlivé pěstební obaly. Pro velikostní skupiny pěstebních obalů byla, podle skutečně vypěstovaného počtu kusů rostlin na ploše 1 m², stanovena produkce (kg/m²) jednotlivých složek biomasy rostlin (nadzemní části, jemných kořenů, silných kořenů, celková biomasa).

Na konci vegetační sezony byly stanoveny morfologické parametry výpěstků krytokořenných semenáčků buku lesního jednotlivých skupin pěstebních obalů.

VÝSLEDKY A ZÁVĚR

Naměřené hodnoty byly zpracovány statistickými programy ADSTAT a QC Expert (MELOUN, MILITKÝ 2002). Produkce na 1 m² plochy fóliového krytu, při krytokořenném způsobu pěstování jednoletých semenáčků buku lesního, byla zpracována pro biomasu

nadzemní části, biomasu kořenů, biomasu silných kořenů a celkovou biomasu pro čtyři velikostní skupiny obalů. Výsledky párového porovnávání dvojic úrovní Scheffého metodou v průběhu vegetační sezony korelační analýzu pro sledované charakteristiky skupin obalů uvádí tabulka 2.

Biomasy nadzemní části, kořenů, silných kořenů i celkové biomasy na 1 m² produkční plochy fóliového krytu s krytokořennými semenáčky buku lesního nezaznamenávají v průběhu vegetační sezony rozdíly v rámci sledovaných skupin obalů. Vzhledem k nezaznamenanému rozdílu v produkci biomasy v rámci skupin obalů byla stanovena dynamika primární produkce se vstupními údaji všech čtyřech skupin pěstebních obalů. Pro jednoleté krytokořenné semenáčky buku lesního pěstované v prostředí fóliových krytů znázorňuje graf 1 dynamiku primární produkce (kg biomasy/m²) nadzemní hmoty, kořenů a celkové biomasy v průběhu vegetační sezony.

Existence funkční rovnováhy mezi kořenovou a nadzemní částí se odráží v poměru kořenů a nadzemních částí pro určitý typ vnějších podmínek. V průběhu vegetace byl statisticky vyhodnocen (párové porovnání dvojic Scheffého metodou) poměr biomasy kořenů k biomase nadzemních částí jednotlivých rostlin pro sledované skupiny obalů. V rámci všech skupin obalů jsou statisticky nevýznamné rozdíly, při 99% spolehlivosti, mezi poměrem biomasy kořenů a nadzemních částí v průběhu vegetace. Nárůst poměru biomasy kořenů k biomase nadzemních částí v průběhu vegetační sezony pro sledované varianty pokusu je graficky znázorněn v grafu 2. Osa x grafu znázorňuje počet dnů od výsevu s orientačním vyznačením měsíců vegetační sezony. Silnou čarou je znázorněn trend poměru.



Foto 1.

Jednoleté krytokořenné semenáčky buku lesního v obalech QUICK POT 15T
Annual containerized seedlings of European beech in QUICK POT 15T containers



Foto 2.

Jednoleté krytokořenné semenáčky buku lesního v obalech HIKO V - (BCC V 400)
Annual containerized seedlings of European beech in HIKO V - (BCC V 400) containers



Foto 3.

Jednoleté krytokořenné semenáčky buku lesního v obalech HIKO V - 120 SideSlit (BCC V 120)

Annual containerized seedlings of European beech in HIKO V - 120 SideSlit (BCC V 120) containers

Pro grafické znázornění růstu nadzemních částí i kořenových systémů rostlin, podle velikostních skupin obalů, v průběhu vegetace bylo zvoleno zpracování v programu ADSTAT, modulu růstové křivky. Osu x tvoří počet dnů od výsevu, jedná se o časový úsek duben až září. Hodnoty osy x byly pro přesnější odhady průběhu grafů logaritmovány. Vstupními údaji jsou naměřená data velikostní skupiny obalů, grafy vyjadřují růst průměrné rostliny dané skupiny pěstebních obalů v čase. Z grafického vyjádření růstu biomasy nadzemních částí, kořenových systémů rostlin a růstu výšky nadzemní části (grafy 3, 4, 5) je patrné, že růst těchto charakteristik neprobíhá současně. Nejdříve dochází k růstu výšky nadzemní části, později ke zvyšování sušiny nadzemní části. Nárůst sušiny kořenové soustavy spadá až do druhé poloviny vegetačního období.

Ve všech hodnocených ukazatelích růstu dochází k posunu v rámci sledovaných skupin obalů. Obaly vyšších dimenzí (skupina MAX) mají nejmohutnější vývoj sledovaných znaků (výška, biomasa nadzemní části, biomasa kořenových soustav). S poklesem objemu buněk a výšky buněk dochází k poklesu měřených hodnot. Začátek diferenciace znaku pro sledované skupiny obalů spadá do období rychlého růstu, tedy nejdříve dochází k diferenciaci výšky nadzemní části, později biomasy nadzemní části a jako poslední se diferencovaně vyvíjí kořenové soustavy sledovaných variant.

Statistickou metodou porovnání dvou výběrů byly analyzovány výpěstky na konci vegetačního období. Při hladině významnosti 0,05 bylo zjišťováno, zda se liší střední hodnoty výběrů ve sledovaných znacích (výška nadzemní části, biomasa nadzemní části, biomasa kořenů) v rámci variant pokusu. Shoda průměrů souborů byla prokázána pouze ve srovnání malých a středních typů obalů ve znacích výška a biomasa kořenů. Ostatní porovnávané soubory jsou ve sledovaných znacích statisticky rozdílné.

V průběhu vegetace nebyly zjištěny deformace kořenového systému. Všechny obaly krytokořenných semenáčků buku lesního jsou vybaveny prvky zabráňujícími vzniku kořenových deformací (vodící žebra, popř. rýhy, štěrbiny, po celé výšce buňky, profil dna buněk: pouze s mřížkou nebo bez dna). Vzduchový polštář zajišťuje zastavení růstu kořenů u dna buněk. Foto 1 - 3 zahrnuje příklad výpěstků hodnoceného sadebního materiálu.

DISKUSE

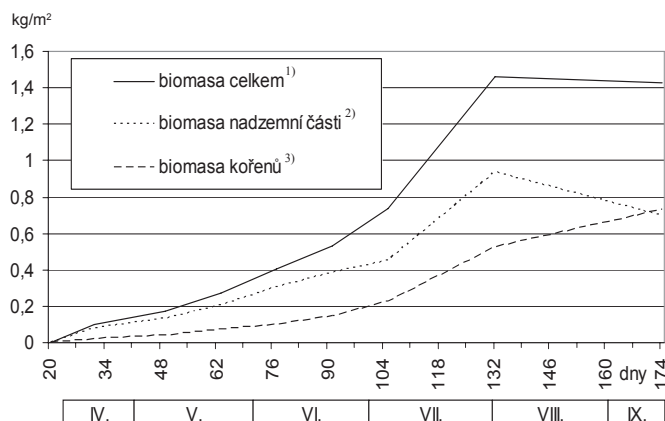
Obecně lze konstatovat, že produkce biomasy (kg/m^2) krytokořenných semenáčků buku lesního pěstovaného ve fóliových krytech se průkazně neliší při použití celého spektra obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu. Rozdíly mezi jednotlivými skupinami obalů (M, S, V, MAX) jsou statisticky nevýznamné. Statisticky nevýznamné jsou i rozdíly ve vyvíjejícím se poměru biomasy kořenové soustavy k biomase nadzemní části v rámci sledovaných skupin obalů. PROCHÁZKA et al. (1998) ve studiu rostlinné celistvosti konstatuje, že jednotlivé buňky, pletiva a orgány těla rostliny představují sladěný harmonický celek. Experiment prokázal harmonii a řád v růstu jednoletých krytokořenných semenáčků buku lesního bez ohledu na velikost obalu, ve kterém jsou pěstovány.

Růst výšky nadzemní části, biomasy kořenů a nadzemní části se v rámci sledovaných variant liší. Nejvyšších dimenzí dosahují výpěstky při použití obalů velkého objemu a hloubky (varianta MAX). Naopak nejmenšími jsou výpěstky obalů nejmenší hloubky a objemu (varianta M). Předpokladem k vyššímu růstu rostlin je rychlé vytvoření výkonného fotosyntetického aparátu s výhodnou strukturou porostu. V rychlém rozvoji asimilační plochy na začátku vegetace je třeba spatřovat jednu z efektivních možností zlepšení růstu (PETR et al. 1980). Experiment potvrzuje (grafy 3 a 4) diferencovaný rozvoj výšky i biomasy nadzemní části (tedy i fotosyntetického aparátu) ve sledovaných variantách.

Použitě pěstební obaly nezpůsobují deformace kořenového systému buku lesního. Předcházet vzniku deformací kořenových soustav lze výběrem ověřeného obalu pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu podle Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin (JURÁSEK et al. 2006) a také vhodným způsobem výsadby lesních dřevin.

Poděkování:

Tyto výsledky jsou součástí výzkumného záměru „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ (MZE č. 0002070201).

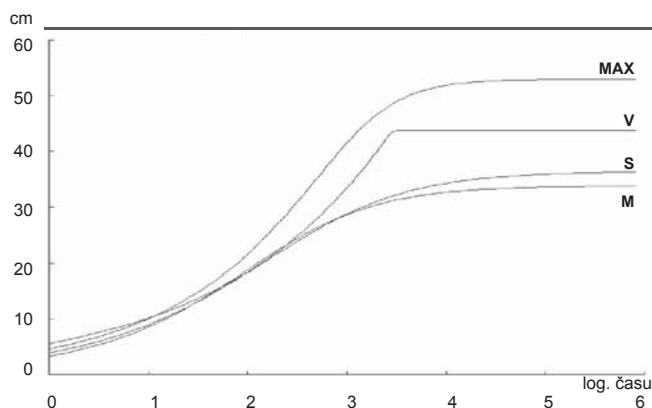


Graf 1.

Dynamika produkce biomasy (kg) nadzemní hmoty a kořenů krytokořenného jednoletého buku lesního pěstovaného na 1 m² plochy fóliového krytu v průběhu vegetační sezony

Biomass production dynamics (kg) of aboveground part and roots of containerized one-year-old European beech planted on 1 m² in a plastic greenhouse during growing season

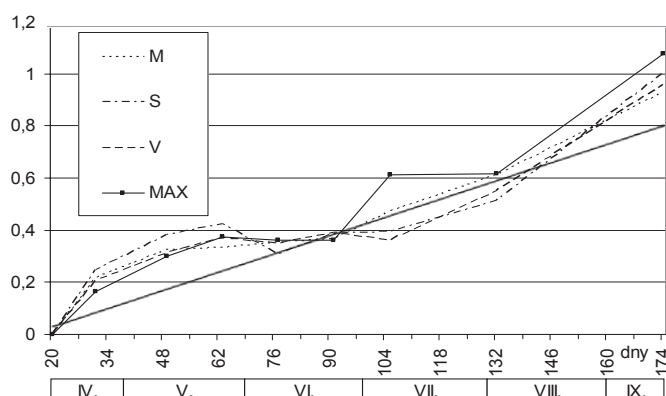
¹⁾total biomass ²⁾aboveground biomass ³⁾root biomass



Graf 3.

Grafické znázornění růstových křivek výšky nadzemní části pro 4 sledované varianty

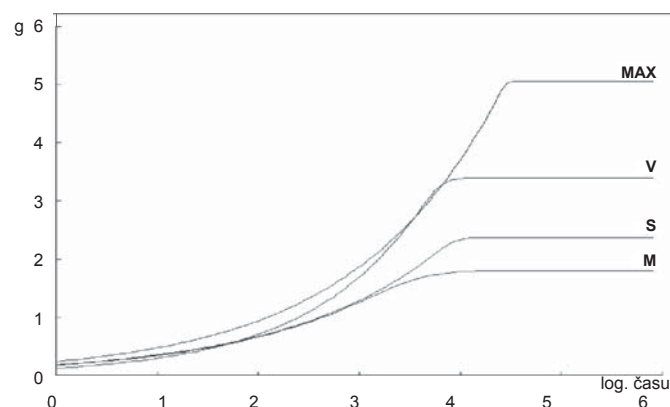
Graphic representation of growth curves of aboveground part height for 4 monitored variants



Graf 2.

Dynamika poměru biomasy kořenů k biomase nadzemní části v průběhu vegetace pro skupiny obalů

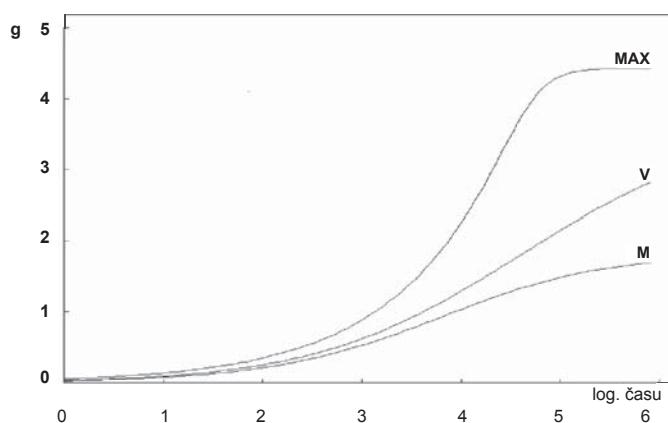
Root biomass/aboveground part biomass ratio dynamics during growing season by container categories



Graf 4.

Grafické znázornění růstových křivek biomasy nadzemní části pro 4 sledované varianty

Graphic representation of growth curves of aboveground part biomass for 4 monitored variants

**Graf 5.**

Grafické znázornění růstových křivek biomasy kořenového systému pro 3 sledované varianty
Graphic representation of growth curves of root system biomass for 3 monitored variants

Tab. 1.

Přehled skupin pěstebních obalů
Container categories overview

Označení skupiny/Category	Vázev obalu/Container	Objem buňky (l)/Cell volume (l)	Výška buňky (m)/Cell height (m)
malé/small (M)	HIKO V - 120 SideSlit	120	11
	ROOTRAINER SHERWOOD	175	12
	QUICK POT 35 T	200	11,5
střední/middle (S)	QUICK POT 60 T/15	200	15
	HIKO V - 265	265	15
	Tubus 300	300	16
velké/big (V)	HIKO V - 400	400	15
	QUICK POT 15 T	410	15,5
maximální/ maximal (MAX)	HIKO V - 530	530	18
	QUICK POT 12 T/18	650	18

Tab. 2.

Výsledky porovnání produkce biomasy/m² ve skupinách pěstebních obalů
Results of comparison of biomass production/m² by a container category

Charakteristika (pro skupiny obalů M, S, V, MAX)/ Characterization (for container categories M, S, V, MAX)	Hodnota párového korelačního koeficientu/ Pair correlation coefficient value	Párové porovnání podle Sheffého/ Pair comparison (Scheffé's method)	
		významnost faktoru/ factor importance	pravděpodobnost/ probability
biomasa nadzemní části/m ² / aboveground biomass/m ²	0,92 – 0,98	nevýznamný/insignificant	0,75 – 0,99
biomasa kořenů/m ² /root biomass/m ²	0,97 – 0,99	nevýznamný/insignificant	0,86 – 0,99
biomasa silných kořenů/m ² / strong root biomass/m ²	0,87 – 0,99	nevýznamný/insignificant	0,68 – 0,99
celková biomasa/m ² /total biomass/m ²	0,96 – 0,98	nevýznamný/insignificant	0,79 – 0,99

LITERATURA

- EVANS, C. The quantitative analysis of plant growth. Studies in Ecology, Vol. I. Oxford, London, Edinburgh, Melbourne, Great Britain: Blackwell Sci. Publ., 1972. 734 s. ISBN 0632061308
- HESS, D. Fyziologie rostlin. Praha: Academia, 1983. 348 s.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách České republiky. In Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004, s. 6-15.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V. Průvodce krytokořeným sadebním materiálem lesních dřevin. [Containerised planting stock of forest species guidebook]. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2006. 56 s. ISBN 80-86386-78-3
- LARCHER, W. Fyziologická ekologie rostlin. Praha: Academia, 1988. 368 s.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J. Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Academia, 2002. 764 s. ISBN 80-200-1008-4
- NÁROVEC, V. O půdách v lesních školkách. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2003. 27 s. ISBN 80-86386-36-8.
- PETR, J., ČERNÝ, V., HRUŠKA, L. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Praha: SZN, 1980. 448 s.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. Fyziologie rostlin. Praha: Academia, 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2

PRODUCTION AND GROWTH OF EUROPEAN BEECH CONTAINERIZED PLANTING STOCK

SUMMARY

The contribution describes the influence of the capacity of containers used for containerized planting stock on production and plantable seedlings growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) during the first vegetative period when planted in plastic greenhouse. In the course of 2005, plantable containerized European beech seedlings were growing in 10 types of silvicultural containers whose cell capacity ranges between 200 and 650 ml. Aboveground biomass, root biomass, strong roots biomass, aboveground and root biomass in total per 1 m² of production area of plastic greenhouse do not show any difference among examined groups of containers. Developing root system biomass in proportion to aboveground part biomass is statistically insignificant for examined groups of containers. European beech seedlings, grown in containers of higher dimension reach the highest figures of examined characteristics (height, aboveground biomass, root system biomass). Cell capacity decrease corresponds to decrease of values of examined characteristics. Tested silvicultural containers do not produce any root deformation of European beech.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jarmila Nárovcová, 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: narovcova@vulhmop.cz

RŮST KRYTOKOŘENNÉHO SADEBNÍHO MATERIÁLU BUKU LESNÍHO NA ŽIVNÝCH STANOVIŠTÍCH

EUROPEAN BEECH CONTAINERIZED PLANTING STOCK GROWING ON FERTILE SITES

JARMILA NÁROVCOVÁ, ANTONÍN JURÁSEK, JAN BARTOŠ

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

ABSTRACT

This study presents morphological characteristics evaluation of European beech root systems five years after afforestation of permanent plots situated near Trutnov and Zlaté Hory. When preparing planting stock for outplanting, it was treated with different fertilizer doses and afterwards evaluated on the basis of these characteristics: architectural trait of root system, root system deformations, number of strong roots in various distances from the root axis, number of strong roots below 25 cm depth, ratio of strong roots diameter average sum to root system, and ratio between roots and above-ground parts development. Research results show that cultivars from intensive nursery technologies that are subjected to different fertilizer doses application grow further with no secondary deformation.

Klíčová slova: buk lesní, kořenové systémy, deformace kořenů

Key words: European beech, root systems, root deformations

ÚVOD

Růstu a vývoji kořenových systémů lesních dřevin během pěstování sadebního materiálu v lesních školkách i po vysazení na trvalá stanoviště se v minulosti i současnosti věnovala řada autorů (DUŠEK 1963, LOKVENC 1984, NÁROVEC 2001, PALÁTOVÁ, MAUER 2004, aj). Pozornost byla věnována zejména vlivu různých typů pěstebních obalů na deformace kořenů, možnostem zkvalitnění kořenových systémů pěstebními opatřeními a v neposlední řadě i studiu architektiky kořenových systémů různě pěstovaného sadebního materiálu po jeho výsadbě do lesních porostů. Jak uvádí např. PALÁTOVÁ, MAUER (2004), jsou studia kořenových systémů stále nedoceněna, což je příčinou nižší četnosti poznatků o kořenových systémech rostlin v porovnání se studiem nadzemních částí rostlin. Příčinou není jen skrytost kořenových systémů, ale i časová i fyzická náročnost tohoto výzkumu spojeného s nutností vyzvedávání vzorků a použití destruktivních metod.

Cílem našeho příspěvku je hodnocení kvality kořenových systémů výsadby buku lesního na živnějších stanovištích ve vztahu k jeho předchozímu pěstování ve školce intenzivními postupy s různou intenzitou hnojení.

MATERIÁL A METODIKA

Pěstování krytokořenných semenáčků buku lesního probíhalo ve variantách hnojení rostlin dlouhodobě působícími hnojivy v substrátu a hnojení foliárním způsobem, tj. pouze na list. Přehled variant pokusu je uveden v tabulce 1. Pro vyhnojení substrátu (kvalitní vláknitá rašelina) bylo použito pevné granulované hnojivo Osmocote s různou dobou uvolňování živin. Zvolena byla průměrná dávka hnojiva (výrobce doporučená dávka – varianta A) a dávka luxusního hnojení (dvojnásobek doporučené dávky - varianta B). Hnojení kontrolní



Obr. 1.

Ukázka rozrůstání kořenů na TVP Trutnov, varianta A

Example of root system growth on permanent plot Trutnov, variant A



Obr. 2.

Ukázka rozrůstání kořenů na TVP Trutnov, varianta A
Example of root system growth on permanent plot Trutnov, variant A

varianty bez vyhnojení substrátu (C) probíhalo za vegetace listovými hnojivy (Kristalon). Pro pěstování krytokořenných semenáčků buku byl zvolen typ obalu HIKO V- 265. Tento typ obalu je uveden v Katalogu biologicky ověřených obalů (JURÁSEK et al. 2006).

Jednoleté krytokořenné semenáčky buku vypěstované v různých variantách hnojení ve školce byly vysázeny na výzkumné plochy s označením TVP Trutnov a TVP Zlaté Hory. TVP Trutnov se nachází na Školním poleš VOŠL a SLŠ Trutnov v nadmořské výšce 560 m n. m., stanoviště je zařazeno do LT 5K1. TVP Zlaté Hory se nachází na lesní správě LČR Jeseník v nadmořské výšce 640 m n. m., typologicky stanoviště náleží do LT 5S1. Semenáčky buku z jednotlivých variant pokusu byly na obou pokusných stanovištích vysázeny technologií jamkové výsadby v podzimním období roku 2002. Celkem bylo vysázeno na každé výzkumné ploše 5 000 rostlin. Před výsadbou byly pro všechny varianty experimentu stanoveny morfologické charakteristiky použitého sadebního materiálu.

Na výzkumných plochách je průběžně každý rok hodnocen růst a zdravotní stav výsad. Pět let po výsadbě bylo v rámci variant pokusu na obou stanovištích odebráno vždy 10 ks rostlin pro destruktivní analýzu kořenových systémů a nadzemních částí stromků. Každý odebraný vzorek kořenových systémů zahrnoval kruhový prostor 15 cm od kmínku v hloubce do 25 cm. Tyto rozměry kořenových systémů odebraných vzorků byly zvoleny vzhledem k předem orientačně zjištěné dynamice rozrůstání kořenů, kde se v tomto prostoru nacházela nejpodstatnější část kořenových systémů, na které lze v souladu s naším cílem objektivně vyhodnotit rozrůstání kosterních kořenů

z původního kořenového balu (plugu), případně zjistit výskyt druhotných deformací po výsadbě. Před vlastními analýzami byly vzorky kořenových soustav důkladným vymytím zbaveny minerální půdy.

Kořenový systém byl posuzován podle:

- charakteru kostry kořenového systému v jeho centrální části (KÖSTLER et al. 1968, KUTSCHERA, LICHTENEGER 2002):
kulový - dominuje silný kulový kořen
srdčitý – kulový kořen chybí, kořeny směřují šikmo dolů
kotevní (talířový) dominantní postavení mají vodorovné kořeny
- deformaci kořenového systému jako celku, popřípadě deformací jednotlivých kořenů (zploštění do vertikální roviny, odchylky ohnutí kořenů do tvaru J-L, zaškrcení kořenů, strboul)
- počtu kořenů silných (> 1 mm) ve vzdálenosti 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, > 10 cm od osy kořene a v hloubce nad 25 cm
- sumy průměru silných kořenů (měřeno v místě nasazení kořene)
- poměru mezi rozvojem kořenů a nadzemní částí poměrem sušiny kořenového systému k sušině nadzemní části

U nadzemních částí odebraných stromků byly změřeny základní morfologické parametry (výška nadzemní části, průměr kořenového krčku) dále byla zjišťována délka kulového kořene a sušina nadzemní části a kořenových systémů. Výsledky byly zpracovány v programu Microsoft Excel a QC Expert.

VÝSLEDKY

Průměrné hodnoty morfologických parametrů nadzemních částí výsadby buku v rámci jednotlivých variant pokusů v roce výsadby (2002) a po pěti letech růstu jsou uvedeny v tabulce 2. Průměrná výška nadzemní části na TVP Trutnov pět let po výsadbě činila 148 cm, průměr kořenového krčku byl 22 mm. Na TVP Zlaté Hory byla průměrná výška nadzemních částí výsadby 113 cm a průměrná tloušťka kořenových krčků 16,5 mm. Významným poznatkem je zjištění, že v těchto růstových parametrech nebyl zjištěn v rámci výzkumných ploch statisticky významný rozdíl mezi soubory jednotlivých variant (A, B, C).

Naměřené průměrné hodnoty sušiny nadzemních částí a kořenů jsou uvedeny v tabulce 3. Porovnání sušiny nadzemních částí a kořenů podle variant na TVP Trutnov a Zlaté Hory již vykazuje statistické rozdíly. Na TVP Trutnov je velikost sušiny nadzemních částí statisticky shodná ve všech variantách, průměrná hodnota je 153 g. Sušina kořenových soustav je statisticky významně nižší pro variantu C (průměrná hodnota pro varianty A a B: 60,5 g, varianta C: 42 g). TVP Zlaté Hory vykazuje statistickou shodnost sušiny nadzemních částí i sušiny kořenů v rámci variant, průměrné hodnoty jsou: sušina nadzemní části: 85 g, sušina kořenů: 39 g.

Průměrné hodnoty sumy průměru silných kořenů jsou uvedeny v tabulce 4. Z naměřených hodnot vyplývají zhruba stejné výsledky jako u zjišťování sušiny nadzemní části a kořenů. Sumy průměru silných kořenů > 1 mm (měřeno v místě nasazení kořene) na TVP Zlaté Hory vykazují shodnost variant (s průměrnou hodnotou 113 mm), na TVP Trutnov vykazuje statisticky významné rozdíly, varianta C je statisticky významně nižší než varianty A a B (průměrná hodnota varianty A a B: 133 mm, varianta C: 104 mm). V tabulce 4 je uveden i poměr kořenových systémů k nadzemní části (K/N). I v tomto případě nejsou rozdíly mezi variantami pokusů statisticky významné. Na TVP Trutnov je průměrná hodnota 0,4, na TVP Zlaté Hory 0,5.

Tab. 1.

Přehled variant hnojení při pěstování výsadbyschopných semenáčků buku ve školce
 Variants of fertilizer doses applied on European beech plantable seedlings in nursery practice

Varianta/Variant	Hnojivo pro vyhnojení substrátu/ Fertilizer used for substrate fertilization	Hnojení na list v průběhu vegetace/ Foliar fertilizing during growing season
A – průměrná dávka hnojiva v substrátu/ A – average fertilizer dose in substrate	OSMOCOTE (12 – 14 měsíců/ months, 4 kg/m ³) nebo/or OSMOCOTE (3 – 4 měsíce/months, 2 kg/m ³)	-
B – luxusní dávka hnojiva v substrátu/ B – luxury fertilizer dose in substrate	OSMOCOTE (12 – 14 měsíců/ months, 8 kg/m ³) nebo/or OSMOCOTE (3 – 4 měsíce/months, 4 kg/m ³)	-
C – kontrola/C – check	-	Kristalon

Tab. 2.

Průměrné hodnoty morfologických parametrů před výsadbou a pět let po výsadbě na trvalá stanoviště (Trutnov, Zlaté Hory)
 Average values of morphological parameters before outplanting and five years after afforestation on permanent plots (Trutnov, Zlaté Hory)

Varianta/Variant	Výška (cm)/Height (cm)			Průměr kořenového krčku (mm)/Root collar diameter (mm)/		
	2002	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007	2002	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007
A	41	151	113	4,8	22,6	16,4
B	45	146	108	4,8	22,3	16,5
C	20 *	145	120	3,8 *	19,7	16,7

Pozn.: Hvězdička (*) označuje statisticky signifikantní rozdíly v porovnání variant. Popis variant viz tabulka 1/Asterix (*) means statistically significant differences in comparison of variants. Description of variants is in table 1

Z podrobného měření, kde jsme porovnávali počty silných kořenů ve vzdálenostech 0 – 5 cm, 5 – 10 cm a více než 10 cm od osy kořenové soustavy byly zjištěny určité rozdíly mezi variantami, které jsou v některých případech statisticky průkazné. Poznatky lze shrnout následovně (v závorkách jsou uvedeny průměrné hodnoty):

TVP Trutnov (vzdálenost od osy kořenové soustavy):

0 – 5 cm: statisticky významně více kořenů mají varianty A a C (14) než varianta B (12)

5 – 10 cm: statisticky významně více kořenů má varianta A (7) než varianta C (5), varianta B (6,5) je shodná jak s variantou A, tak s variantou C

> 10 cm: statisticky významně více kořenů má varianta A (4) než varianta C (2), varianta B (2,6) je shodná jak s variantou A, tak s variantou C

TVP Zlaté Hory (vzdálenost od osy kořenové soustavy):

0 – 5 cm: statisticky významně více kořenů má varianta C (16) vůči variantě B (12,5), varianta A (14,9) je shodná s variantami B a C

5 – 10 cm: statisticky významně více kořenů má varianta C (9,8) vůči variantě B (5,7), varianta A (7,4) je shodná s variantami B a C

> 10 cm: shodnost počtu kořenů ve všech variantách (2,8)

Z výše uvedených výsledků sice vyplývají určité a v některých případech i statisticky významné rozdíly, podstatné je ale to, že vyhraněně neukazují a nesignalizují vážnější problém s kumulací kořenů v prostoru původního kořenového balu a to ani u intenzivně hnojené varianty pokusů (varianta B).

Statisticky významný rozdíl mezi variantami pokusů nebyl zjištěn ani při měření počtů silných kořenů v hloubce 25 cm. U vzorníků z TVP Trutnov je to v průměru všech variant 11 kořenů, u TVP Zlaté Hory 12,5 kořenů prokořeňujících hlouběji než 25 cm v půdním profilu výsadbové jamky.

Z analýz odebraných vzorníků z jednotlivých variant pokusů dále vyplývá, že na obou sledovaných plochách tvoří v 97 % kostru kořenových systémů kulové kořeny, zbývající 3 % mají charakter srdčitého kořenového systému. Nevyskytují se tedy žádné výrazné anomálie v charakteru růstu dominantních kosterních kořenů, které mají v převážné většině přirozený pozitivně geotropický směr růstu. Na obrázku 1 je ukázka velmi dobře se rozrůstajícího kořenového systému, kde se již prosazuje dominance několika pozitivně geotropicky rostoucích kořenů. Na obrázku 2 je ukázka kořenové soustavy, kde jsou kořeny správně vertikálně a bez deformací nasměrovány a prozatím se neprojeví výraznější dominance některého z nich. Je zde ale velký předpoklad, že dominance se v relativně krátkém období projeví.

Deformace kořenových systémů byly na TVP Trutnov zjištěny v 5 %, na TVP Zlaté Hory v 16 %. Na této výzkumné ploše byly deformace klasifikovány v největší míře pro variantu (C), tj. bez vyhnojení substrátu během předchozího pěstování ve školce. K nejčastěji se vyskytující deformaci patřilo ohnutí kořenů do tvaru J-L, což bylo v řadě případů způsobeno stanovištními podmínkami (výskyt překážek, zejména kamenů, na něž kořeny narazily). Na základě

Tab. 3.

Průměrné hodnoty sušiny nadzemních částí a kořenů pět let po výsadbě na trvalá stanoviště (Trutnov, Zlaté Hory)

Average values of aboveground dry matter and roots five years after afforestation on permanent plots (Trutnov, Zlaté Hory)

Varianta/Variant	Sušina nadzemní části (g)/ Aboveground dry matter (g)		Sušina kořenů (g)/ Root dry matter	
	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007
A	161	84	60	38
B	156	81	61	38
C	136	91	42 *	40

Pozn.: Hvězdička (*) označuje statisticky signifikantní rozdíly v porovnání variant. Popis variant viz tabulku 1/Asterix (*) means statistically significant differences in comparison of variants. Description of variants is in table 1

Tab. 4.

Průměrné hodnoty parametrů kořenových systémů pět let po výsadbě na trvalá stanoviště (Trutnov, Zlaté Hory)

Root system parameters five years after afforestation on permanent plots (Trutnov, Zlaté Hory)

Varianta/ Variant	Suma průměru silných kořenů (mm)/ Strong roots average sum (mm)		Počet silných kořenů v hloubce 25 cm/ Number of strong roots in 25 cm depth		Poměr sušiny kořenů k sušině nadz. částí/Root aboveground dry matter ratio	
	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007	Trutnov 2007	Zlaté Hory 2007
A	137	110	13	16	0,4	0,6
B	130	115	10	10	0,4	0,5
C	104 *	113	10	10	0,3	0,5

Pozn.: Hvězdička (*) označuje statisticky signifikantní rozdíly v porovnání variant. Popis variant viz tabulku 1/Asterix (*) means statistically significant differences in comparison of variants. Description of variants is in table 1

výsledků z hodnocení deformací kořenových soustav u jednotlivých variant pokusů je tedy možné konstatovat, že nebyl zjištěn výraznější vznik druhotných deformací vzniklých po výsadbě semenáčků buku na lesní pro buk příznivá stanoviště.

DISKUSE A ZÁVĚR

Literární zdroje (PEJCHAL 2004, EHLERS 1986, KÖSTLER et al. 1968, KRIEMNER 1996) zařazují *Fagus sylvatica* podle charakteru kostry kořenového systému do srdčitého typu. Z našich pokusů uvedených v tomto příspěvku je zřejmé, že dominantní kořeny kořeny pozitivně geotropicky rostoucí a tvořící kostru kořenových systémů, převažují ve výsadbách krytokořenného buku lesního již 5 let po zalesnění. To se shoduje s informacemi PEJCHALA (2004), který uvádí, že prakticky u všech listnáčů semenného původu je na počátku jejich existence křivkový kořenový systém. V tomto období vertikální kořeny, představované na stanovišti bez negativních vlivů křivkovým kořenem výrazně dominují v délce, tloušťce i celkové biomase nad kořeny horizontálními. Velmi brzy však nastává proces, trvající až do konce existence jedince, který je charakterizován snižováním významu kořenů vertikálních a naopak zvyšováním důležitosti kořenů horizontálních. Mezi faktory, které významně

ovlivňují hloubku prokořenění, patří podle KUTSCHERA a LICHTENEGGERA (2002) zejména hloubka zahřátí půdy, obsah vody v půdě, obsah humusu, kořenová konkurence aj. Tyto rozdíly jsme zaznamenali i při porovnávání vzorníků buku z našich pokusů ve srovnání stanovištních podmínek TVP Trutnov a TVP Zlaté Hory.

Na sledovaných pokusných plochách bylo klasifikováno 5 % (TVP Trutnov) a 16 % (TVP Zlaté Hory) rostlin s kořenovými systémy vykazujícími deformace. Zjištěnými typy deformací je ohnutí kořenů do tvaru J-L, jedná se o deformace způsobené mělkým půdním profilem na fylitovém podloží Zlatých hor. Výskyt deformací v jejich počtu a závažnosti nebyl v našich pokusech významný, přičemž nebyla prokázána ani závislost vzniku deformací na intenzitě hnojení ve školce. Tyto údaje se výrazně liší od literárních zdrojů (MAUER, PALÁTOVÁ 2004), kteří uvádějí až 85 % deformovaných kořenových systémů u porostů v provozních výsadbách založených krytokořenným sadebním materiálem. Zde je nutno podotknout, že naše pokusy byly zakládány s důrazem na použití biologicky vhodných pěstebních obalů. Předcházet vzniku deformací kořenových soustav lze výběrem ověřeného obalu pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu podle Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC 2005, JURÁSEK, NÁROVCOVÁ,

NÁROVEC 2006) a také vhodným způsobem výsadby na trvalá stanoviště. Způsob výsadby krytokořenného i prostokořenného materiálu je dalším rozhodujícím technologickým momentem, který předurčuje budoucí kvalitu a stabilitu zakládaných kultur (JURÁSEK 2000, NÁROVEC 1998).

Dílič závěry, které vyplývají z našich experimentů ověřujících vliv různého způsobu hnojení krytokořenných semenáčků buku ve školce na jejich následný růst a vývoj 5 let po výsadbě na živnější stanoviště, jsou následující:

- U morfoloických parametrů (výška nadzemní části a průměr kořenového krčku) pět let po výsadbě nebyly prokázány rozdíly v odrůstání výsadby v kontextu s úrovní hnojení ve školce. TVP Zlaté Hory vykazuje snížení těchto parametrů o 25 % vůči TVP Trutnov. Tento rozdíl odrůstání kultur je způsoben rozdílnými stanovištními a klimatickými podmínkami daných lokalit.
- Statistickou rozdílnost nevykazuje počet silných kořenů prokoreňující půdní profil nad hloubku 25 cm. Naměřené údaje jsou shodné jak z hlediska jednotlivých variant, tak z hlediska obou pokusných ploch. Průměrně půdní profil nad 25 cm prokoreňuje pět let po výsadbě na trvalá stanoviště 12 silných kořenů. Kořenový systém vzorníků buku z TVP Zlaté Hory představuje jednu třetinu, z TVP Trutnov jednu čtvrtinu celkové biomasy stromu.
- Statisticky významná rozdílnost počtu kořenů v různých vzdálenostech od osy křového kořene u varianty hnojené ve školce pouze na list (C) a varianty luxusně hnojené ve školkařské výrobě (B) se projevila na ploše Zlaté Hory. Zpracováním výsledků 5 let po zalesnění na trvalou plochu vyplývá, že ve vzdálenostech 0 – 5 cm a 5 – 10 cm od osy křového kořene má varianta hnojená ve školkařském prostředí na list statisticky významně vyšší počet kořenů než varianta hnojená luxusní dávkou hnojiva v substrátu. To je velmi zajímavý poznatek svědčící o tom, že i poměrně vysoká dávka pomalurozpustného hnojiva nepůsobila u vysázených stromků větší kumulaci a růst kořenů v omezeném prostoru kořenového balu, což by následně mohlo způsobit druhotné deformace kořenů. Pozitivním výsledkem je i to, že hmotnost sušiny kořenů ani suma průměru nasazení kořenů nevykazují mezi variantami pokusu významnější rozdíly.
- Vliv různého typu stanoviště na růst kořenů potvrzují výsledky z TVP Trutnov, kde nejvyšší počet kořenů v jednotlivých vzdálenostech od osy křového kořene a také nejvyšší hmotnost kořenů vykazuje varianta hnojená doporučenou dávkou pevných hnojiv ve školkařské výrobě (A). Naopak varianta C má zde nejnižší kořenovou hmotu, počet kořenů ve vzdálenostech 5 – 10 cm, > 10 cm je statisticky významně nižší než u varianty A. Podstatné je, že ani v tomto případě, kdy jsme zaznamenali vyšší dynamiku růstu kořenů u variant hnojených ve školce pomalurozpustnými hnojivy (var. A a B), nebyly zjištěny ani náznaky nadměrné kumulace kořenů v prostoru nebo kolem původního kořenového balu a kosterní kořeny se velmi dobře rozrůstaly do okolního prostoru (viz obr. 1 a 2).

Tyto první výsledky z analýz kořenových soustav výsadby krytokořenného sadebního materiálu buku lze považovat za příznivý signál svědčící o tom, že použití pomalurozpustného hnojiva ve školce nemá výraznější negativní dopady na následný růst těchto výpěstků na příznivějších typech stanovišť. Získané výsledky potvrzují dobrou kvalitu kořenových systémů výsadby při použití krytokořenných semenáčků buku pěstovaných v biologicky ověřených typech obalů.

Poděkování:

Výsledky byly získány v rámci řešení výzkumného záměru „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ (MZE č. 0002070201).

LITERATURA

- JURÁSEK, A. Pomůckou pro výběr kvalitní obalené sadby bude „Katalog doporučených pěstebních obalů“. Lesu zdar (Hradec Králové), 2002a, roč. 8, spec. č. Genetika 2002, s. 5.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V. Průvodce krytokořeným sadebním materiálem lesních dřevin. [Containerised planting stock of forest species guidebook]. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2006. 56 s. Metodika pro hospodářskou praxi. ISBN 80-86386-78-3
- KUTSCHERA, L., LICHTENEGGER, E. Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Graz: Leopold Stocker Verlag, 2002. 604 s. ISBN 3-7020-0928-0
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E. Deformace kořenového systému – vznik a možnost eliminace. [Root system deformations – development and possibilities of elimination]. In Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference. 25. 8. 2004 Křtiny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta – Ústav zakládání a pěstění lesů, 2004, s. 85-91. ISBN 80-239-3335-3
- NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V. Aktuálně o testování obalů krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 1, s. 63-64.
- NÁROVCOVÁ, J. Zkušenosti s hodnocením kvality kořenového systému sadebního materiálu lesních dřevin. [Experience of root system of forest tree nursery stock's quality control.] In Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference. Křtiny 25. 8. 2004. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta – Ústav zakládání a pěstění lesů, 2004, s. 103-114. ISBN 80-239-3335-3
- NÁROVEC, V. Průběh a závěry pochůzky po hřebenu Orlických hor dne 24. října 1997. Poradenská zpráva pro Správu Kolowratských lesů v Rychnově nad Kněžnou. Opočno: VÚLHM-VS, 1998. 5 s.
- NÁROVEC, V. 100x o hnojení v lese. Zásady zlepšování lesních půd a výživy lesních porostů hnojením. [Forest soils]. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2001. 31 s. ISBN 80-86386-16-3
- PALÁTOVÁ, E., MAUER, O. Metody studia kořenového systému lesních dřevin. [Methods of studying the root system in forest tree species.] In Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference. 25. 8. 2004 Křtiny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta – Ústav zakládání a pěstění lesů, 2004, s. 5-20. ISBN 80-239-3335-3
- PEJCHAL, M. Architektura kořenového systému stromů. [Root system architecture in trees.] In Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference. 25. 8. 2004 Křtiny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta – Ústav zakládání a pěstění lesů, 2004, s. 21-36. ISBN 80-239-3335-3

EUROPEAN BEECH CONTAINERIZED PLANTING STOCK GROWING ON FERTILE SITES

SUMMARY

The overall purpose of this trial was to examine the influence of different fertilizer doses applied in nursery practice on containerized planting stock growth after it is planted out into a forest. Tap root makes up the major part of root system architecture in European beech stands five years after containerized seedlings planting on permanent plots near Trutnov and Zlaté Hory. We can avoid root systems deformation by choosing verified containers recommended in the Catalogue of biologically tested containers of planting stock for forest tree species growing and by proper planting practice. On experimental plots we found root system deformation at 5% (Trutnov plot) and 16% (Zlaté Hory plot) of plants. Five years after planting of plants being grown under different fertilizer doses rate, morphological characteristics (aboveground part height and root collar diameter) showed identical values. The number of strong roots that grew through soil profile below 25 cm depth showed statistical identity. The measurement values proved equal for individual variants as well as for both experimental plots. Five years after planting, on average 12 strong roots grew through soil profile below 25 cm depth. Outplantings grew further very well, and no adverse effect of slow-release fertilizers on outplantings vitality and growth was observed. Differences in root numbers considering different distances from the root system axis on individual plots will be the subject of further monitoring of root development on the experimental plots.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jarmila Nárovcová, 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: narovcova@vulhmop.cz

POROVNÁNÍ RŮSTU MATEČNÝCH STROMŮ HORSKÝCH POPULACÍ SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) A JEJICH VEGETATIVNÍCH POTOMSTEV VYSAZENÝCH V RŮZNÝCH PODMÍNKÁCH

COMPARISON OF GROWTH OF ORTETS OF MOUNTAIN POPULATIONS WITH NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) AND THEIR VEGETATIVE PROGENIES IN DIFFERENT GROWTH CONDITIONS

JAN LEUGNER, ANTONÍN JURÁSEK, JARMILA MARTINOVÁ

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

ABSTRACT

Impact of environment onto growth of ortets and their vegetative progenies was assessed at open experimental plots founded in 1989 to 2001. Generative ortet mixture was founded by seeds from Norway spruce selected trees of relative good health condition in extreme climatic sites with high exhaust impact during the 1980s. Another selection was used during growth of ortet mixture in extreme mountain site. Morphological characteristics were measured in ortet mixture and clone plantations in 2006. Results show better growth of progenies from ortets with intensive growth and good health conditions. Detail assessment of half-sib progeny show strong impact of actual growth conditions in individual clone plantations.

Klíčová slova: smrk ztepilý, horské podmínky, matečnice, klonové výsadby

Key words: Norway spruce, mountain conditions, ortets, clone plantations

ÚVOD

Řízkování smrku ztepilého je využíváno v rámci programu zachrany genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších (SCHWARZ 1996, SCHWARZ, VAŠINA 1997). Také při nedostatku autochtonního osiva smrku je možné část produkce sazenic zajistit vegetativním způsobem, a to technologií řízkování (JURÁSEK et al. 1994). V souvislosti se záchranou genofondu byla v oblasti Krkonoš založena řada matečnic a klonových výsadeb smrku pocházejících z autochtonních nebo potenciálně stresolerantních stromů z této oblasti. Jejich podrobné sledování by mělo přinést poznatky o použitelnosti potenciálně stresolerantních směsí klonů smrku ztepilého při zalesňování extrémních horských holin a o možnosti uplatnění selekce při přípravě sadebního materiálu k obnově extrémních stanovišť. Základním předpokladem je hypotéza, že při působení celého komplexu stresových faktorů (krátká vegetační doba, mráz, zimní fyziologické „vysychání“, dlouho přetrvávající sněhová pokrývka, nepříznivé půdní podmínky), které byly dále zvýrazněny velkou imisní zátěží, došlo k vyselektování potenciálně stresolerantních jedinců.

Výzkumné plochy byly v minulých letech zakládány zejména z pohledu pěstebního výzkumu, tj. zajištění úspěšné umělé obnovy lesa v extrémních horských podmínkách a vytvoření stabilních lesních ekosystémů. Nejedná se tedy o klasický šlechtitelský program, který by umožnil využít standardní šlechtitelské způsoby zpracování dat. Podrobné statistické hodnocení databáze údajů získaných měřeními v matečnicích a klonových výsadbách v roce 2001 a 2002 ukázalo výraznou variabilitu zpracovávaných dat (JURÁSEK, MARTINOVÁ 2005). Domníváme se, že zvýšená adaptabilita k nepříznivým podmínkám se bude výrazněji projevovat se stoupajícím věkem stromů a délkou

doby jejich růstu na extrémních stanovištích. Postupným odezníváním šoku z přesazení a zmenšováním vlivu mikrostanoviště by se měly více projevovat případné rozdíly v adaptabilitě k extrémním podmínkám podmíněné geneticky. Vztah výškového růstu smrku k nadmořské výšce jejich původu uvádějí například MODRZYNSKI (1995) a KOTRLA (1998). Proto bylo hodnocení generativních matečnic a klonových výsadeb zopakováno po dalších 4 až 5 letech růstu.

Výzkumné řešení selekce realizované metodou řízkování je komplikováno přirozenou variabilitou genové základny. Pro získání objektivních výsledků je proto třeba pracovat v rámci jednotlivých klonů (SCHACHLER et al. 1987, SCHACHLER 1988).

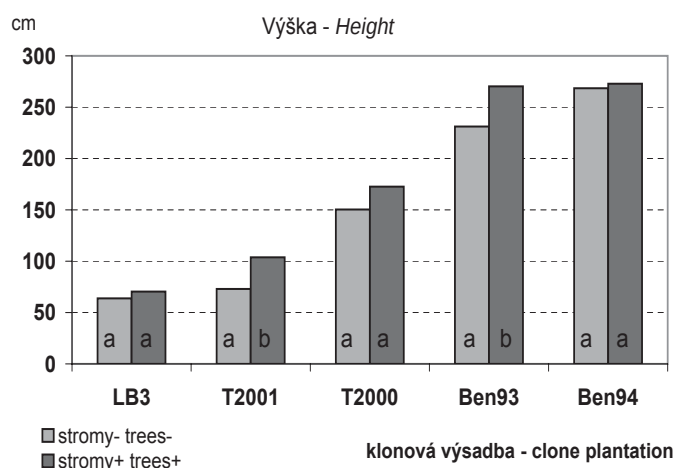
MATERIÁL A METODY

Pro sledování vlivu prostředí na růst matečných stromů a jejich vegetativních potomstev byla využita série výzkumných ploch založených v letech 1989 až 2001. V tomto příspěvku jsou uváděny výsledky z generativní matečnice (Lesní Bouda I), která byla založena z generativně vypěstovaných sazenic z osiva vybraných jedinců smrku s relativně dobrým zdravotním stavem v extrémních klimatických podmínkách s vysokou intenzivní imisní zátěží v 80. letech minulého století. Již u těchto stromků pocházejících z osiva vitálních stromů vystavených stresovým podmínkám bylo možné předpokládat určitou míru odolnosti vůči stresům. Další selekce probíhala přirozeným výběrem během růstu této matečnice v extrémních horských podmínkách. Řízky z vitálních jedinců této výsadby (matečnice) byly postupně používány pro zakládání klonových výsadeb v různých klimatických podmínkách. Jejich přehled je uveden v tabulce 1. Pro posouzení vlivu přírodních podmínek byly klonové výsadby zakládány ve velmi širokém rozpětí přírodních podmínek.

Tab. 1.

Přehled počtu stromů v matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách založených řízkovanci pocházejícími z těchto stromů
Information about ortet mixture Lesní Bouda 1 and clone plantations established by cuttings originated from these ortets

Plocha (označení)/Plot	Nadmořská výška/ Altitude	Rok výsadby/ Year of plantation	Materiál/ Type of reproductive material	Počet klonů/ Number of clones	Počet jedinců/ Number of trees
Lesní Bouda 1 (LB1)	1 080	1989	generativní z vitálních stromů – výsev 1985 a 1986/generative from vital trees – planting in 1985 and 1986	489	489
Lesní Bouda 3 (LB3)	1 080	1996	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1992/ cuttings from LB1 – sampling in 1992	59	381
Benecko A (Ben93)	750	1997	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1993/ cuttings from LB1- sampling in 1993	162	613
Benecko B (Ben94)	750	1997	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1994/ cuttings from LB1 – sampling in 1994	111	111
Trutnov 2000 (T2000)	480	2000	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1996/ cuttings from LB1- sampling in 1996	133	891
Trutnov 2001 (T2001)	520	2001	řízkovance z matečnice LB1 – odběr řízků 1997/ cuttings from LB1- sampling in 1997	20	49



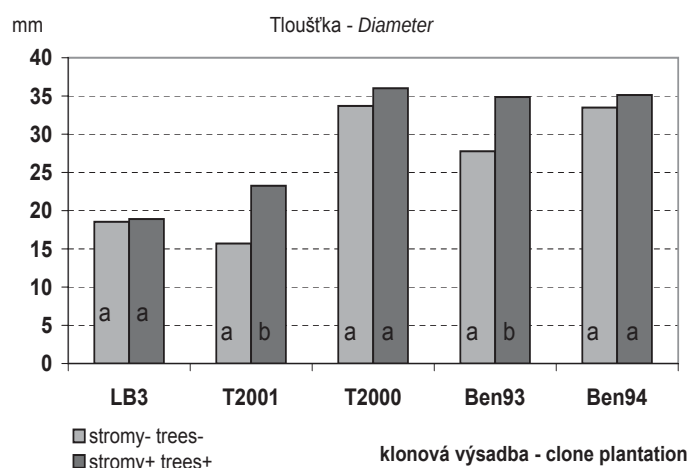
Obr. 1.

Výškový růst vegetativních potomstev nejvyšších stromů (stromy+) a nejmenších stromů (stromy-) z generativní matečnice Lesní Bouda 1. Údaje o lokalitách a věku klonových výsadeb jsou uvedeny v tabulce 2. Rozdílná písmena v sousedních sloupcích znamenají statisticky průkazné rozdíly mezi potomstvy velkých a malých stromů.

Height growth of vegetative populations of tallest trees (trees+) and smallest trees (trees-) from generative ortet mixture Lesní Bouda 1. Information about conditions of clone plantations is in table 2. Different letters mean significant differences between variants at significance level 95%.

V současné době jsou z vytvořené rozsáhlé databáze údajů vybírány menší úseky, v nichž jsou hledány odpovědi na různé dílčí otázky. Jedním z takových příkladů je posouzení, do jaké míry se intenzivní růst matečných stromů v extrémních horských podmínkách zachovává i u vegetativních potomstev.

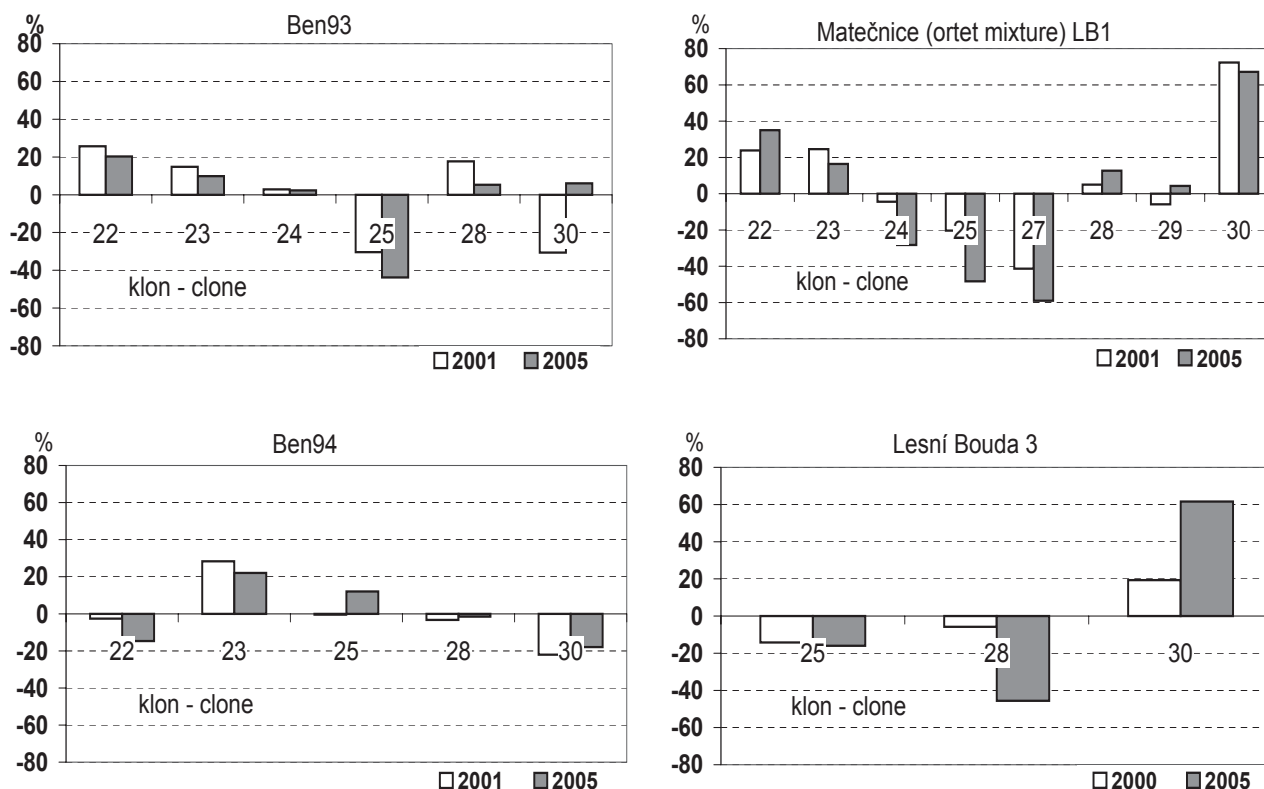
V tomto příspěvku jsme se zaměřili na hodnocení růstu matečných stromů v nepříznivých horských podmínkách v matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách založených řízkovanci pocházejícími z této matečnice v rozdílných klimatických podmínkách horských a podhorských poloh.



Obr. 2.

Tloušťkový růst vegetativních potomstev nejvyšších stromů (stromy+) a nejmenších stromů (stromy-) z generativní matečnice Lesní Bouda 1. Údaje o lokalitách a věku klonových výsadeb jsou uvedeny v tabulce 2. Rozdílná písmena v sousedních sloupcích znamenají statisticky průkazné rozdíly mezi potomstvy velkých a malých stromů. Tloušťka byla hodnocena jako průměr kořenového krčku, na Benecku jako $d_{1,3}$. Diameter growth of vegetative populations of tallest trees (trees+) and smallest trees (trees-) from generative ortet mixture Lesní Bouda 1. Information about conditions of clone plantations is in table 2. Different letters mean significant differences between variants at significance level 95%. Diameter was assessed as diameter root collar and at locality Benecko as $d_{1,3}$.

Na jaře 2006 před začátkem růstové aktivity bylo provedeno měření výškového a tloušťkového růstu vybraných polosesterských potomstev v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách založených řízkovanci pocházejícími z této matečnice (polosesterská potomstva jsou tvořena jedinci generativního původu vypěstovanými z osiva stromů s vyšší odolností vůči stresům a jejich vegetativně množenými potomky). Měřena byla celková výška stromů, poslední výškový přírůst a tloušťka kmínku. Vzhledem k rozdílnému věku a výškové diferenciaci výsadeb byl tloušťkový přírůst v klonových výsadbách Lesní Bouda 3, Trutnov 2000 a Trutnov 2001 měřen



Obr. 3.

Výška nadzemních částí vybraných klonů znázorněná jako relativní hodnoty vzhledem k průměrům ze souborů uvedených klonů na jednotlivých lokalitách

Shoot height of clones as relative value owing to average of files of clones at different localities

jako průměr kořenového krčku těsně nad povrchem půdy, zatímco u velkých stromů v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách Benecko A a B byl měřen průměr kmínku $d_{1,3}$. Pro porovnání dynamiky růstu mezi jednotlivými lokalitami jsou pak používány relativní hodnoty vztažené k průměrnému růstu hodnocených souborů klonů.

Pro hodnocení rozdílů mezi potomstvy nadprůměrně a podprůměrně rostoucích stromů v matečnici Lesní Bouda 1 byli v této matečnici vybráni intenzivněji rostoucí, tj. nejvyšší jedinci (vyšší než 290 cm) s dobrým zdravotním stavem (10 % nejintenzivněji rostoucích klonů v matečnici LB1 s dostatečným počtem potomků v klonových výsadbách) a podprůměrně rostoucí jedinci (menší než 150 cm – 10 % nejhůře rostoucích klonů v matečnici LB1 s dostatečným počtem potomků v klonových výsadbách). V jednotlivých klonových výsadbách byl vyhodnocen a vzájemně porovnáván růst jejich potomstev.

Rozdíly mezi potomstvy s různou dynamikou růstu, tj. intenzivně a pomalu přirůstajícími matečnými stromy, byly statisticky hodnoceny pomocí t-testu. Pro statistické výpočty byl použit program Microsoft Excel.

Další aspekt, na který jsme se zaměřili, bylo detailní sledování růstu lépe i hůře rostoucích klonů z vybraného polosesterského potomstva vysazených v různých podmínkách. K tomuto účelu jsme využili údaje o růstu jednotlivých klonů polosesterského potomstva stromu č. 2 z Malé Kotelní jámy (mkj2) v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách popsanych v tabulce 1. Toto potomstvo bylo vybráno vzhledem k jeho nadprůměrné vitalitě růstu v generativní matečnici.

V návaznosti na poznatky o růstu jednotlivých klonů (vegetativního potomstva jednoho matečného stromu) získaných v roce 2001 bylo provedeno opakované hodnocení tohoto potomstva v roce 2006. Cílem je zjistit, jak ovlivnily různé stanovištní podmínky růst jednotlivých klonů. Výsledky jsou vyjádřeny procentem z průměrných hodnot výšky nadzemních částí potomstva v daných kulturách. Hodnocení bylo provedeno samostatně pro každou klonovou výsadbu a byli hodnoceni všichni jedinci pocházející z polosesterského potomstva Malá Kotelní jáma 2.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Základní údaje o růstu smrkových výsadb na jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v tabulce 2. Z těchto naměřených hodnot jsou zřejmé výrazné rozdíly v růstu na jednotlivých lokalitách v závislosti na nadmořské výšce a klimatických podmínkách. Nejvyšší přírůsty byly zaznamenány na lokalitách Benecko. V kulturách, kde byla tloušťka měřena jako $d_{1,3}$, nemohly být do tohoto měření zahrnuty menší stromy, kde bylo možné měřit pouze tloušťku krčků. Proto se v tabulce vyskytují odlišné počty jedinců u měření výšky nadzemní části a tloušťky krčků nebo kmínků.

V generativní matečnici Lesní Bouda 1 (nadmořská výška 1 080 m n. m., věk 17 let) byly vybrány jednak dynamicky přirůstající stromy (vyšší než 290 cm - označení „stromy+“) a dále jedinci s nízkou dynamikou růstu (menší než 150 cm – označení „stromy-“). Porovnání výškového a tloušťkového růstu jejich potomstev v klonových výsadbách v různých stanovištních podmínkách je znázorněno na obrázcích 1 a 2.

Tab. 2.

Průměrné hodnoty základních dendrometrických znaků v matečnici a klonových výsadbách smrku ztepilého v různých podmínkách
The basic mensurational characteristics in ortets and clone plantations of Norway spruce in different conditions

Výzkumná plocha/Research plot		LB1	LB3	Ben93	Ben94	T2000	T2001
Výška/Height (cm)	průměr/average	199,1	66,0	251,6	260,1	155,7	84,8
	směrodatná odchylka/s.d.	75,656	21,965	67,522	64,637	45,149	34,820
	počet/number	205	179	281	252	234	49
Výškový přírůst/ Height increment 2005 (cm)	průměr/average	14,9	5,1	51,8	59,0	45,4	23,9
	směrodatná odchylka/s.d.	7,178	4,437	19,115	17,665	15,628	10,930
	počet/number	205	179	281	252	234	49
Tloušťka/ Diameter (mm)	průměr/average	26,8*	17,6	31,8*	33,3*	33,3	20,3
	směrodatná odchylka/s.d.	16,034	6,650	11,428	11,316	10,316	6,996
	počet/number	162	179	272	251	234	49

*) Měřen průměr kmínku ve výšce 1,3 m, u ostatních průměr kořenového krčku těsně nad povrchem půdy/Measured stem average in height of 1.3 m, for the others average of root collar measured just above the soil surface

Z výsledků uvedených na obrázcích 1 a 2 vyplývá, že potomstva matečných stromů s intenzivním růstem a dobrým zdravotním stavem (stromy+) lépe rostla ve všech klonových výsadbách. Rozdíly byly statisticky průkazné prozatím ve dvou případech. Tyto poznatky potvrzují předpoklad, že selekce klonů pro extrémní podmínky může být prováděna přirozeným výběrem v matečnicích založených v extrémním prostředí podobném místu určení (SCHACHLER et al. 1986). Posouzení tohoto trendu bude předmětem výzkumu i v dalších letech.

Výsledky podrobného sledování růstu uvnitř polosesterské populace stromu z Malé Kotelní jámy (mkj2) v generativní matečnici Lesní Bouda 1 a v klonových výsadbách jsou uvedeny na obrázku 3. Z těchto údajů jsou patrné výrazné rozdíly růstu některých klonů na různých lokalitách, což potvrzuje značný vliv konkrétních růstových podmínek v jednotlivých klonových výsadbách. Zejména v extrémních podmínkách výsadeb na lokalitě Lesní Bouda (LB1 a LB3) se ukázal výborný růst klonu č. 30, který naopak na příznivější lokalitě Benecko vykazoval růst podprůměrný. Tento fakt potvrzuje hypotézu, že zvýšená odolnost vůči stresům může znamenat snížení intenzity růstu, a to zejména na lokalitách s nižším vlivem stresových faktorů. Významnou interakci klon x stanoviště u smrku ztepilého popisuje například Isik (ISIK et al. 1995). Podobné závěry uvádějí i KARLSSON a HÖGBERG (1998) a KARLSSON (2000) s tím, že interakce výškového růstu klonů se stanovištěm se může měnit s věkem klonové výsadby.

Uvědomujeme si, že intenzivní růst v prvních letech nemusí znamenat i lepší adaptabilitu k extrémním horským podmínkám, v řadě případů tomu může být naopak. Proto předpokládáme v dalších letech porovnávání různých morfologických a fyziologických parametrů.

ZÁVĚR

Vzhledem k tomu, že matečnice a klonové výsadby byly v minulých letech zakládány zejména z pohledu pěstební výzkumu, tj. zajištění úspěšné umělé obnovy lesa v extrémních horských podmínkách a vytvoření stabilních lesních ekosystémů, nejedná se o klasický

šlechtitelský program, který by umožnil využít standardní šlechtitelské způsoby zpracování dat. Poznatky ale mohou mít velký význam pro obnovu lesa v extrémních horských polohách. Dílčí poznatky, které jsme prozatím získali, ukazují na vyšší dynamiku růstu prakticky všech klonových výsadeb v různých klimatických podmínkách, pokud byly řízky odebírány z vitálních matečných stromků rostoucích v extrémních horských podmínkách. I když vyšší dynamika růstu nebyla ve všech případech statisticky průkazná, jedná se o velmi zajímavá zjištění potvrzující hypotézu, že selekce klonů pro extrémní klimatické podmínky může být prováděna přirozeným výběrem v matečnicích založených v extrémním horském prostředí (SCHACHLER et al. 1986).

Při podrobném sledování růstu uvnitř vybraného polosesterského potomstva (mkj2) se výrazně projevuje vliv konkrétních růstových podmínek v jednotlivých klonových výsadbách. Proto je relativní růst klonů uvnitř polosesterského potomstva na různých lokalitách odlišný. Rozdíly v relativním růstu podporují hypotézu, že odolnost vůči stresům může znamenat snížení intenzity růstu na lokalitách s nižším vlivem stresových faktorů. Vzájemná interakce růstu klonů a stanovištních podmínek se v průběhu času může měnit a proto bude sledování klonových výsadeb pokračovat i v následujících letech.

Vzhledem k tomu, že intenzivní růst v prvních letech nemusí znamenat dlouhodobou adaptabilitu k extrémním horským podmínkám, předpokládáme v dalších letech porovnávání dalších morfologických a fyziologických parametrů (olistění, případné růstové anomálie, fluorescence chlorofylu apod.) ve výsadbách na různých exponovaných stanovištích.

Poděkování:

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením projektu NAZV č. 1G58021 „Možnosti použití směsí klonů smrku ztepilého se zvýšenou odolností vůči stresům na antropogenně narušených stanovištích horských poloh“.

LITERATURA

- ISIK, K., KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J. Survival, growth trends and genetic gains in 17-year-old *Picea abies* clones at seven test sites. *Silvae Genetica*, 1995, vol. 44, s. 116-128.
- JURÁSEK, A., HYNEK, V., NOVOTNÝ, P. Záchrana genofondu a lesní školkařství. In Stav horských lesů Sudet v České republice. Opočno: VÚLHM-VS, 1994, s. 5-24.
- JURÁSEK, A., MARTINOVÁ, J. Vliv původu a podmínek prostředí na růst klonů smrku ztepilého po výsadbě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2005, roč. 50, č. 2, s. 69-75.
- KARLSSON, BO. Clone testing and genotype x environment interaction in *Picea abies*. Doctoral thesis. In *Acta universitatis agriculturae sueciae*. Silvestria 162. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2000. 47 s.
- KARLSSON, BO., HÖGBERG, K. A. Genotypic parameters and clone x site interaction in clone test of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). *Forest Genetics*, 1998, vol. 5, s. 21-30.
- KOTRLA, P. Uchování a reprodukce genofondu původních populací smrku 8. lesního vegetačního stupně v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku. Disertační práce. Brno: MZLU, 1998. 139 s.
- MODRZYNSKI, J. Altitudinal adaptation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) progenies indicates small role of introduced populations in the Karkonosze Mountains. *Silvae Genetica*, 1995, vol. 44, no. 2/3, s. 70-75.
- SCHACHLER, G. Aufbau sowie erste Ergebnisse zur Entwicklung und Nutzung eines Stecklings-Mutterquartiers mit Fichtenklonen verminderter Anfälligkeit gegenüber SO₂. *Beiträge für die Forstwirtschaft*, 1988, vol. 22, no. 2, s. 55-61.
- SCHACHLER, G., KOHLSTOCK, N., MATSCHKE, J. A., WEISER, F. Autovegetative Vermehrung von Alternativbaumarten für SO₂-Schadgebiete. *Beiträge für die Forstwirtschaft*, 1987, vol. 21, no. 1, s. 1-6.
- SCHACHLER, G., MATSCHKE, J., KOHLSTOCK, N., WEISS, M., BRAUN, H. Zum Stand der autovegetativen Vermehrung in der DDR. *Sozialis. Forstwirtschaft*, 1986, vol. 36, s. 215-218.
- SCHWARZ, O. Záchrana genofondu krkonošského smrku. In Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Sborník příspěvků z mezinárodní konference ... Opočno, 15. – 17. 4. 1996. Ed. S. Vacek. Opočno: VÚLHM-VS, 1996, s. 125-132.
- SCHWARZ, O., VAŠINA, V. Záchrana genofondu geograficky původních druhů lesních dřevin v Krkonoších. *Pracovní materiál Správy KRNP* 1997. 12 s.

COMPARISON OF GROWTH OF ORTETS OF MOUNTAIN POPULATIONS WITH NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) AND THEIR VEGETATIVE PROGENIES IN DIFFERENT GROWTH CONDITIONS

SUMMARY

In the connection with delivery of Norway spruces gene pool from the Krkonoše Mts. ortet mixtures and clone plantations were founded by reproductive material from autochthonous trees with higher resistance to stresses. Impact of natural conditions onto growth of ortets and their vegetative progenies has been assessed at research plots founded in 1989 - 2001. Generative ortet mixtures were founded by seeds from trees of relatively good vitality during period with high air pollution in the 1980s in extreme mountain conditions. Natural selection in extreme mountain conditions during growth of ortets has meant the second selection.

For assessment of differences between progenies with exceptionally vigorous and subnormal growing trees there were selected intensively growth trees (higher than 290 cm – “trees+”) with good health condition and subnormal growth trees (“trees-”) in ortet mixture Lesní Bouda 1. Their progenies were balanced in clone plantations. The result shows better growth of progenies of + trees in every clone plantations (in two plantations the results were statistically significant).

Another aspect of observation is detailed growth assessment of better and worse growing clones from half-sib progeny in different natural conditions. Detailed assessment of half-sib progeny shows strong impact of actual growth conditions in individual clone plantations.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Leugner, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; leugner@vulhmop.cz

POSOUZENÍ VÝVOJE POTOMSTEV JEDLE BĚLOKORÉ (*ABIES ALBA* MILL.) PŮVODEM ZE SLOVENSKA A ČESKÉ REPUBLIKY NA VÝZKUMNÉ PLOŠE Č. 53 - KONOPIŠTĚ, MRAČ DO VĚKU 35 LET

REVIEW OF DEVELOPMENT OF SLOVAK AND CZECH SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) PROVENANCES ON RESEARCH PLOT NO. 53 - KONOPIŠTĚ, MRAČ FOR THE FIRST 35 YEARS

Jiří ČÁP^{1), 2)}, Petr Novotný^{1), 2)}, Jiří ŠINDELÁŘ¹⁾, Josef Frýdl, CSc.¹⁾

¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, ²⁾ FLD ČZU Praha

ABSTRACT

In order to study the potential to improve silver fir forest health, 20 provenance research plots were established in the former Czechoslovakia between 1973 and 1977. The results presented in this paper include an evaluation of 15 provenances on research plot no. 53 – Konopiště, Mrač (Central Bohemia), for the first 35 years. Two of the provenances originated in what is now the Czech Republic, while the remaining 13 provenances came from Slovakia. We evaluated progenies of 15 trees in each provenance. Total height and DBH parameters were measured, while mean stem volume and mean stem growing stock per hectare were derived from yield tables. We visually assessed stem form and health status. Differences between each provenance's growth and characteristics of individual trees' progenies have been analysed. We evaluated variation in volume, growth and yield based on categories of nature forest regions, climatotypes, and European forest zoning and were able to identify superior provenances.

Klíčová slova: jedle bělokorá (*Abies alba* MILL.), hodnocení, výzkumné plochy, provenienční výzkum, testování potomstev, geografická proměnlivost, Česká republika, Slovenská republika

Key words: silver fir (*Abies alba* MILL.), evaluation, research plots, provenance research, progeny testing, geographic variability, Czech Republic, Slovak Republic

ÚVOD

Jedle bělokorá (*Abies alba* MILL.) je naše původní lesní dřevina, která patří mezi nejkrásnější jehličnaté stromy, avšak z přírody ČR se po řadu let vytrácí. Spolu s bukem se významně podílela na dřevinné skladbě pralesních porostů pahorkatin. V rámci svého přirozeného areálu se vyskytuje zejména ve středních a vyšších polohách střední a západní Evropy, ale i v jižní Evropě. Hlavním místem jejího rozšíření je hercynská, karpatská a alpská oblast. Vertikálně je rozšířena od nižších poloh v cca 300 m n. m. až po smrkový lesní vegetační stupeň na horách (cca 1 100 m n. m.), horní hranice lesa však nikdy nedosahuje. Nejvýše vystupuje v Pyreneích, kde ji nalezneme ve výškách 1 800 - 2 100 m n. m. Těžiště jejího výskytu je hlavně v jedlobukovém lesním vegetačním stupni. Vyhovují jí oblasti a stanoviště s mírnými teplotními výkyvy a s vysokou relativní vlhkostí vzduchu. K omezujícím faktorům na horní hranici jejího výskytu patří krátké vegetační období a nedostatek tepla. Na spodní hranici jsou to pak pozdní mrazy a nedostatek dešťových srážek (PILÁT 1964).

Jedle bělokorá je jednou z našich dřevin, která dokáže dlouhodobě růst v zástínu, z domácích jehličnanů ji v tomto směru předstihuje jen tis. Nelze podceňovat její cenný biologický význam v lesích. Podíl jedle ve smíšených porostech je velmi důležitý pro jejich zpevňování proti nepříznivému působení větru, kde svým kořenovým systémem a opadem působí příznivě na strukturu lesní půdy. Proto je v současné době lesnickým provozem vysazována stále více (i když prozatím ne v takové míře, jak by bylo žádoucí) jako meliorační a zpevňující

dřevina. Ve srovnání se smrkem je však náročnější v požadavcích na hloubku a vlhkost půdy.

Z hlediska dřevní produkce je nutno mít na zřeteli, že v době gradace růstu má nejvyšší přírůst a dává největší výnosy dřevní hmoty. Je to tedy naše nejproduktivnější domácí dřevina, jejíž dřevo má stejnou kvalitu jako hospodářsky dosud nejvýznamnější dřevo smrkové. Původní zastoupení jedle v lesích ČR bylo v pahorkatinách 11 %, na vrchovině 36 % a v hornatině 12 %. Jedle měla největší zastoupení v Evropě mezi 14. – 16. stoletím, kdy byla považována za expanzivní druh, který se šířil na úkor buku. Její ústup začal již v 18. století (PRŮŠA 1990). Vývoj jejího zastoupení v minulém století a v posledních letech je patrný z tabulky 1.

Ústup jedle z lesů se silně projevuje jen v některých částech přirozeného areálu této dřeviny. Lze tedy reálně předpokládat, že v rámci areálu druhu *Abies alba* existují dílčí populace, které mohou ve srovnání s domácími populacemi vykazovat vyšší odolnost a životaschopnost i v našich podmínkách (ŠINDELÁŘ 1975). Zachování jedle v jejím do budoucna předpokládaném minimálně 5% zastoupení v lesních porostech (ŠINDELÁŘ 1995) je úkol, který spočívá hlavně na lesnické pěstební praxi, která musí mít po všech stránkách pěstební problematiky jasno o všech nárocích jedle a způsobech jejího pěstování, kdy je třeba také plně zabezpečit její ochranu. Znamená to neustálé zvyšování současných znalostí dalším studiem biologie této dřeviny. Z užšího šlechtitelského hlediska je třeba soustředit pozornost na výzkum proveniencí jak domácího, tak i zahraničního původu se zřetelem k jejich využití v lesnické praxi. K řešení dalších úkolů vyplývajících ze současného programu šlechtění se naskýtá



Foto 1.

Výzkumná plocha č. 53 – Konopiště, Mrač, část opakování IV (24. 8. 2004, J. ČÁP)

Research plot no. 53 – Konopiště, Mrač, part of replication IV (24th August 2004, J. ČÁP)

Tab. 1.

Zastoupení jedle bělokoré v lesích ČR v letech 1950 – 2006

Composition of silver fir in the Czech Republic forests in period 1950 - 2006

Rok/Year	1950	1970	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Plocha/Plot (ha)	64 692	53 325	44 886	27 708	23 138	23 020	23 092	23 363	23 534	23 918
%	2,8	2,1	1,7	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky. Stav k 31. 12. 1996; Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005

otázka možnosti založení další ověřovací výsadby k testování domácích i zahraničních populací jedle bělokoré a takových druhů jedlí, které se s domácí jedlí přirozeně nekříží. Založení těchto výsadeb musí vycházet z poznatků a výsledků získaných na dosud existujících výzkumných plochách, se zvláštním zřetelem k proveniencím, které se projevují nejlepším růstem, produkcí, odolností apod.

CÍL PRÁCE

Cílem výzkumu na ploše č. 53 - Konopiště, Mrač je prohloubení poznatků o proměnlivosti a odolnosti dílčích populací jedle bělokoré, resp. potomstev jednotlivých stromů z volného sprášení, se zaměřením na proměnlivost růstu, životaschopnost a dědičnost znaků. Získané poznatky by měly přispět k řešení otázky zachrany této dřeviny jako druhu pro lesní hospodářství ČR. Na základě zjištěných informací by měly být definovány proveniencce z hlediska jejich vhodnosti pro použití k obnově lesních porostů v případě nedostatku osiva místního původu. Konkrétním cílem fáze výzkumu prezentované v této práci je vyhodnocení biometrických měření výšek a výčetních tloušťek rostoucích jedinců patnácti proveniencí z ČR a Slovenska ve věku 35 let, včetně statistického zpracování dat a interpretace výsledků.

MATERIÁL A METODIKA

Za účelem řešení problematiky spojené s jedlí bělokorou v ČR bylo v letech 1973 až 1977 založeno 20 provenienčních výzkumných ploch. Podrobnosti o založení této série ploch byly již ve Zprávách lesnického výzkumu publikovány, viz např. ŠINDELÁŘ, FRÝDL, NOVOTNÝ (2005), ŠINDELÁŘ et al. (2005), souhrn nejvýznamnějších dosažených výsledků publikovali ČÁP a NOVOTNÝ (2006). K této sérii náleží i výzkumná plocha č. 53 – Konopiště, Mrač, která byla založena v roce 1973 v bývalé lesní školce na polesí Dubsko. Po transformaci lesního závodu Konopiště patří tato plocha do správy polesí Komorní Hrádek. Výzkumná plocha o velikosti 0,54 ha byla založena podle schématu dvojité mříže. Plocha se nachází v nadmořské výšce 300 m n. m. v nivě potoka na stanovišti javorové jasaniny (SLT 3U). Průměrná roční teplota dosahuje 8,6 °C, průměrný roční úhrn srážek činí 620 mm. Počet proveniencí byl zvolen s ohledem na velikost bývalé lesní školky poskytnuté k založení výzkumné plochy tak, aby bylo zajištěno čtyřnásobné opakování všech potomstev (ŠINDELÁŘ 1975). Na ploše bylo ve čtyřech opakováních vysazeno 13 proveniencí ze Slovenska a 2 srovnávací proveniencce z ČR (tab. 2, obr. 1), tj. celkem 15 proveniencí v širším slova smyslu (s. l.) vysazených na 60 (15 x 4) parcelách nepravidelného tvaru. Každá proveniencce je tvořena potomstvy 15 stromů z volného sprášení, která byla na plochu vysazena odděleně. Pokud jde o tyto pokusné varianty v užším slova smyslu (s. s.), je na ploše zastoupeno

Tab. 2.
Charakteristika přírodních poměrů lokality č. 53 – Konopiště, Mrač a mateřských porostů vysazených proveniencí
Site characteristics of locality no. 53 – Konopiště, Mrač, including parent stands of planted provenances

Kód provenience/ Provenance code	Název provenience/ Provenance name	Evropská lesní rajonizace ¹⁾ / European forest zoning ¹⁾	Klimatyp ²⁾ / Climatype ²⁾	Bývalá pěstební oblast/Former silvicultural region	Přírodní lesní oblast/ Natural forest region	Nadmořská výška/ Altitude [m n. m.]	Zeměpisná šířka/ Latitude	Zeměpisná délka/ Longitude	Průměrná roční teplota/ Average year temperature [°C]	Průměrné roční srážky/ Average year rainfall [mm]
1-15	Kamenice nad Lipou, Losy, ČR	3.13.0	6 b	II	16	600	49°21'	15°14'	5,4	729
16-30	Jihlava-Henčov, Popice, ČR	3.13.0	6 b	II	16	600	49°21'	15°31'	7,5	603
S1	Banská Bystrica, Badin, SR	6.07.0	7 b	VII	27	800	48°42'	19°02'	5,2	700
S2	Banská Bystrica, Radvaň, SR	6.07.0	7 b	VII	27	780	48°43'	19°02'	5,3	700
S3	Makov, Vysoká nad Kysucou, SR	6.06.3	7 a	VI b	23	650	49°23'	18°30'	5,7	1100
S4	Oravská Pohora, Námestovo, SR	6.06.3	7 b	VI b	33A	760	49°27'	19°26'	4,7	925
S5	Liptovská Osada, Korytnica-kúpele, SR	6.06.4	7 b	VI b	27	750	48°54'	19°16'	5,6	925
S6	Malužiná, Čierny Váh, SR	6.06.4	7 b	VI b	43	850	49°00'	19°56'	4,8	925
S7	TANAP, Kežmarské Žľaby, SR	6.06.4	7 b	VI b	43	900	49°11'	20°18'	4,9	825
S9	Pol'ana, Snohy, SR	6.07.0	7 b	VI b	38	630	48°36'	19°33'	6	925
S10	Kráľ, Krám, SR	6.07.0	7 b	VI b	38	600	48°47'	19°36'	5,7	675
S11	Hrable, Nižné Hrable, SR	6.07.0	7 b	X	28	530	48°47'	20°45'	6,1	925
S12	Hrable, Smolnícka Osada, SR	6.07.0	7 b	VI b	28	800	48°47'	20°49'	5,3	700
S13	Zborov, Kružlov, SR	6.06.1	7 b	X	21A	580	49°18'	21°08'	5,3	750
S14	Giraltovce, Vyšný Komárnik, SR	6.06.1	7 b	X	21A	480	49°23'	21°42'	5,8	750
Plocha č. 53/ Plot no. 53	Konopiště, Mrač, ČR	3.12.0	6 b	II	10	300	49° 50' 15''	14° 42' 34''	8,6	620

¹⁾ RUBNER et REINHOLD (1953); ²⁾ SVOBODA (1953)

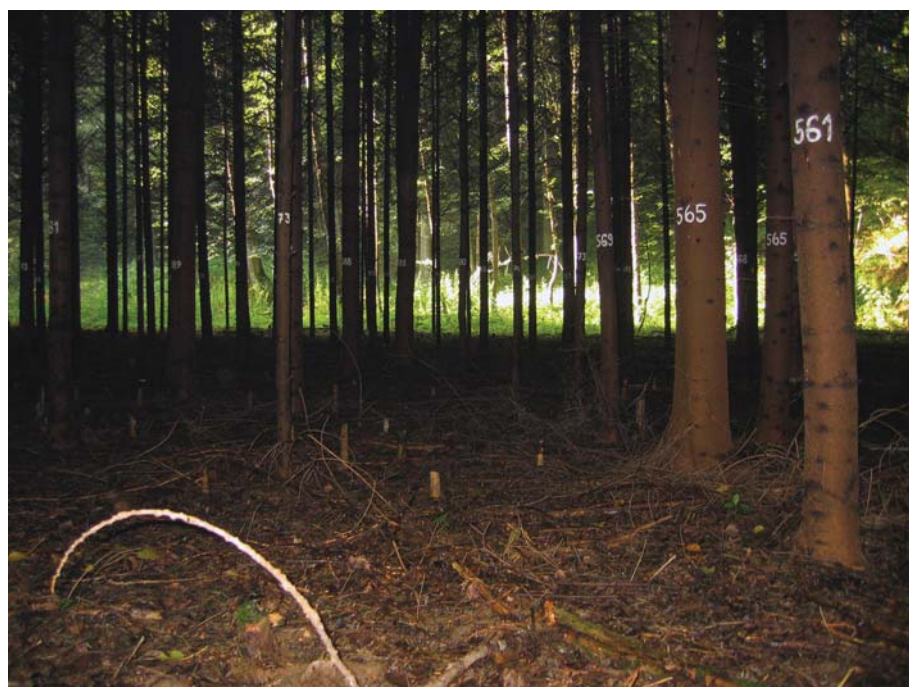


Foto 2.

Výzkumná plocha č. 53 – Konopiště, Mrač, ukázka stabilizace (14. 9. 2005, J. ČÁP)
Research plot no. 53 – Konopiště, Mrač, example of stabilization
(14th September 2005, J. ČÁP)

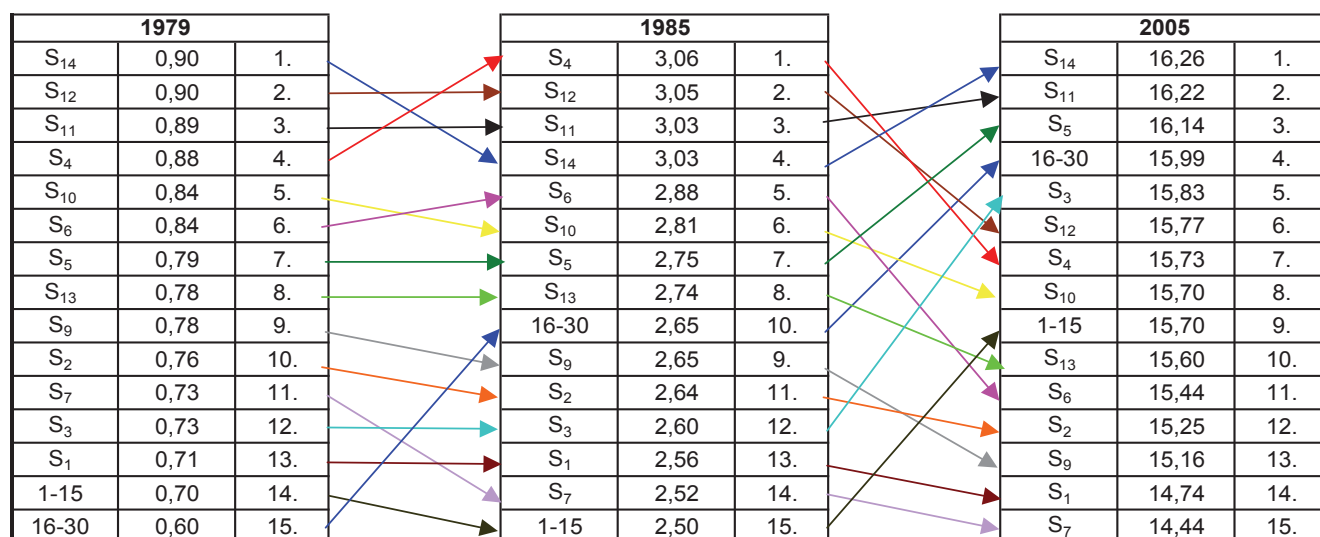
Tab. 3.

Průměrné výšky proveniencí jedle bělokoré podle jednotek evropské lesní rajonizace, klimatypů a přírodních lesních oblastí
Average heights of silver fir provenances according to classification of European forest zoning, climatetypes and natural forest regions

Geografická jednotka/Geographic unit	Kód provenience/ Provenance code	Výška [m]/ Height [m]
Regiony, oblasti a podoblasti/Regions, areas and subareas (RUBNER et REINHOLD 1953)		
6.06.1	S13, S14	15,9
3.13.3	1-15, 16-30	15,8
6.06.3	S3, S4	15,8
6.07.0	S1, S2, S9, S10, S11, S12	15,5
6.06.4	S5, S6, S7	15,3
Klimatypy/Climatetypes (SVOBODA 1953)		
6b	1-15, 16-30	15,8
7a	S3	15,8
7b	S1, S2, S4, S5, S6, S7, S9, S10, S11, S12, S13, S14	15,5
Přírodní lesní oblasti (ČR), Lesné oblasti a podoblasti (SR)/ Natural forest regions (Czech Republic), Forest regions and subregions (Slovak Republic)		
28 - Volovské vrchy	S11, S12	16,0
16 - Českomoravská vrchovina	1-15, 16-30	15,9
21A - Nízké Beskydy - Ondavská vrchovina	S13, S14	15,9
23 - Javorníky	S3	15,8
33A - Středné Beskydy - Oravská magura	S4	15,7
27 - Kremnické vrchy	S1, S2, S5	15,4
38 - Veporské vrchy	S9, S10	15,4
43 - Podtatranská kotlina	S6, S7	14,9

Tab. 4.
Průměrná výška sledovaných proveniencí jedle bělokoré v letech 1979, 1985 a 2005
Average height of tested silver fir provenances in 1979, 1985 and 2005

Kód provenience/ Provenance code	Počet stromů 1979/ Number of trees 1979	Výška 1979, věk 9 let/ Height 1979, age of 9 years [m]				Výška 1985, věk 15 let/ Height 1985, age of 15 years [m]				Výška 2005, věk 35 let/ Height 2005, age of 35 years [m]				
		Průměr/ Average	Absolutní minimum/ Absolute minimum	Absolutní maximum/ Absolute maximum		Průměr/ Average	Přírůst Increment 79/85	Absolutní minimum/ Absolute minimum	Absolutní maximum/ Absolute maximum	Počet stromů/ Number of trees	Průměr/ Average	Přírůst Increment 85/05	Absolutní minimum/ Absolute minimum	Absolutní maximum/ Absolute maximum
1-15	524	0,70	0,48	0,77		2,50	1,80	1,73	2,86	75	15,70	13,20	9,40	16,40
16-30	537	0,60	0,50	0,79		2,65	2,05	2,30	3,22	68	15,99	13,34	7,90	20,40
S1	555	0,71	0,55	0,87		2,56	1,85	1,98	3,14	69	14,74	12,18	7,80	18,50
S2	559	0,76	0,68	0,88		2,64	1,88	2,05	2,97	83	15,25	12,61	8,30	19,70
S3	564	0,73	0,59	0,91		2,60	1,87	2,28	3,14	67	15,83	13,23	10,20	19,10
S4	575	0,88	0,71	1,01		3,06	2,18	2,45	3,69	108	15,73	12,67	7,80	19,80
S5	572	0,79	0,66	0,97		2,75	1,96	2,37	3,33	85	16,14	13,39	7,20	22,00
S6	559	0,84	0,62	1,02		2,88	2,04	2,40	3,44	100	15,44	12,56	7,80	21,00
S7	577	0,73	0,59	0,94		2,52	1,79	2,15	2,90	56	14,44	11,92	8,20	18,00
S9	577	0,78	0,68	0,98		2,65	1,87	2,30	3,22	69	15,16	12,51	10,60	19,30
S10	577	0,84	0,70	1,02		2,81	1,97	2,52	3,32	81	15,70	12,89	9,40	20,70
S11	579	0,89	0,74	1,16		3,13	2,24	2,56	3,69	104	16,22	13,09	8,50	22,00
S12	573	0,90	0,74	1,00		3,05	2,15	2,38	2,44	91	15,77	12,72	8,80	20,10
S13	568	0,78	0,65	1,05		2,74	1,96	2,18	3,43	72	15,60	12,86	5,50	21,20
S14	584	0,90	0,71	1,11		3,03	2,13	2,60	3,70	100	16,26	13,23	7,40	21,50
Průměr/ Average	530	0,79	0,48	1,16		2,77	1,73	1,73	3,70	82	15,60	12,83	7,20	22,0



Graf 1.

Pořadí proveniencí jedle bělokoré podle průměrných výšek [m] v letech 1979, 1985 a 2005
Sequence of provenances according to their average heights [m] in 1979, 1985 and 2005

225 (15 x 15) potomstev. Celkový počet mikroparcel tak dosahuje 900 (15 proveniencí x 15 stromů x 4 opakování). Každá mikroparcelka představuje původně řadovou výsadbu 10 jedinců (spon výsadby 0,60 x 1,0 m).

Ze Slovenska byl hlavním garantem dodaného výzkumného materiálu tehdejší VÚLH Zvolen, který zajistil výběr slovenských proveniencí s ohledem na výskyt jedle v jednotlivých regionech SR. Chybí pouze západoslovenská část, kde je však výskyt této dřeviny velice malý. Kompletní přehled charakterizující všechny základní regionální, geografické a klimatické podmínky je uveden v tabulce 2.

Hodnoty výšky a výčetní tloušťky jednotlivých stromů byly měřeny v září roku 2005 ultrazvukovým výškoměrem VERTEX III, resp. taxační průměrkou a poté zaznamenány do přenosného datarekordéru Psion, ze kterého byly na pracovišti ve Strnadlech převedeny do PC ke statistickému zpracování (UNISTAT v. 5.6). Pro zhodnocení rozdílů mezi jednotlivými proveniencemi a potomstvy byla použita metoda analýzy variance, resp. Duncanův mnohonásobný pořadový test, který vylíčil skupiny proveniencí, mezi nimiž je statisticky významný rozdíl. Analýza variance byla počítána jak pro provenience v širším pojetí, tak pro potomstva jednotlivých stromů.

Protože byly k dispozici oba vstupní údaje pro možnost stanovení objemové produkce, byly z tabulek (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942) odečteny hodnoty objemu průměrného stromu. Následně byly s využitím údaje o počtu rostoucích jedinců jednotlivých proveniencí stanoveny i průměrné stromové zásoby na 1 ha.

Podobně jako v předchozích měřeních byly na ploše zkoumány tvárnost kmene a zdravotní stav. Na základě vizuálního posouzení vzhledu byli všichni na ploše rostoucí jedinci zařazeni do příslušné třídy. Pro obě charakteristiky byly vymezeny vždy tři třídy – tvárnost kmene (1 – přímý, 2 – mírně zakřivený, 3 – silně zakřivený), zdravotní stav (1 – zcela zdravý, 2 – slabě prosychající, 3 – odumírající).

Provenience byly dále rozděleny do stejnorodých skupin podle svého geografického původu, a to jednak na základě evropské raje-

nizace lesů (RUBNER, REINHOLD 1953), dále na základě vymezených ekotypů (SVOBODA 1953) a podle přírodních lesních oblastí (vyhláška č. 83/1996 Sb.), resp. lesních oblastí a podoblastí (vyhláška č. 571/2006 Zb.).

Vzhledem k tomu, že plocha byla v minulosti již dvakrát hodnocena, bylo možno provést srovnání výškového růstu proveniencí ve 35 letech s údaji z minulých měření ve věku 9 let (HYNEK 1984, 1985) a 15 let (HYNEK 1989a, b).

VÝSLEDKY

Celkově bylo na výzkumné ploše změřeno a hodnoceno 1 228 stromů. Největší počet jedinců z 600 vysazených rostlo ve věku 35 let u proveniencí S₄ – Oravská Pohora, Námestovo (108), dále S₁₁ – Hrable, Nižné Hrable (104), S₆ – Malužiná, Čierny Váh (100) a S₁₄ – Gíraltovec, Vyšný Komárnik (100). Naopak nejmenším množstvím pokusného materiálu byly zastoupeny provenience S₇ – TANAP, Kežmarské Žľaby (56), S₃ – Makov, Vysoká nad Kysucou (67), 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice (68), S₁ – Banská Bystrica, Badín (69) a S₉ – Poľana, Snohy (69). Pokud jde o druhé české potomstvo 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy, bylo zastoupeno 75 jedlemi. Potomstva jednotlivých stromů byla při měření zastoupena od 0 do 12 jedinců (potomstvo stromu č. 155, tj. provenience S₁₀ – Krám, Krám). Vzhledem ke skutečnosti, že na ploše již byly realizovány výchovné zásahy, nemohl být počet rostoucích jedinců předmětem hodnocení.

Průměrná hodnota výšky na celé ploše dosáhla 15,6 m. Analýza variance prokázala statisticky vysoce významné rozdíly ve výšce mezi proveniencemi a potomstvy jednotlivých stromů, ale i mezi opakováními. Plocha se tedy z hlediska vlivu na výšku jeví jako růstově nehomogenní, i když vizuálně žádné výrazné rozdíly mezi prostředím jednotlivých opakování pozorovány nebyly. Duncanův test rozdělil provenience s. l. do čtyř růstově homogenních podskupin. Nejvyšších výšek dosáhly provenience S₁₄ – Gíraltovec, Vyšný Komárnik (16,3 m), S₁₁ – Hrable, Nižné Hrable (16,2 m) a S₅ – Liptovská

Tab. 5.

Přehled hodnot sledovaných charakteristik jedle na výzkumné ploše č. 53 – Konopiště, Mrač ve věku 35 let
Survey of values having been monitored in research plot no. 53 - Konopiště, Mrač, at the age of 35 years

Kód provenience/ Provenance code	Index zdravotního stavu/ Health status index	Index tvárnosti kmene/ Stem form index	Počet stromů/ Number of trees	Průměrná výška/ Average height [m]	Variační koeficient výšek/ Variation coefficient of heights	Výčetní tloušťka/ D.B.H. [cm]	Variační koeficient výčetních tlouštěk/ Variation coefficient of D.B.H.	Objem průměrného stromu/ Volume of average tree [m ³]	Počet stromů na 1 ha/ Number of trees per ha	Průměrná stromová zásoba/ Average tree growing stock [m ³ .ha ⁻¹]
1-15	1,45	1,37	75	15,7	0,1722	14,8	0,3542	0,176	2083	366,6
16-30	1,68	1,57	68	16,0	0,1293	14,3	0,2864	0,167	1889	315,5
S1	1,33	1,39	69	14,7	0,1686	14,1	0,3054	0,152	1917	291,4
S2	1,54	1,42	83	15,3	0,1671	14,5	0,3038	0,166	2306	382,8
S3	1,40	1,34	67	15,8	0,1513	15,4	0,3012	0,191	1861	355,5
S4	1,31	1,20	108	15,7	0,1329	15,1	0,3166	0,183	3000	549,0
S5	1,42	1,32	85	16,1	0,1675	16,1	0,3386	0,213	2361	502,9
S6	1,43	1,28	100	15,4	0,1706	14,7	0,3517	0,171	2778	475,0
S7	1,75	1,54	56	14,4	0,1487	13,1	0,3294	0,129	1556	200,7
S9	1,64	1,39	69	15,2	0,1330	13,7	0,2940	0,147	1917	281,8
S10	1,40	1,43	81	15,7	0,1445	14,4	0,3239	0,167	2250	375,8
S11	1,60	1,45	104	16,2	0,1716	15,8	0,3245	0,206	2889	595,1
S12	1,52	1,40	91	15,8	0,1547	14,6	0,3163	0,172	2528	434,8
S13	1,36	1,40	72	15,6	0,1829	14,8	0,3752	0,175	2000	350,0
S14	1,38	1,21	100	16,3	0,1543	15,8	0,3488	0,205	2778	569,5
Průměr/ Average	1,48	1,38	82	15,6	0,1566	14,8	0,3247	0,175	2274	403,1

Osada, Korytnica-kúpele (16,1 m). Naopak nejnižším výškovým růstem se vyznačovaly provenience S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (14,4 m) a S1 – Banská Bystrica, Badín (14,7 m), viz tabulku 4, graf 1. Uskutečněné měření a hodnocení na úrovni potomstev jednotlivých stromů bylo poslední, neboť výchovný zásah v roce 2005 již příliš zredukoval počet jedinců, kteří tato potomstva reprezentují (0 až 12 rostoucích jedinců). Vyhodnocení jejich růstu je tedy již velmi problematické, přesto však bylo pro orientaci uskutečněno. Největší průměrná výška (18,5 m) byla zaznamenána u 4 jedinců potomstva stromu č. 45 (provenience S11 – Hrable, Nižné Hrable), nejnižší hodnota (10,4 m) tohoto ukazatele pak u 3 jedinců potomstva stromu č. 109 (provenience 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy). Některá potomstva jednotlivých stromů však již na ploše zastoupena nejsou. Variační koeficient kolísá v rozmezí 12,93 % (16-30 – Jihlava-Henčov, Popice) až 18,29 % (S13 – Zborov, Kružlov).

Ve věku 35 let byly poprvé předmětem hodnocení i výčetní tloušťky. Průměrná hodnota této veličiny z celé plochy činila 14,8 cm. Provedená analýza variance prokázala statisticky významné rozdíly ($\alpha = 0,05$) mezi opakováními a potomstvy jednotlivých stromů, pro faktor provenience byly rozdíly dokonce statisticky vysoce významné ($\alpha = 0,01$). Duncanův test rozdělil provenience s. 1. do čtyř homogenních podskupin. Nejvyšší tloušťkový růst byl zjištěn u potomstev S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele (16,1 cm), S14 – Gíraltovec, Vyšný Komárnik (15,8 cm) a S11 – Hrable, Nižné Hrable (15,8 cm). Nejslaběji přirůstaly provenience S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (13,1 cm), S9 – Poľana, Snohy (13,7 cm) a S1 – Banská Bystrica, Badín (14,1 cm).

Největší průměrná výčetní tloušťka (22,6 cm) byla zjištěna u 5 jedinců potomstva stromu č. 121 (provenience S10 – Krám, Krám), nejnižší hodnota (7,3 cm) u 3 jedinců potomstva stromu č. 149 (provenience S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele). Opět je třeba zdůraznit, že některá potomstva jednotlivých stromů již na ploše ve věku 35 let nejsou zastoupena. Variační koeficient se pohyboval v rozmezí od 28,64 % (16-30 – Jihlava-Henčov, Popice) do 37,52 % (S13 – Zborov, Kružlov).

Objem průměrného stromu dosáhl na ploše průměrné hodnoty 0,175 m³ (tab. 5). Nejvyššího objemu průměrného stromu dosáhla provenience S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele (0,213 m³), dalšími v pořadí pak byly S11 – Hrable, Nižné Hrable (0,206 m³) a S14 – Gíraltovec, Vyšný Komárnik (0,205 m³). Nejnižší hodnoty tohoto ukazatele byly zjištěny u proveniencí S9 – Poľana, Snohy (0,147 m³), S1 – Banská Bystrica, Badín (0,152 m³) a S2 – Banská Bystrica, Radvaň (0,166 m³).

Průměrná stromová zásoba všech proveniencí činila 403,1 m³.ha⁻¹, nejvyšší byla u proveniencí S11 – Hrable, Nižné Hrable (595,1 m³.ha⁻¹), S14 – Gíraltovec, Vyšný Komárnik (569,5 m³.ha⁻¹), S4 – Oravská Pohora, Námestovo (549,0 m³.ha⁻¹) a S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele (502,9 m³.ha⁻¹), naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny u proveniencí S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (200,7 m³.ha⁻¹), S9 – Poľana, Snohy (281,8 m³.ha⁻¹) a S1 – Banská Bystrica, Badín (291,4 m³.ha⁻¹), viz tabulku 5.

Naprostá většina kmenů patřila k přímým nebo jen mírně zakřiveným, průměrná hodnota indexu tvárnosti kmene pro celou plochu činila 1,38 (tab. 5). Nejlepším ukazatelem tvárnosti se vyznačovaly

provenience S4 – Oravská Pohora, Námestovo (1,20) a S14 – Giraltovec, Vyšný Komárnik (1,21). Nejhorší tvárnost byla zjištěna u proveniencí 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice (1,57) a S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (1,54).

Index zdravotního stavu jedlí kolísal mezi 1,31 (S4 – Oravská Pohora, Námestovo) a 1,75 (S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby). Průměrná hodnota tohoto ukazatele na celé ploše byla 1,48 (tab. 5). V průběhu měření bylo na většině kmenů navíc zjištěno napadení korovnicí *Dreyfusia* sp. Vosková vlákna těchto mšic se vyskytovala napříč všemi proveniencemi, resp. potomstvy jednotlivých stromů a nedošlo tak k ovlivnění vzájemných rozdílů mezi naměřenými hodnotami veličin testovaných jednotek tímto fytofágním hmyzem. Vzhledem k plošnému výskytu nebylo napadení korovnicí zahrnuto do hodnocení.

Pokud jde o srovnání skupin proveniencí rozdělených do jednotek evropské rajonizace lesů (RUBNER, REINHOLD 1953), je na ploše zastoupeno celkem 5 oblastí a podoblastí ze 2 regionů (tab. 3). Nejvyšší průměrná výška (15,9 m) byla dosažena u potomstev z Východoevropského a jihovýchodoevropského regionu dubobukových lesů, buko-smrko-jedlové oblasti severních Karpat (6.06.1), poté následovaly se shodnou hodnotou (15,8 m) skupiny potomstev z jednotek 3.13.0 – Středočeský region bukodubových lesů, Českomoravská vrchovina s jižním předhořím a 6.06.3 – Východoevropský a jihovýchodoevropský region dubobukových lesů, buko-smrko-jedlová oblast severních Karpat – východní podoblast. Na dalších pozicích se umístily jednotky 6.07.0 – Východoevropský a jihovýchodoevropský region dubobukových lesů, Slovenské Karpaty (15,5 m), resp. 6.06.4 – Východoevropský a jihovýchodoevropský region dubobukových lesů, buko-smrko-jedlová oblast severních Karpat – tatranská podoblast (15,3 m). Z uvedených průměrných hodnot je patrné, že rozdíly mezi skupinami dílčích populací zastupujících různé geografické jednotky jsou minimální a nelze z nich tedy vyvozo- vat žádné hlubší závěry.

Rovněž dělení na klimaty podle SVOBODY (1953) neukázalo významné rozdíly průměrných výšek sledovaných jednotek, které je reprezentují. U klimatypů 6a – šumavská jedle a 7a – slezská jedle byla zjištěna shodná průměrná výška 15,8 m, u klimatypu 7b – slovenská jedle pak hodnota 15,5 m.

Poněkud větší rozdíly byly zjištěny při rozčlenění proveniencí podle jejich příslušnosti k přírodním lesním oblastem (ČR), resp. lesním oblastem a podoblastem (SR). Nejvyšší hodnoty (16,0 m) dosáhly proveniencí S11 – Hrable, Nižné Hrable a S12 – Hrable, Smolnícka Osada reprezentující LO 28 – Volovské vrchy. Jako další v pořadí se shodně umístily LO 21A – Nízke Beskydy – Ondavská vrchovina a PLO 16 – Českomoravská vrchovina s 15,9 m, dále pak LO 23 – Javorníky (15,8 m). Nejnižší průměrné výšky dosáhla skupina dvou proveniencí S6 – Malužiná, Čierny Váh a S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby z LO 43 – Podtatranská kotlina (14,9 m). Ani zde tedy nejsou rozdíly nijak výrazné a lze konstatovat, že růst potomstev jedle bělokoré různého geografického původu je na lokalitě ve středních Čechách velmi vyrovnaný.

DISKUSE

Vzhledem k tomu, že z výzkumné plochy byla získána data o výškovém růstu již v předchozích letech, lze posoudit vývoj, který sledované proveniencí do věku 35 let prodělaly. První hodnocení mortality, výšky, ročního přírůstu, tvárnosti kmene, počtu terminálních výhonů, zdravotního stavu, poškození zvěří a v laboratorních

podmínkách i posouzení morfologických znaků jehlic a pupenů proběhlo ve věku 8 a 9 let (HYNEK 1984, 1985). Pořadí průměrných výšek potomstev bylo v obou letech jak na prvních pozicích, tak na posledních místech identické. K určitým nepatrným změnám v pořadí došlo pouze u některých potomstev dosahujících průměrných hodnot. K nejlepším proveniencím ve věku 9 let patřily S14 – Giraltovec, Vyšný Komárnik; S12 – Hrable, Smolnícka Osada; S11 – Hrable, Nižné Hrable a S4 – Oravská Pohora, Námestovo (všechny 0,9 m). Absolutně nejhorší byly obě české proveniencí 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice (0,6 m) a 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy (0,7 m), ze slovenských potomstev pak s 0,7 m S1 – Banská Bystrica, Badín; S3 – Makov, Vysoká nad Kysucou a S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (graf 1).

Další hodnocení výšek, zdravotního stavu, tvárnosti kmene a poškození jednotlivých stromů, kdy hodnocení mortality a počtu terminálních výhonů již nebylo možno uskutečnit vzhledem k realizovaným výchovným zásahům, bylo provedeno v roce 1985 ve věku 15 let (HYNEK 1989a). U potomstev již došlo k poněkud výraznějším změnám v jejich pořadí. Skupina nejlepších proveniencí však zůstala stejná, pouze si vyměnily své pozice. Čtyři proveniencí, které jediné přesáhly průměrnou výšku 3 m, měly v této době pořadí S4, S12, S11 a S14 (graf 1). Nejhorším bylo opět české potomstvo 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy (2,5 m), nejhorší slovenskou proveniencí pak S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (rovněž 2,5 m). Největší zrychlení růstu zaznamenala druhá z českých proveniencí 16-30, která se z posledního místa vyhoupla na desátou příčku (průměrná výška 2,7 m). Ve věku 15 let se již projevil významný rozdíl nejen mezi proveniencemi, ale i v rámci těchto proveniencí.

Při srovnání s posledními údaji získanými ve věku 35 let došlo opět k významným posunům v pořadí jednotlivých potomstev (graf 1). Na první dvě pozice se posunuly proveniencí S14 – Giraltovec, Vyšný Komárnik (16,3 m) a S11 – Hrable, Nižné Hrable (16,2 m), na další tři místa pronikla potomstva ze středu až konce celého pole S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele (16,1 m); 16-30 – Jihlava-Henčov, Popice (16,0 m) a S3 – Makov, Vysoká nad Kysucou (15,8 m). Za zmínku stojí i pohyb druhého českého potomstva 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy z poslední pozice na deváté pořadí. Na posledních místech se objevila potomstva S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (14,4 m), S1 – Banská Bystrica, Badín (14,7 m) a také S2 – Banská Bystrica, Radvaň (15,3 m), která setrvala v zadní části pole po celou dobu hodnocení, avšak nově k nim přibyla potomstva S9 – Poľana, Snohy (15,2 m) a S6 – Malužiná, Čierny Váh (15,4 m). Prudký propad zaznamenala potomstva S4 – Oravská Pohora, Námestovo z druhého pořadí až na sedmé a také S6 – Malužiná, Čierny Váh z pátého až na jedenácté. Nejhuře hodnocená proveniencí S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby pochází z nadmořské výšky 900 m n. m. Mezi mateřskou lokalitou a lokalitou výsadby existuje výškový rozdíl 600 m n. m., průměrná roční teplota je o 3,7 °C vyšší než v místě původu a průměrný roční srážkový úhrn je ve srovnání s Tatrami deficitní o 200 mm. Všechny tyto skutečnosti zřejmě nepříznivě ovlivňují vývoj této proveniencí. Průměrná hodnota výšky celé plochy (15,6 m) převyšuje tabulkovou hodnotu střední výšky hlavního porostu jedle bělokoré v první bonitě (14,8 m), která byla stanovena pro podmínky severozápadního Německa (SCHÖBER 1995). Nejpřirůstavější proveniencí S14 – Giraltovec, Vyšný Komárnik tuto tabulkovou hodnotu přesahuje o 150 cm. Průměrná výška zjištěná na výzkumné ploše ve věku 35 let odpovídá podle taxační tabulky pro jedli, která je součástí vyhlášky č. 84/1996 Sb., absolutní výškové bonitě 32 m.

Ve věku 9 let mělo 25,7 % jedinců přímý kmen, 26,8 % kmen mírně zakřivený, 4,2 % silně zakřivený kmen a 2,7 % jedlí mělo keřovitý charakter růstu. Nejlepší tvárností kmene vynikaly provenience S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby (31,2 %) a S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele (30,2 %). Nejvíce keřovitých jedinců měly provenience 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy (2,9 %) a S13 – Zborov, Kružlov (2,8 %). V 15 letech byla tvárnost posuzována odlišným způsobem (podle počtu terminálních výhonů) a srovnání tedy nebylo možné.

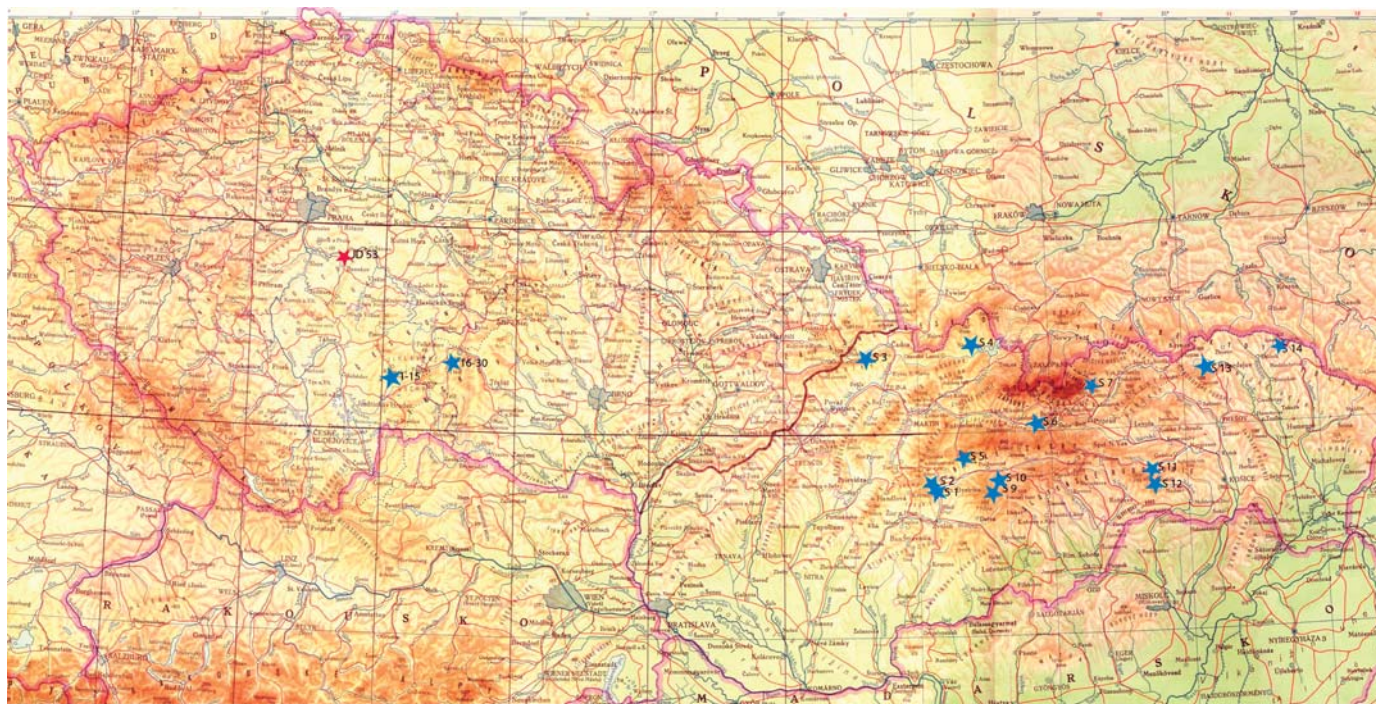
Na ploše bylo 99,5 % jedinců ve věku 9 let zcela zdravých, 0,4 % mělo vitalitu slabě sníženou a 0,1 % silně sníženou. Nejlepší zdravotní stav vykazovala provenience S12 – Hrable, Smolnícka Osada se 100 % zdravých jedinců, nejvíce jedinců se sníženou vitalitou měla provenience 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy z ČR. Ve věku 15 let nebylo zdravotní stav sledován.

Shodné provenience jako na ploše č. 53 se v různých kombinacích v počtu od 1 do 9 nacházejí také na dalších 17 výzkumných plochách série 1973/77 a lze tedy srovnávat jejich růst v rámci různých regionů ČR. Pro účely tohoto sdělení bylo možno využít výsledků pozorování z 11 ploch, které byly hodnoceny ve srovnatelném věku (KARBAN 2000, ŠINDELÁŘ 2001, ŠINDELÁŘ, BERAN 2002, 2004, ŠINDELÁŘ et al. 2005, ŠINDELÁŘ, FRÝDL 2005, ŠINDELÁŘ, NOVOTNÝ, FRÝDL 2005, 2006). Lze konstatovat, že hodnocené provenience na těchto ostatních plochách svým růstem dosahují nebo mírně převyšují průměr pokusů. Výjimku tvoří provenience S9 – Poľana, Snohy, která na ploše č. 59 – Trhanov, Pivoň dosáhla průměrné výšky 6,4 m, zatímco průměr celého pokusu činil 7,0 m (KARBAN 2000), na ploše č. 67 – Pelhřimov, Černovice měla tato provenience výšku 7,3 m, zatímco průměr plochy byl 8,1 m (ŠINDELÁŘ, FRÝDL 2005), na č. 70 – Litovel, Úsov-Veleboř činila její výška 10,2 m při průměru

pokusů 11,4 m (ŠINDELÁŘ et al. 2005) a na č. 77 – Nové Hradky, Konratice 9,9 m při průměru 10,0 m (ŠINDELÁŘ, NOVOTNÝ, FRÝDL 2005, 2006). Těsně pod hranici průměru plochy č. 77 se pohybovaly ještě provenience S1 – Banská Bystrica, Badín, S7 – TANAP, Kežmarské Žľaby a 1-15 – Kamenice nad Lipou, Losy (ŠINDELÁŘ, NOVOTNÝ, FRÝDL 2005, 2006). Naopak na plochách, které se svým charakterem podobají lokalitě jejího původu, rostla provenience S9 nadprůměrně. Jde o plochy č. 62 – Nýrsko, Dešenice a č. 71 – Vítkov, Jánské Koupele, kde dosáhla průměrné výšky 12,5 m při průměru pokusu 12,1 m, resp. 13,6 m při průměru 11,8 m (ŠINDELÁŘ et al. 2005).

ZÁVĚR

S ohledem na stav porostu bylo možno měření na výzkumné ploše č. 53 – Konopiště, Mrač v pokročilejším věku 35 let úspěšně zrealizovat. Výsledky hodnocení růstu jedle bělokoré na experimentální výsadbě potvrdily statisticky vysoce významnou variabilitu zkoumaných proveniencí. Dobrý růst potomstev prokázal, že při použití vhodného reprodukčního materiálu lze v našich podmínkách vypěstovat kvalitní porost této dřeviny. Na základě celkového posouzení kvantitativních i kvalitativních charakteristik lze některé provenience ze Slovenska označit jako vitální a zároveň dobře rostoucí a produktivní. Tři nejlépe hodnocené představují provenience S14 – Gíraltovec, Vyšný Komárnik, S11 – Hrable, Nižné Hrable a S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele. Slovenské provenience se na výzkumné ploše v ČR projeví vesměs pozitivně. Na základě výsledků tohoto měření i hodnocení těchto proveniencí na dalších výzkumných plochách tak nelze mít vážnější výhrady proti dovozu reprodukčního materiálu ze Slovenska v případě jeho dlouhodobého nedostatku z domácích zdrojů. I když je věk hodnocení provenienční výsadby již poměrně



Obr. 1.

Lokalizace výzkumné plochy č. 53 – Konopiště, Mrač a mateřských porostů vysazených proveniencí (mapový podklad Školní zeměpisný atlas světa, 1961)

Localization of research plot no. 53 – Konopiště, Mrač, including parent stands of planted proveniences (map background Školní zeměpisný atlas světa, 1961)

vysoký a tedy s dobrou vypovídací schopností, bude pro vyslovení konečných závěrů nutno, vzhledem k výrazným změnám v pořadí proveniencí od minulého měření v 15 letech, po uplynutí doby ca 10 let vyhodnocení plochy zopakovat.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QF4024 a výzkumného záměru č. MZE0002070202. Autoři děkují Dr. W. K. Moserovi (Adjunct Research Professor of Civil and Environmental Engineering, University of Missouri, Adjunct Professor of Forestry, University of Minnesota) za jazykovou kontrolu části příspěvku v angličtině a věcné připomínky.

LITERATURA

- ČÁP, J., NOVOTNÝ, P. Přehled dosavadních výsledků hodnocení výzkumných provenienčních ploch s jedlí bělokorou (*Abies alba* MILL.) série 1973 - 1977. In Šlechtění lesních dřevin v České republice a Polsku. Sborník ze semináře s mezinárodní účastí, Strnady 8. 9. 2005, ed. P. Novotný, 99 s., Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2006. s. 69-83.
- GRUNDNER, F., SCHWAPPACH, A. Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin: P. Parey, 1942. 126 s.
- HYNEK, V. Hodnocení genetické proměnlivosti jedle bělokoré – *Abies alba* MILL. na ploše Konopiště ve věku 9 let. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 1984, 82 s. přílohy.
- HYNEK, V. Předběžné výsledky hodnocení genetické proměnlivosti jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.). Lesnictví, 1985. roč. 31 (58), č. 1, s. 33-46.
- HYNEK, V. Zhodnocení výškového růstu proveniencí a potomstev stromů z volného sprášení jedle bělokoré do věku 15 let na ploše Konopiště. Zprávy lesnického výzkumu, 1989a, roč. 34, č. 2, s. 5-8.
- HYNEK, V. Zhodnocení série provenienčních výzkumných ploch s jedlí bělokorou v ČR. Zpráva za etapu 07. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 1989b. 19 s., přílohy.
- KARBAN, J. Hodnocení proměnlivosti růstu a fenologie rašení proveniencí jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) na LS LČR Domažlice. Diplomová práce. Praha: ČZU, 2000. 66 s., přílohy.
- PILÁT, A. Jehličnaté stromy a keře našich parků a zahrad. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1964. 100 s.
- PRŮŠA, E. Původní lesy České republiky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 248 s.
- RUBNER, K., REINHOLD, F. Das natürliche Waldbild Europas. Hamburg, Berlin: P. Parey Verlag, 1953. 288 s.
- SCHÖBER, R. Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Frankfurt a. M.: J. D. Sauerländer's Verlag, 1995. 166 s.
- SVOBODA, P. Lesní dřeviny a jejich porosty. Praha: Brázda, 1953. 157 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Projekt a základní protokol série provenienčních výzkumných ploch s jedlí bilou *Abies alba* MILL. a některými ostatními druhy rodu *Abies*. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 1975. 69 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J. Náměty na úpravy druhové skladby lesů v České republice. Lesnictví-Forestry, 1995, roč. 41, č. 7, s. 305-315.
- ŠINDELÁŘ, J. Jedle bělokorá v limitních ekologických podmínkách. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2001. 29 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F. Cizokrajné druhy jedlí (*Abies spec. div.*) ve věku 30 let v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2002. 36 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F. Srovnání druhů rodu *Abies* v lesích města Písku. Lesnická práce, 2004, roč. 83, č. 1, s. 19-21.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J. Some experiences with silver fir (*Abies alba* MILL.) variability with regard to the conditions of the natural forest area 16 – Bohemian-Moravian highland. Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae, 2005, vol. 21, s. 5-27.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P. Výsledky hodnocení nejstarší provenienční plochy VÚLHM Jíloviště-Strnady s jedlí bělokorou založené v roce 1961 na lokalitě Jíloviště, Baně (PLO 10). Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 1, s. 24-32.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., TOMEK, J., HERCÍK, L. Hodnocení vybraných provenienčních ploch s jedlí bělokorou ve věku 31 let se zřetelem na ověření fytogeografické proměnlivosti této dřeviny v České republice. Zprávy lesnického výzkumu, 2005, roč. 50, č. 3, s. 179-190.
- ŠINDELÁŘ, J., NOVOTNÝ, P., FRÝDL, J. Posouzení fytogeografické proměnlivosti a dalších charakteristik vybraných populací jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) na základě hodnocení jejich potomstev. In Jedle bělokorá – 2005. Sborník referátů, Srní 31. 10. – 1. 11. 2005, ed. P. Neuhöferová, 218 s. - Praha: ČZU FLE Katedra pěstování lesů a Správa NP a CHKO Šumava, 2005. s. 169-184.
- ŠINDELÁŘ, J., NOVOTNÝ, P., FRÝDL, J. Hodnocení provenienční výzkumné plochy č. 77 – Nové Hrady, Konratice s potomstvy jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) ve věku 29 let. Zprávy lesnického výzkumu, 2006, roč. 51, č. 1, s. 1-10.
- Školní zeměpisný atlas světa. Praha, Ústřední správa geodézie a kartografie, 1961. 29 s. + 52 s. map.
- Vyhláška MP SR č. 571/2006 Zb., o zdrojích reprodukčního materiálu lesných dřevin, jeho získávání, produkci a používání. Zbierka zákonov Slovenská republika, 2006, č. 241, s. 5030-5094.
- Vyhláška MZe ČR č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In Zákon o lesích a příslušné vyhlášky. Praktická příručka, 2003, č. 48, s. 62-76.
- Vyhláška MZe ČR č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování. In Zákon o lesích a příslušné vyhlášky. Praktická příručka, 2003, č. 48, s. 77-136.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2006. Praha: MZe ČR, 2006. 128 s.
- Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky. Stav k 31. 12. 1996. Praha: MZe ČR, 1997. 126 s.

REVIEW OF DEVELOPMENT OF SLOVAK AND CZECH SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) PROVENANCES ON RESEARCH PLOT NO. 53 - KONOPIŠTĚ, MRAČ FOR THE FIRST 35 YEARS

SUMMARY

Silver fir (*Abies alba* MILL.) is tree species native to the Czech Republic. This species is among the most beautiful of coniferous tree species, but its presence in Czech forests has been decreasing for some time. This decline is because of the species' demanding site requirements and partly because of management's emphasis on more easily-managed species, although this situation is changing in the Czech Republic.

This paper reports on a study that examined the first 35 years of development of silver fir provenance plot no. 35 – Konopiště, Mrač, Central Bohemia. Thirteen provenances from the Slovak Republic and 2 provenances from the Czech Republic were planted in this research plot. Height and D.B.H. parameters were measured on each tree still alive at the time of the study, while average stem volume and average stem growing stock per hectare were calculated from yield tables. Stem form and health status were visually assessed.

Geographical variability of tested provenances was evaluated based on reference to units of European forest zoning (RUBNER, REINHOLD 1953), to climatotypes (SVOBODA 1953) and to natural forest regions (Czech Republic) or to forest regions and sub-regions (Slovak Republic). In examining both quantitative and qualitative characteristics of the study trees, we concluded that superior provenances were S14 – Gíraltovce, Vyšný Komárnik, S11 – Hrable, Nižné Hrable, and S5 – Liptovská Osada, Korytnica-kúpele. These provenances exhibited superior characteristics (height growth, volume production and stem form). Based on these results, we do believe that provenances imported from the Slovak Republic are appropriate to use on these sites in the Czech Republic, if Czech material is not available. Even though, the age of trees on this research plot is rather high and performance is fairly predictable, we recommend that measurements be repeated after 5 – 10 years. Dramatic changes that have occurred since the last measurements on this plot 20 years ago suggest the provenance characteristics and stand development processes are still in quite a state of flux, making a further remeasurement quite valuable.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jiří Čáp, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. , Strnady 136
252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 262; e-mail: cap@vulhm.cz

REGENERACE SMRKU ZTEPILÉHO V MALÝCH ZÁPOJÍCH VE SMÍŠENÝCH HORSKÝCH LESÍCH BAVORSKÝCH VÁPENCOVÝCH ALP

Horské oblasti Bavorských vápencových Alp byly původně pokryty smíšenými lesy, v kterých se nacházely převážně smrk, buk a jedle. Od 17. století byly tyto lesy káceny a využívány v průmyslové výrobě a poté často nahrazovány smrkovými porosty. Také zvýšeným výskytem jelení zvěře od poloviny 19. století a jejím okusem se snižoval počet jedlí a listnatých stromů v porostech. Jelikož vysoké stavy zvěře neustále zabraňují regeneraci přirozených smíšených porostů, je jedním z řešení výsadba smrku jako méně atraktivní dřeviny pro zvěř.

Výzkum přirozené regenerace smrku v horských oblastech se uskutečnil v bavorských vápencových Alpách, kde bylo vytvořeno 6 srovnatelných ploch v oblasti lesní správy Kreuth v blízkosti jezera Tegernsee. Plochy se nacházejí na relativně strmých stráních orientovaných na jih, jihovýchod a jihozápad. Klimatické podmínky jsou v této horské oblasti velmi variabilní. Průměrná teplota se pohybuje mezi 5,5 °C (870 m n. m.) a 4,5 °C (1 100 m n. m.) a průměrné roční srážky jsou mezi 1 812 mm až 1 922 mm s maximem v letním období. Všechny plochy patří k vegetačnímu typu *Aposerido-Fagetum caricetosum albae*. Na plochách je smrk hlavní dřevinou doplněný hlavně bukem, jedlí a jinými listnatými druhy dřevin. Porosty jsou většinou stejnověké, jejich stáří se pohybuje mezi 150 – 250 lety. Zápoj byl narušen před 20 až 30 lety kalamitní těžbou v důsledku napadení kůrovcem. Ve vzniklých světlínách se začal přirozeně obnovovat smrk, ostatní dřeviny, hlavně buk a javor, regenerují díky okusu pouze na oplocených plochách.

Schopnost regenerace smrku se zkoumala na základě výskytu smrkové tyčkoviny ve světlínách. V každé světlině byla vybrána obdélníková plocha (50 m x 10 m) a každá plocha byla systematicky rozdělena na 40 menších ploch o rozměrech 0,5 m² kruhovitěho tvaru. Tímto způsobem bylo možno všechny smrkové odrostky spočítat, ale nebyly vylišeny smrky z přirozené regenerace. Teprve při druhém nesystematickém přístupu bylo vyděleno 270 menších ploch se smrky přirozeně se regenerujícími a 210 ploch bez smrkového porostu. Byly zaznamenány parametry prostředí – celkový pokryv přizemní vegetace, průměrná mocnost organické vrstvy, byly zaneseny staré hniající pařezy, počet okolních stromů a jejich parametry. Byly také vzaty v úvahy překážky (pařezy, skály, padlé stromy) mezi kořenovým krčkem smrkového odrostku v okruhu 3 m a formulován tzv. překážkový index.

Výskyt smrkových odrostků vyšších než 20 cm byl vyhodnocen statistickou analýzou. Průměrná hustota odrostků byla 4 200 na hektar, přizemní vegetace byla vysoká, jak je obvyklé na vápencovém podkladu, mocnost humusu byla značně heterogenní. Většinou byla humusová vrstva mocnější na ploškách se smrky než bez nich. Byly také porovnávány plošky (270) se smrkovými odrostky s ploškami bez smrku (210). Zápoj se na obou typech plošek příliš nelišil, přizemní vegetace byla hustší na ploškách bez smrkových odrostků, smrky rostly v blízkosti překážek.

Na základě vyhodnocení výsledků výzkumu lze konstatovat, že přirozené zmlazení smrku závisí na vlastnostech mikrostanoviště. Nevyklizené pařezy na příkrých svazích poskytovaly účinnou ochranu při regeneraci smrku po desetiletí, proto není vhodné

vyklízet zbytky dřeva z lesa i po napadení kůrovcem nebo po jiné přírodní kalamitě. Při umělé obnově je dobré vysazovat sazenice v blízkosti starých pařezů nebo nakupených zbytků dřeva.

Výzkum byl prováděn ve světlínách, kde byla vyloučena konkurence jiných dřevin, zvláště buku a javoru. Další pozorování je tedy třeba provádět v porostech, kde nejsou listnaté stromy poničeny okusem a konkurují smrku.

Eur. J. For. Res., 2007, vol. 126, no. 1, s. 11-22.

Kp

VLIV PROSTŘEDÍ NA KLÍČENÍ A DIVERZITU BOROVICE LESNÍ VE STŘEDNÍM ŠPANĚLSKU

Ve středním Španělsku jsou po clonné seči porosty borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) regenerovány metodou, při které je úspěšná obnova porostu zcela závislá na přirozeném zmlazování. Po určité době se objeví semenáčky, jejich mortalita je však vysoká a růst velmi pomalý. Přezívání a růst přirozeně zmlazované borovice lesní se různí v závislosti na stanovištních podmínkách představovaných množstvím světla, přizemní vegetací, dostupností vody, objemem lesního opadu a klimatem.

Výzkum, který v lesích středního Španělska probíhal, se zaměřil na působení světelných podmínek na dynamiku růstu borovice lesní ve vztahu k místním podmínkám, k půdní vlhkosti, hloubce organické hmoty a vegetaci. Monokulturní borovicový porost byl založen v roce 1899 a bylo zde praktikováno podrostní hospodářství a obnovní seč. Experimentální plocha se nachází v porostu v počáteční fázi regenerace na severně orientovaném svahu (> 20°) v nadmořské výšce 1 587 m. Hlavní přizemní vegetaci tvoří *Deschampsia flexuosa*, *Galium rotundifolium*, *Festuca rubra* a *Cruciata glabra*. Průměrné dešťové srážky jsou 1 132 mm, průměrné teploty 7,2 °C. Minimální teploty -3,6 °C jsou v lednu, maximální 24,2 °C v červenci.

Sít 4 plošek o rozměrech 5 m x 5 m byla náhodně rozmístěna na ploše 0,5 ha. Každá ploška byla dále rozdělena na 100 menších regeneračních plošek o rozloze 0,5 m x 0,5 m. Dostupnost světla byla vyhodnocena z fotografií zemského povrchu získaných v roce 2003, obsah vody byl měřen příslušnými přístroji v růstovém období během let 2002 a 2004 v hloubce 10, 20, 40, 60 a 75 cm na 4 různých stanovištích. V červenci 2003 a červnu 2004 byly na všech plochách zaznamenány počty semenáčků, v září 2002, únoru 2003 a březnu 2004 byly zjištěny počty živých rostlin. Semenáčky vzrostlé před rokem 2002 byly zařazeny do samostatné skupiny a hodnoceny odlišnou metodou.

Všechny údaje byly matematicky vyhodnoceny pomocí analýzy variance. Ukázalo se, že bylinné patro nemá na těchto výzkumných plochách rozhodující vliv na růst semenáčků, více jsou semenáčky ovlivňovány množstvím dostupného světla a vrstvou organické hmoty, jejíž optimální hloubka pro regeneraci je mezi 4 až 10 cm. Úspěšný růst a další vývoj semenáčků bude ovlivňován jejich vzájemnou konkurencí. Počínající regenerace semenáčků může být zmařena nevyhovujícími klimatickými podmínkami, např. letním suchem. Také okus zvěří je příčinou mortality semenáčků. Na neoplocených plochách bylo zvěří zničeno až 90 % semenáčků.

Závěrem lze konstatovat, že na počátku podrostní fáze (90 – 110 let) borovice lesní roste na výzkumném objektu ve skupinkách, které se vytvořily v příznivých klimatických podmínkách. Jelikož tyto porosty s borovicí lesní jsou součástí dlouhodobého výzkumu účinků pěstebních metod na jejich budoucí vývoj, budou sledovány a hodnoceny i v příštích letech.

Eur. J. For. Res., 2007, vol. 126, no. 1, s. 37-47.

Kp

INFILTRACE VODY A HYDRAULICKÁ VODIVOST V PÍŠČITÝCH KAMBIZEMÍCH: VLIV PŘEMĚNY LESA NA HYDROLOGICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

Hydrologické vlastnosti půdy, tj. infiltrační kapacita a hydraulická vodivost, hrají důležitou roli v hydraulických povodích a při povodňové prevenci. Výzkum zabývající se tímto problémem byl prováděn v Německu na plochách ležících v nížině v blízkosti Berlína (50 km severozápadně od hlavního města). Tyto plochy byly zalesněny stejnověkými porosty borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a jsou postupně přeměňovány směsí buku lesního (*Fagus sylvatica*) na smíšený les. Převažujícím typem zeminy je kambizem, průměrná roční teplota je 8,3 °C a průměrné roční srážky 577 mm, z čehož 70 % srážek spadne během vegetační sezony od dubna do září.

Pro pokus byla vylišena čtyři stadia přeměny lesa: čistý borovicový porost (84 let), smíšený porost s borovicí (76 let) a bukem (34 let), starší smíšený porost s borovicí (114 let) a bukem (57 let) a porost ve stadiu přeměny s bukem ve věku 91 let jako první generace po borovicové monokultuře. Byly odebrány vzorky hrabanky a humusové vrchní vrstvy ze 408 půdních profilů a zaznamenávány tyto parametry: tloušťka horizontů, typ vrstvení, ostrost přechodu mezi horizonty, intenzita prokořenění a typ hrabanky.

Jedním z cílů výzkumu bylo vyhodnocení vlivu transformace smrkové monokultury na smíšený les. Potvrdilo se, že změny v půdním profilu a hydrologických vlastnostech odpovídají přeměnám v lesních ekosystémech. Při transformaci monokultury na smíšený les se mění mikroklima porostů a pedohydrologické podmínky stanoviště, jakož i kvalita a kvantita opadu. Během jednotlivých etap transformace porostu se postupně zvyšuje podíl hrabanky, mění se typ humusu a tloušťka humusové vrstvy.

Na všech experimentálních plochách byl vzhledem k písčitému podkladu infiltrační proces pomalý. Lesní půdy jsou však zásadní součástí v prevenci povodní. Proto je třeba získat mnohem více znalostí o vztahu mezi využíváním půdy a jejich hydrologických vlastnostech a vodní retencí. Zároveň je však třeba brát v úvahu intenzitu srážek, tj. rozdíl v účinku krátké prudké bouře a dlouhotrvajícího období srážek.

Další výzkum se bude zabývat možnostmi zpracovávat data pro větší oblastní celky, tj. pro celé povodí. Také je třeba zjistit, zda jsou získané výsledky charakteristické pouze pro buk nebo zda je lze vztáhnout i na jiné listnaté stromy používané při transformaci lesních ekosystémů.

Eur. J. For. Res., 2007, vol. 126, no. 1, s. 101-109.

Kp

JE JEDLE BĚLOKORÁ MÉNĚ CITLIVÁ NA ŠKODY PŘI TĚŽBĚ DŘEVA NEŽ SMRK ZTEPILÝ?

Poškození stromů a jejich následky jsou jedním z faktorů ovlivňujících výnosy lesního podniku a tím i jeho zisky a následně způsob hospodaření. Proto probíhal v letech 1998 – 2004 v jihozápadním Německu, v oblasti Bádenska-Virtemberska, průzkum, který se zabýval porosty jedle bělokoré (*Abies alba*) a smrku ztepilého (*Picea abies*) a jejich dalším vývojem po poranění kůry způsobené většinou při těžbě.

Na experimentálních plochách byly změřeny všechny stojící stromy. Jako poškozené byly označeny ty stromy, kde bylo rozeznatelné poškození kůry do výšky 2 m. V rámci 38 ploch bylo prohlédnuto 4 100 stromů, z toho 56 % smrků ztepilých a 44 % jedlí bělokorých, které rostly na 10 různých stanovištích. Na 21 plochách byly označené stromy (195 smrků ztepilých a 95 jedlí bělokorých) pokáceny a byl hodnocen stupeň hniloby způsobený houbami, které pronikly poraněnou kůrou. Podle stupně poškození byly stromy zařazeny do dvou kvalitativních skupin - normální a poškozené.

Většina poškození kůry byla způsobena během těžby, na svazích se sice jednalo o poškození způsobené padajícím kamením, které bylo ale pravděpodobně uvolněno těžbou. Analýza výsledků potvrdila, že kromě věku stromu hraje při napadení smrku ztepilého hnilobou důležitou roli velikost a poloha poškození. Nejriskantnější je poškození báze kmene, nebezpečí vstupu hniloby kořeny je závislé na vzdálenosti od báze kmene. Kořenové poškození vyskytující se ve vzdálenosti nad 100 cm je již zřídka příčinou hniloby.

Zatímco hniloba byla pozorována i u nepoškozených jedinců smrku ztepilého, jedle bělokorá byla zasažena minimálně. I poškozené stromy jedle bělokoré vykazovaly menší rozsah hnilob nebo se hniloba dokonce neprojevovala vůbec.

Výsledky průzkumu tedy potvrdily zkušenosti německých lesníků, kteří již od 19. století dokumentovali výhody pěstování jedle bělokoré. Speciálně v jižním Německu, kde je jedle bělokorá původní dřevinou, je její preferování výhodné.

Eur. J. For. Res., 2007, vol. 126, no. 1, s. 121-129.

Kp

TVORBA LESNÍHO MOZAIKOVITÉHO MODELU A JEHO VYLEPŠENÍ PRO VYHODNOCENÍ DLOUHODOBÉHO OCHRANNÉHO EFEKTU HORSKÝCH LESŮ

Předpověď vývoje struktury lesních porostů lze provádět na základě simulačních modelů. Pro tyto účely se využívá lesní mozaikovitý model ForClim, který byl pro přesnější zjišťování ochranného účinku lesa doplněn dalším daty o zápoji a okusu zvěří.

Tento doplněný model byl použit na výzkumném objektu Stotzigwald, který leží na zalesněném svahu o sklonu 40° ve švýcarských Alpách v nadmořské výšce od 650 do 1 000 m n. m. Les v tomto objektu slouží jako ochrana velmi frekventované silnice před padajícím kamením. Minimální těžba dřeva v průběhu existence porostu spolu s vysokým podílem zvěře (kamzíci, jelení a srnčí zvěř) má za následek poměrně pomalou regeneraci porostu. Hustota porostu je 2 230 odrostků na 1 ha. Nejčastěji se na tomto výzkumném objektu vyskytují smrk ztepilý (20 %), jedle bělokorá (44 %), jeřáb ptačí (6 %) a bříza bělokorá (14 %).

Les v současném stavu poskytuje dokonalou ochranu před padajícím kamením. Jako základ pro simulaci budoucího vývoje ochranné funkce porostu byl použit již zmíněný model ForClim rozšířený o dva scénáře předpokládající stínění v zápoji bez okusu a stínění v zápoji včetně okusu. Simulovaná porostní struktura byla pak porovnána s cílovou představou. Vyhodnocení modelů ukázalo, že díky nízké regeneraci během prvních 40 let vývoje porostu je jeho ochranná funkce ohrožena. Jestliže bude zamezeno okusu, porost začne mírně regenerovat po 60 letech; v modelu, kde je okus uvažován, však bude hustota stromků nízká a porost nebude schopen plnit svou ochrannou funkci.

Nová verze modelu ForClim byla zjednodušena. Do vyhodnocení nebyl zahrnut vliv stanoviště; ani přízemní vegetace nemá vliv na regeneraci odrostků z důvodu jeho tak nízkého výskytu v této studované oblasti, že by velmi málo ovlivnil konečné výsledky. Také mortalita odrostků nebyla uvažována vzhledem ke krátkému časovému období sledování vývoje porostu. Přesto je možno považovat tento zjednodušený model za vhodný pro určení dynamiky horských lesů pro několik desetiletí.

Eur. J. For. Res., 2007, vol. 126, no. 1, s. 131-145.

Kp