

Proceedings of Central European Silviculture

Igor Štefančík (ed.)

2014



Národné lesnícke centrum – Lesnícky
výskumný ústav Zvolen, odbor pestovania
a produkcie lesa

*National Forest Centre – Forest Research
Institute Zvolen, Department of silviculture
and forest production*

v spolupráci s

in cooperation with

Technickou univerzitou vo Zvolene,
Lesníckou fakultou

*Technical University Zvolen,
Faculty of Forestry*

Výzkumným ústavem lesního
hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady,
výzkumnou stanicí Opočno

*Forestry and Game Management Research
Institute Strnady,
Forest Research Station Opočno*

Mendelovou univerzitou v Brně,
Lesnickou a dřevařskou fakultou

*Mendel University in Brno,
Faculty of Forestry and Wood Technology*

Českou zemědělskou univerzitou v Praze,
Fakultou lesnickou a dřevařskou

*Czech University of Life Sciences Prague,
Faculty of Forestry and Wood Sciences*

zborník vedeckých prác na tému

Proceedings of scientific papers on the topic

**PESTOVANIE LESA
V STREDNEJ EURÓPE**

**SILVICULTURE
IN CENTRAL EUROPE**

Podakovanie / Acknowledgement

„Táto publikácia bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0262-11“ – *“This publication was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0262-11”*

Všetky príspevky publikované v tomto zborníku boli recenzované – *All chapters in this monograph were anonymously reviewed.*

Zoznam recenzentov / Reviewers list

Ing. Michal Bošefa, PhD.
Ing. Elena Foffová, CSc.
doc. Ing. Karol Gubka, CSc.
doc. RNDr. Tomáš Hlásny, PhD.
doc. Dr. Ing. Bohdan Konôpka
prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.
Ing. Pavol Pavlenda, PhD.
doc. Ing. Rudolf Petráš, CSc.
prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.
Ing. Tibor Priwitzer, PhD.
doc. Ing. Ivan Repáč, CSc.
Ing. Ivana Sarvašová, PhD.
doc. Ing. Martin Slávik, CSc.
Ing. Jiří Souček, Ph.D.
doc. Ing. Igor Štefančík, CSc.
Ing. Elena Takáčová
Ing. Anna Túčeková, PhD.
prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Vydavateľ:	Národné lesnícke centrum Zvolen
Editor:	Igor Štefančík
Grafická úprava:	Lubica Pilná
Prvé vydanie	
Tlač:	NLC Zvolen
Rok vydania:	2014
Fotografie	
na obálke	Igor Štefančík
Rozsah:	219 strán
Náklad:	80 výtlačkov
Rukopis neprešiel jazykovou úpravou	

Copyright © Národné lesnícke centrum Zvolen, 2014

ISBN 978 - 80 - 8093 - 187 - 2

Obsah / Content

I. Obnova – Forest regeneration

A. Martiník, K. Houšková, E. Palátová, J. Cafourek, M. Michalak

Vliv prodloužené stratifikace na vzházivost osiva douglasky tisolisté [*Impact of prolonged stratification on Douglas-fir seeds emergence rate*] 9

J. Stejskalová, I. Kupka

Vliv média na klíčivost semen javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.) [*Medium influence on germination potential of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seeds*] 15

I. Repáč

Účinky termínu výsadby a melioračnej prímеси na prežívanie a rast kultúry smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) [*Effects of planting time and ameliorating admixture on survival and growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plantation*] 21

P. Vaněk

Hustota přirozené obnovy borovice vejmutovky (*Pinus strobus* L.) ve vztahu ke světelným podmínkám porostu [*Quantity of Eastern white pine natural regeneration in relation to light conditions of forest stand*] 29

M. Čáter

Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different gap size 36

V. Podrázský, O. Holubík, M. Baláš, I. Kupka, J. Zvolánek, M. Tužinský, V. Gjurrov

Využití přípravků na bázi řas pro iniciační podporu výsadeb lesních dřevin [*Use of algae-based materials for initial support of plantations of the forest tree species*] 45

A. Túčeková

Výskum aplikácie drevného popola v rámci demonštračného objektu Husárik [*Research of wood ash application in demonstration object Husárik*] 52

II. Štruktúra porastov – Stand structure

S. Kucbel, J. Vencurik, P. Jaloviar, J. Bajdich

Návrh modelu diferencovanej štruktúry vysokohorského lesa pre centrálnu časť Nízkyh Tatier [*Model proposal of differentiated structure of high-elevation forest for central part of the Low Tatra Mts.*] 60

O. Špulák, J. Souček, J. Leugner

Variabilita struktury mladých, převážně březových porostů vzniklých sukcesí na holinách kalamitního charakteru [*Stand structure variability of young stands with birch dominance established by succession on extreme clear-cut areas*] 68

M. Saniga, J. Pittner, M. Balanda

Vybrané znaky štruktúry a dynamika regeneračných procesov bukového pralesa NPR Oblík [*Selected structural parameters and natural regeneration of the beech-dominated natural forest in NNR Oblík*] 75

III. Produkcia – Production

M. Bugala, M. Balanda

Dynamika radiálneho rastu vybranej populácie jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) v oblasti východných Karpát [*Dynamics of radial growth of the selected grey alder population (*Alnus incana* [L.] Moench.) in the area of Eastern Carpathians*] 83

R. Knott, J. Kadavý, M. Kneifl

Růstové změny tloušťky dospělých dubů v různých výškách na kmeni v reakci na uvolnění a srážky [*Diameter growth changes in mature oaks stems at different heights as a response to release and precipitation*] 90

R. Longauer, M. Pacalaj, S. Strmeň

Rast introdukovaných drevín v dubovom lesnom vegetačnom stupni južného Slovenska [*Growth of introduced tree species in the oak-dominated forests of southern Slovakia*] 99

I. Lukáčik, I. Sarvašová

Rastové charakteristiky a zdravotný stav vybraných výsadiel rodu *Ulmus* sp. v Arborete Borová hora [*Growth characteristics and healthy stage chosen plantation of *Ulmus* sp. in Arboretum Borová hora*] 111

T. Klouček, I. Štefančík, T. Priwitzer, V. Čaboun

Prehľad vybraných taxačných a produkčných veličín jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v jedlobukových porostoch a ich vývoj v období rokov 1957 – 2011 vo výskumno – účelovom objekte Komárnik [*An overview of selected mensurational and production parameters of a fir (*Abies alba* Mill.) in fir-beech stands and their development in 1957 – 2011 – in research purpose-made area Komárnik*] 118

I. Štefančík, T. Klouček, S. Strmeň, M. Kamenský Kvantitatívna produkcia bukového (<i>Fagus sylvatica</i> L.) porastu v oblasti Slanských vrchov ovplyvnená dlhodobou rozdielnou výchovou [<i>Quantitative production of European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) stand influenced by long-term difference of tending in Slanské vrchy Mts.</i>]	127
--	-----

L. Dobrovolný, J. Kadavý, M. Kneifl, Z. Adamec Využití růstového simulátoru „SIBYLA“ při volbě techniky převodu na les trvale tvořivý [<i>Using of growth simulator „SIBYLA“ by the choice of silvicultural technique of conversion to continuous cover forest</i>]	135
---	-----

R. Petráš, J. Mecko, M. Bošeľa, V. Šebeň Objemové prírastky zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov [<i>Volume increments of mixed spruce-fir-beech forests</i>]	143
--	-----

IV: Lesy a prostredie – Forest and Environment

J. Gallo, M. Baláš, O. Nováková, I. Kuneš The use of sonic and electrical impedance tomography for identification of internal tree defects	150
--	-----

D. Kacálek, D. Dušek, J. Novák, J. Leugner, J. Bartoš Pěstování třešně ptačí (<i>Prunus avium</i> [L.] L.) na bývalé zemědělské půdě: přehled poznatků [<i>Growing wild cherry (<i>Prunus avium</i> [L.] L.) on former agricultural soil: review</i>]	157
---	-----

M. Baláš, N. Rašáková, J. Gallo, O. Nováková, I. Kuneš Bříza ojcovská (<i>Betula oycoviensis</i>) – dendrologická zajímavost střední Evropy [<i>Oyców birch (<i>Betula oycoviensis</i>) – Central European dendrological rarity</i>]	163
--	-----

J. Martincová, O. Špulák, J. Leugner Sezónní změny fluorescence chlorofylu vegetativně a generativně množeného sadebního materiálu smrku ztepilého (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) v klimaticky atypické zimě 2013/2014 [<i>Seasonal changes of chlorophyll fluorescence in vegetatively and generatively propagated plants of Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) in atypical winter 2013/2014</i>]	173
--	-----

D. Dušek, J. Novák, D. Kacálek, M. Slodičák Chemismus lesních půd a obsah živin v jehličí smrku v oblasti postižené chronickým chřadnutím smrkových porostů na LS Vítkov [<i>Chemism of forest soils and nutrient content in spruce needles in an area affected by spruce decline in Vítkov forest district</i>]	180
--	-----

P. Jaloviar, S. Kucbel, M. Saniga, J. Vencurik	
Vertikálna distribúcia jemných koreňov jedle bielej (<i>Abies alba</i> Mill.) a buka lesného (<i>Fagus sylvatica</i> L.) v podmienkach prírodného lesa [<i>The fine root vertical distribution of silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) and European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) in natural forest stand</i>].....	188
J. Novák, D. Dušek, M. Slodičák	
Množství opadu v mladých porostech modřínu opadavého (<i>Larix decidua</i> Mill.) [<i>Amount of litter-fall in young stands of larch (<i>Larix decidua</i> Mill.)</i>]	194
J. Remeš, L. Bílek, M. Fulín	
Vliv různých způsobů využití těžebních zbytků a mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půdy [<i>Impact of different utilization of logging residues and mechanical soil preparation on the chemical properties of the soil</i>]	200
Z. Vacek, J. Král, S. Vacek	
Vliv zvěře na strukturu a přirozenou obnovu bukosmrkových porostů v Orlických horách [<i>The impact of game on structure and natural regeneration of beech-spruce stands in the Orlické Mountains</i>]	206
J. Vencurik, P. Jaloviar, M. Saniga, S. Kucbel	
Analýza svetelných pomerov v dolnej vrstve výberkových lesov [<i>The analysis of light conditions in the lower layer of selection forests</i>].....	213

PREDSLOV

Zborník recenzovaných vedeckých prác „*Proceedings of Central European Silviculture*“, ktorý práve držíte v rukách je výsledkom vedecko-výskumnej činnosti na piatich vedeckých a vedecko-pedagogických pracoviskách v problematike pestovania lesa na Slovensku a v Českej republike. Svojím obsahom a komplexným zameraním pokrýva rozsiahlu problematiku pestovania lesa od otázky lesného semenárstva, škôľkarstva a šľachtenia lesných drevín, cez obnovu, výchovu, štruktúru a rekonštrukciu lesa, ako aj aspekty rastu a produkcie lesa, až po vzťahy medzi lesom a prostredím. V publikovaných prácach sú spracované poznatky z vedeckých projektov, ktoré sa riešili na predmetných pracoviskách v ostatných rokoch. Predstavujú teda najnovšie výsledky výskumných aktivít tvorivých vedeckých pracovníkov a tiež doktorandov.

Veríme, že aj toto už trochu jubilejné 15. pokračovanie prezentovania najnovších poznatkov z vedeckých a vedecko-pedagogických pracovísk na Slovensku a v Českej republike v problematike pestovania lesa významne rozšíri vedeckú poznatkovú úroveň v danej oblasti a tak prispeje k zachovaniu tejto jedinečnej tradície aj do budúcich rokov.

Editor

VLIV PRODLOUŽENÉ STRATIFIKACE NA VZCHÁZIVOST OSIVA DOUGLASKY TISOLISTÉ

Impact of prolonged stratification on Douglas fir seeds emergence rate

**Antonín Martiník¹ • Kateřina Houšková¹ • Eva Palátová¹
• Josef Cafourek¹ • Marcin Michalak²**

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno; e-mail: martinik@mendelu.cz

²Polska akademia nauk, Instytut Dendrologii, Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Abstract

Emergence rate of three Douglas fir seed lots from Czech Republic and two seed lots from France was determined. Test of laboratory germination capacity shows that seed lots are in certain stage of dormancy. While germination capacity of full non-stratified seeds varied from 64 to 89%, germination capacity of 21 days stratified seeds was about 8-3% higher. Emergence rate of 21 days stratified seeds did not differ 11 weeks after beginning of emergence from prolonged 49 days stratified seeds. However emergence rate of 49 days stratified seeds varied from 44% to 88% 3 weeks after beginning of emergence and it was about 19–25% higher than emergence rate of 21 days stratified seeds in the same time. Thus/So the prolonged stratification (49 instead of 21 days determined by the Czech technical rules for seed testing – ČSN 48 1211) increased the emergence rate of the Douglas fir seed and can also improve its utilisation / contribute to its efficient usage.

Keywords: Douglas fir, stratification, germination capacity, emergence rate, seed origin

Abstrakt

Byla analyzována vzcházivost tří oddílů douglasky tisolisté původem z České Republiky a dvou z Francie. Laboratorní zkouška klíčivosti prokázala, že se jedná o oddíly vykazující určitý stupeň dormance. Zatímco klíčivost plných semen u nestratifikovaného kontrolního osiva se pohybovala v rozpětí 64–89 %, klíčivost osiva po 21denní předosevní přípravě byla o 8–31 % vyšší. Vzcházivost osiva po 21denní stratifikaci se 11 týdnů od začátku vzcházení významně nelišila od vzcházivosti po prodloužené 49denní stratifikaci. Nicméně 3 týdny od začátku vzcházení se vzcházivost osiva po 49denní stratifikaci u jednotlivých oddílů osiva pohybovala v rozpětí 44–88 % a byla o 19–25 % větší než vzcházivost zjištěná ve stejném období u osiva stratifikovaného 21 dní. Prodlovení stratifikace z normou daných 21 na 49 dní tedy vede ke zrychlení vzcházení osiva douglasky tisolisté a může tak pozitivně ovlivnit jeho výtěžnost.

Klíčová slova: douglaska tisolistá, stratifikace, klíčivost, vzcházivost, původ osiva

Úvod a problematika

V České republice podobně jako v dalších státech střední a západní Evropy patří douglaska k nejperspektivnějším introdukovaným dřevinám s potenciálem z části nahradit nepůvodní smrk v nižších a středních polohách (Beran, Šindelář 1996). Zavádění douglasky do porostů, kde se nevyskytují mateřské stromy, je spojené s umělou obnovou,

a tedy s pěstováním sadebního materiálu. Významným ukazatelem školkařské praxe je výtěžnost osiva, tedy kolik rostlin je vypěstováno z jednoho kilogramu osiva. Zatímco na území severní Ameriky dosahuje výtěžnost osiva douglasky až 50 % (Thompson 1984), v podmínkách České republiky se tato hodnota pohybuje mezi 20 – 30 % (Cafourek – osobní sdělení).

Mezi zásadní faktory ovlivňující výtěžnost osiva patří jeho kvalita, doba výsevu a předosevní příprava. V případě osiva douglasky je doporučována dvojí zkouška klíčivosti (pro nestratifikované osivo a osivo po 21denní stratifikaci) ke zjištění dormance a kvality osiva. Pro dormantní osivo je následně před výsevem doporučována 21denní studená stratifikace (ČSN 48 1211 – 2006). Nicméně výsledky našich i zahraničních šetření naznačují, že tato délka nemusí být dostatečná (Sorensen 1991; Edwards, El-Kassaby 1995; Martiník et al. 2013; Houšková et al. 2014).

Cílem příspěvku je odpovědět na otázku, zda v konkrétních podmínkách lesní školky na území České republiky dojde ke zlepšení vzházení u všech testovaných oddílů osiva douglasky při prodloužení doby stratifikace z 21 na 49 dní.

Materiál a metodika

Původ analyzovaných oddílů osiva je uveden v tabulce 1. Oddíly domácího původu pocházejí z uznaných porostů, osivo původem z Francie je ze semenných sadů.

Tabulka 1: Původ analyzovaných oddílů osiva douglasky tisolisté

Table 1: Origin of analysed Douglas fir seed lots

Označení oddílů osiva ¹	Země původu ²	Původ osiva ³
A	Česká republika ⁴	CZ-2-2A-DG – 1740-6-3-P
B	Česká republika ⁴	CZ-2-2A-DG-3151-36-3-Z
C	Česká republika ⁴	CZ-2-2A-DG-1005-23-5-L
D	Francie ⁵	PME-VG-05 Washington 2VG
E	Francie ⁵	PME-VG-02 Luzette -VG

¹Mark of seed lots, ²Origin country, ³Seeds origin, ⁴Czech Republic, ⁵France

Pro zjištění dormance analyzovaných oddílů osiva byla 9. 5. 2013 založena standardní zkouška klíčivosti na filtračním papíru na klíčidlech podle ČSN 48 1211 (2007), a to pro kontrolní osivo bez předosevní přípravy „K“ a pro osivo po 21denní studené stratifikaci „21“. Předosevní příprava testovaných oddílů osiva spočívala v máčení osiva ve vodě 5 °C teplé po dobu 48 hodin. Po dvouhodinovém povrchovém osušení na filtračním papíře při laboratorní teplotě bylo osivo 21 dnů stratifikováno v polyetylenových sáčcích při teplotě 5 °C.

K hodnocení vzháživosti v substrátu byl souběžně se zkouškou klíčivosti (9. 5. 2013) založen pokus s osivem stratifikovaným po dobu 21 a 49 dnů. Osivo bylo vyseto na výsevové stoly v experimentální lesní školce Mendelovy univerzity v Brně (49°15'N, 16°35'E). Jako substrát byla zvolena směs rašeliny a křemitého písku v poměru 4:1. Hodnocení vzháživosti probíhalo ve 2–4denních intervalech od počátku vzházení do 21. 7. 2013 (tj. po cca 11 týdnech), kdy byla vyhodnocena celková vzháživost v jednotlivých variantách. Za vzešlé byly považovány klíčící rostliny, které shodily osemení. Z praktického hlediska vý-

znamná rychlost a homogenita vzházení byly zjišťovány počtem vzešlých rostlin do 3 týdnů od počátku vzházení.

Klíčivost i vzházivost byly hodnoceny v osmi opakováních po 50 ks semen pro každou variantu. Statistická významnost rozdílů mezi klíčivostí nestratifikovaného osiva a osiva stratifikovaného 21 dní stejně jako rozdílů ve vzházivosti po 21 a 49denní stratifikaci byly testovány t-testem ($p < 0,05$). Data byla transformována na normální rozdělení pomocí arc-sin transformace.

Výsledky

Klíčivost analyzovaných oddílů osiva bez předosevní přípravy se pohybovala v rozmezí 46 – 80 % (tab. 2). Klíčivost osiva po 21denní stratifikaci byla u všech oddílů, s výjimkou oddílu C, statisticky významně vyšší, ale při srovnání klíčivosti semen plných byly rozdílů mezi kontrolní variantou a variantou 21denní stratifikace zjištěny i pro oddíl C (tab. 2). U stratifikovaného osiva tak vyklíčilo víceméně maximální množství semen (95 – 99 % plných semen).

Značné rozdílů mezi klíčivostí osiva a klíčivostí semen plných jsou dány vysokým podílem prázdných semen (tab. 2), které byly zaznamenány především u oddílů B a C českého původu. Naproti tomu podíl prázdných semen u francouzských proveniencí byl zanedbatelný.

Tabulka 2: Klíčivost analyzovaných oddílů osiva douglasky tisolisté a jejich statistické porovnání

Table 2: Germination capacity of Douglas fir seed lots and their statistical differences

Oddíl osiva ¹	Varianta ²	Podíl prázdných semen ³	Klíčivost ⁴	Statistická významnost rozdílů mezi variantami v klíčivosti ⁵	Klíčivost plných semen ⁶	Statistická významnost rozdílů mezi variantami v klíčivosti plných semen ⁷
		[%]		[p]	[%]	[p]
A	K	20	71	0,0008	89	0,0035
	21	10	87		97	
B	K	34	58	0,0035	89	0,0000
	21	30	69		99	
C	K	48	46	0,5440	88	0,0003
	21	50	49		99	
D	K	4	61	0,0000	64	0,0000
	21	7	88		95	
E	K	4	80	0,0001	83	0,0001
	21	1	95		96	

¹Seed lot, ²Variant, ³Percentage of empty seeds, ⁴Germination capacity, ⁵Statistical significance of differences in germination capacity between variants, ⁶Germination capacity of full seeds, ⁷Statistical significance of differences in germination capacity of full seeds between variants

Celková vzházivost osiva po 21denní stratifikaci se pohybovala v rozmezí od 49–91 %. Zatímco v případě domácích proveniencí to bylo v rozmezí 49 – 80 %, u osiva původem z Francie dosahovala vzházivost shodně hodnot 91 % (tab. 3). Po 49denní stratifikaci osiva se jeho celková vzházivost u všech analyzovaných oddílů ve srovnání s osivem stratifikovaným 21 dnů výrazně nelišila. Hodnota vzházivosti pro domácí oddíly se pohybovala v rozmezí 47 – 79 %, u osiva původem z Francie dosáhla 93 %.

Po prodloužené 49denní stratifikaci vzešla většina osiva v prvních 3 týdnech od počátku vzházení (tab. 3). Rozdíl mezi vzházivostí celkovou a po 3 týdnech byl do 7 %, ovšem při klasické 21denní stratifikaci vzešlo v prvních 3 týdnech od počátku vzházení o 19 – 37 % semen méně než celkově na konci pokusu, 11 týdnů po začátku vzházení. Rychlost vzházení semen po normou stanovené 21denní stratifikaci proto byla statisticky významně nižší než při prodloužení na 49 dnů.

Diskuse

Za nízkou výtěžností osiva v České republice (Cafourek – osobní sdělení) může být jednak nízká kvalita použitého osiva, jednak nedostatečně zvládnutá školkařská praxe. Vzhledem k tomu, že je používáno jak osivo původem ze Severní Ameriky, tak oddíly domácí provenience o známé a často vysoké kvalitě, nelze nízkou výtěžnost přičítat jakosti osiva (Hofman, Heger 1959; Martiník, Palátová 2012).

Tabulka 3: Vzházivost analyzovaných oddílů osiva douglasky tisolisté a její statistické porovnání mezi variantami

Table 3: Emergence rate of analysed Douglas fir seed lots and its statistical differences between variants

Oddíl osiva ¹	Varianta ²	Vzházivost na konci pozorování ³	Statistická významnost rozdílů mezi variantami ve vzházivosti na konci pozorování ⁴	Vzházivost 3 týdny od začátku vzházení ⁵	Statistická významnost rozdílů mezi variantami ve vzházivosti 3 týdny od začátku vzházení ⁶
		[%]	[p]	[%]	[p]
A	21	80	0,3689	46	0,0000
	49	83		76	
B	21	58	0,8986	39	0,0008
	49	60		58	
C	21	49	0,3050	25	0,0002
	49	47		44	
D	21	91	0,3245	68	0,0000
	49	93		88	
E	21	91	0,2625	65	0,0000
	49	93		88	

¹Seed lot, ²Variant, ³Emergence rate at the end of observation, ⁴Statistical significance of differences in emergence rate at the end of observation between variants, ⁵Emergence rate 3 weeks after emergence beginning, ⁶Statistical significance of differences in emergence rate 3 weeks after emergence beginning between variants

Pro jarní výsevy dormantního osiva douglasky je doporučována a v České republice praktikována standardní 21denní stratifikace (ČSN 48 1211 – 2007). Ta však byla pro naše podmínky a domácí osivo shledána jako nedostatečná (Edwards, El-Kassaby 1995; Martiník et al. 2013). Na základě několika experimentů s domácím osivem vysoké kvality bylo zjištěno, že zvýšení vzházivosti lze dosáhnout prodloužením studené stratifikace na 49 dní (Houšková et al. 2014; Martiník et al. 2014). Pro ověření těchto výsledků byl uskutečněn experiment s větším množstvím oddílů osiva.

K pokusu s cílem posoudit vliv prodloužení studené stratifikace na vzházivost osiva bylo kromě českých oddílů použito pro srovnání i vysoce jakostní osivo ze semenných sadů původem z Francie. Pro všechny analyzované oddíly byla před zahájením výzkumu provedena dvojí zkouška klíčivosti (ISTA 2003), na základě které bylo možné konstatovat, že se

jedná o osivo vykazující určitý stupeň dormance (Gosling 1988; Gosling, McCartan 2006; Gosling, Peace 1990). Zatímco nedormantní osivo douglasky lze běžně vysévat na jaře bez předosevní přípravy, v případě oddílů dormantních je tato předosevní příprava nezbytností (Dirr, Heuser 2006).

U námi analyzovaného osiva douglasky tisolisté českého a francouzského původu prodloužená stratifikace z 21 na 49 dnů celkovou vzházivost nezvýšila, ovšem většina semen vzešla 3 týdny od začátku vzházení, kdežto po klasické 21denní stratifikaci vzházela semena výrazně pomaleji. Vysoká rychlost vzházení osiva je přitom školkařskou praxí žádána pro rychlé dosažení velkého množství semenáčků vykazujících vysokou homogenitu růstu. Prodlouženou stratifikací tedy nedosáhneme vyšší vzházivosti, ale žádané vyšší rychlosti vzházení, což souhlasí s výsledky Sorensena (1991) a Edwardse, El-Kassabyho (1995) a potvrzuje zjištění a doporučení Martiníka et al. (2013) a Houškové et al. (2014). Prodloužením stratifikace o 4 týdny tak můžeme dosáhnout vyšší výtěžnosti osiva douglasky tisolisté.

Závěr

Na základě dosavadních poznatků o vlivu prodloužené stratifikace na vzházivost osiva douglasky tisolisté byl založen experiment s cílem ověřit dosavadní výsledky na 5 oddílech osiva původem jak z České republiky, tak ze zahraničí. Výsledky šetření jednoznačně potvrdily pozitivní vliv prodloužení stratifikace na průběh vzházení dormantního osiva této dřeviny. Prodloužením stratifikace z normou stanovených 21 na doporučených 49 dní dosáhneme školkařskou praxí žádané vyšší rychlosti vzházení osiva douglasky a vytváříme tak předpoklady pro zvýšení jeho výtěžnosti.

Poděkování

Příspěvek byl řešen v rámci projektu NAZV– QI112A172 „Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách České republiky“.

Literatura

- Beran, F., Šindelář, J., 1996: Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České republiky. *Lesnictví-Forestry*, **42**(8): 337–355.
- Edwards, D. G. W., El-Kassaby, Y. A., 1995: Douglas-fir genotypic response to seed stratification. *Seed Science & Technologies*, **23**: 771–778.
- Gosling, P. G., 1988: The effect of moist chilling on the subsequent germination of some temperate conifer seeds over a range of temperatures. *Journal of Seed Technology*, **12**: 90–98.
- Gosling, P. G., Peace, A. J., 1990: The analysis and interpretation of ISTA „double“ germination tests. *Seed Science & Technologies*, **18**: 791–803.
- Gosling, P. G., McCartan, S. A., 2006: Seed dormancy in a nutshell! Canadian Tree Improvement Association, *News Bulletin*, **44**: 3–6.
- Hofman, J., Heger B., 1959: Výsledky provozních výsevů douglasky v roce 1956. In: *Práce výzkumných ústavů lesnických*, **16**: 85–100.

- Houšková, K., Martiník, A., Palátová, E., Cafourek, J., Houška, J., 2014: Lze zlepšit vzcházivost osiva douglasky tisolisté? Zprávy lesnického výzkumu – v tisku.
- Martiník, A., Palátová, E., 2012: Je předosevní příprava osiva douglasky tisolisté nezbytná? Zprávy lesnického výzkumu, **57**(1): 47–55.
- Martiník, A., Palátová, E., Houšková, K., 2013: Impact of pre-sowing treatment and sowing season on Douglas fir emergence rate in a specific seed lot. Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis: **61**(1): 147–155.
- Martiník, A., Houšková, K., Palátová, E., 2014: Response of specific Douglas fir seed lot to different temperature condition and prechilling duration. Journal of Forest Science – v tisku.
- Sorensen, F. C., 1991: Stratification period and germination of Douglas-fir seed from Oregon seed orchards: two case studies. Research Note 499. Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service, 22 p.
- Thompson, B. E., 1984: Establishing a Vigorous Nursery Crop: Bed Preparation, Seed Sowing, and Early Seedling Growth. Forestry sciences, **11**: 41–49.
- ČSN 48 1211, 2006: Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut, 60 p.
- ISTA, 2014: International rules for seed testing. Zürich: ISSN 2310-3655.

VLIV MÉDIA NA KLÍČIVOST SEMEN JAVORU KLENU (*ACER PSEUDOPLATANUS* L.)

Medium influence on germination potential of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seeds

Jana Stejskalová • Ivo Kupka

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát, e-mail: jstejskalova@fd.czu.cz, kupka@fd.czu.cz

Abstract

Sycamore seeds are two-fly achenes containing single seed covered by pericarp and testa. The existence of the envelopes is the main source of dormancy. The stratification is needed process to overcome the dormancy. The Czech standard recommends two ways of stratification and germination test i.e. on wet paper or in wet substrate. Our data suggest that wet substrate produce higher germination results – the differences are 32.5% in favour of the substrate. The final germination level reaches under this handling condition about 90%.

Keywords: sycamore, stratification, germination, field emergence

Abstrakt

Plody javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.) jsou křídlaté dvounažky, z nichž každá obsahuje jedno semeno, které je kryto osemením a oplodím. Přítomnost těchto dvou obalů je hlavní příčinou tzv. dormance. Aby byla dormance překonána a semena mohla vyklíčit, je potřeba semena stratifikovat. Norma ČSN připouští dvě varianty substrátu pro stratifikaci a následně pro navazující zkoušku klíčivosti (vzcházivosti). Javorová semena je možno stratifikovat a zaklíčovat buď na filtračním papíře nebo v substrátu. Po provedení pokusů s různými kategoriemi a oddíly semen bylo zjištěno, že semena testována v substrátu měla o 32,5 % lepší výsledky a celkově se procento vyklíčených semen blížilo k 90 %.

Klíčová slova: javor klen, stratifikace, klíčivost, vzcházivost, médium

Úvod a problematika

Javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) je sice v českých lesích nejvíce rozšířeným javorem, ale i tak je jeho zastoupení v lesích nízké, okolo 1,3 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012). Javor klen je významnou součástí suťových lesů, kde roste nejčastěji s jasanem, bukem, jilmem horským a lípou. Bývá velmi často používán jako meliorační a zpevňující dřevina v místech s mělkou či suťovou půdou, kde by se jiným dřevinám tolik nedařilo (Slávik 2004). Půdu v lesních porostech dobře zastíňuje a svým opadem zlepšuje (Jeník 1961). V sadovnictví je jednou z nejčastěji pěstovaných listnatých dřevin, jako solitér v parcích nebo jako alejový strom (Musil 2005). Díky své široké ekologické amplitudě má silné invazivní vlastnosti. Klen se dožívá věku až 500 let i více. Těžen bývá ve věku 120 – 150 let (Suzska et al. 1996), dřevo je středně těžké ale jemné, za sucha trvanlivé (Slávik 1997). Používá se v nábytkářství, řezbářství, při tvorbě intarzií

a k výrobě hudebních nástrojů, dobře se soustruží, moří i impregnuje. Ceněné jsou dýhy s vlnitým fládrem, očkové kleny apod. (Musil 2005).

Plody kleny jsou křídlaté dvounažky (zelené až červené) s dotýkajícími se semennými pouzdry, které dozrávají v září a opadávají od října až do zimy (Musil 2005). Klen plodí pravidelně (jednou za tři roky) a hojně. Solitéry plodí již od věku 20 – 30 let a v porostech ve věku 40 let (Suzska et al. 1996). Samostatně stojící strom může vyprodukovat až 170 000 semen (Rusanen, Myking 2003).

Délka nažek se pohybuje od 36 – 55 mm. Křídla svírají obvykle ostrý úhel 60 – 90° (Suzska 1996). Každá plná nažka obsahuje jedno semeno bez endospermu, které je kryto osemením (Carl, Snow 1971). Osemení se začíná vyvíjet ještě před oplodněním a po dozrání semene je jeho vývoj ukončen (Kupka 2005). Přítomnost oplodí a osemení je mimo jiné jednou z hlavních příčin dormance, tj. klíčného klidu (Booner 2008). Období klíčného klidu je pravidelná fáze v životním cyklu některých rostlin, která zabraňuje, aby semeno vyklíčilo v nevhodnou dobu. Semena javoru kleny ve svém vývoji procházejí dvěma typy dormance. První, embryonální (fyziologickou) dormancí procházejí semena ještě v koruně stromu. (Procházková 1992). Druhá, obalová (morfologická) dormance zralých semen je způsobena nepropustným osemením, které brání vyplavení inhibičních látek z embrya (Webb, Wareing 1972). Obecně má dormance význam pro přežití daného druhu, protože posunuje klíčení v času a prostoru a ovlivňuje i geografickou distribuci (Bewley, Black 1982).

Pro překonání dormance je třeba vlhká zralá semena stratifikovat. Pod pojmem stratifikace rozumíme vystavení hydratovaných semen specifickému teplotnímu režimu po určité době. Dříve se pod tímto pojmem označovalo vrstvení osiva pískem. Stratifikace může probíhat s médiem i bez (Palátová 2008; ČSN 48 1211). Javory patří k druhům semen, které vyžadují pro své klíčení stratifikační chlad. Běžně se nažky kleny stratifikují ve vlhkém médiu (např. ve směsi písku a rašeliny) (Procházková 1993) při 1 až 5 °C. Délka stratifikace se udává od 35 do 140 dní (Vincent 1965; Schopmeyer 1974; Tóth, Garrett 1989; Suzska et al. 1996). Chlad však musí vždy působit na zbobtnalá semena, nikoli na semena suchá. Během stratifikačního chlazení také dochází postupně k odbourávání abscisové kyseliny (ABA) a k růstu hladiny giberelinů (Zasada et al. 2008). Klenová semena patří do skupiny semen rekalcitrantních, která mají vysoký spodní kritický obsah vody 30 – 50 % (Procházková 2010).

Klíčení se projevuje vizuálně proniknutím radikuly osemením. Proces klíčení je shrnut do čtyř fází – fáze fyzikální (absorpce vody), fáze biochemická, fáze prodlužovací a fáze růstová (Palátová 2007). Rozlišují se dva druhy způsobů klíčení – nadzemní (epigeické) nebo podzemní (hypogeické) (Procházka et al. 1998). Epigeické klíčení je typické pro většinu druhů javorů. Aby živé semeno vyklíčilo, musí být splněna řada podmínek, které mohou být rozděleny na podmínky vnější a vnitřní – semeno musí být živé a musí přejít z morfologické do fyziologické zralosti. Mezi vnější podmínky klíčení řadíme vodu, teplotu, kyslík, světlo (Palátová 2008).

Průměrné hodnoty kvality semen javoru kleny dle normy ČSN 48 1211 jsou:

- čistota 80 %,
- podíl plných semen 80 %,
- klíčivost nebo životnost čistých semen 80 %,
- absolutní hmotnost 95 g,

- počet semen v 1 kg je 10 500 ks,
- počet čistých klíčivých semen v 1 kg je 6 700 ks.

Materiál a metodika

Semenný materiál

Bylo použito osivo ze čtyř oddílů z LVS 4, PLO 16 – Českomoravská vrchovina, sběr proběhl 11. 11. 2011. Před zahájením pokusů byla semena skladována v uzavřených PVC obalech. Počáteční kvalita osiva (obsah vody, životnost a absolutní hmotnost) byla zjištěna podle Normy ČSN 48 1211 (2006). Charakteristika použitého osiva je uvedena v tabulce 1.

Veškeré laboratorní práce a zkoušky byly provedeny ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02, Jílovistě, Výzkumná stanice Kunovice, zkušební laboratoř Semenářská kontrola.

Po zjištění základních kvalitativních charakteristik klenového osiva, byly 29. 11. 2011 založeny dva pokusy (pro každý pokus bylo použito vždy 4×100 ks semen z každého oddílu):

1. Stratifikace na filtračním papíře (dle Normy ČSN 48 1211) a následná 21denní zkouška klíčivosti na filtračním papíře.
2. Stratifikace ve směsi písku a rašeliny a následná 21denní zkouška vzcházivosti ve směsi písku a rašeliny.

Tabulka 1: Přehled osiva použitého v pokusech a jeho počáteční obsah vody, životnost a absolutní hmotnost

Table 1: Summary of seeds used for the experiment and their initial moisture content, viability and 1,000 seeds weight

Označení ¹	Kategorie reprodukčního materiálu ²	Zdroj reprodukčního materiálu ³	Životnost ⁴ [%]	Absolutní hmotnost ⁵ [g]	Obsah vody ⁶ [%]
Q1	kvalifikovaný ⁷	rodičovský strom ⁸	87	154	36,7
Q2	kvalifikovaný ⁷	rodičovský strom ⁸	95	215	40,5
Q3	kvalifikovaný ⁷	rodičovský strom ⁸	73	79	32,9
I1	identifikovaný ⁹	porost ¹⁰	87	221	41,7

¹Seed unit, ²Category, ³Source type, ⁴Vitality, ⁵Weight of 1,000 (pcs.) seeds, ⁶Moisture content, ⁷Qualified, ⁸Parent tree, ⁹Identified, ¹⁰Stand

Stratifikace

Podle ČSN 48 1211 i podle pokusů různých autorů (Procházková 1993; Vincent 1965; Schopmeyer 1974; Tóth, Garrett 1989; Suzska et al. 1996) je semena javoru kleny vždy nutné před zkouškou klíčivosti stratifikovat. Při našich pokusech jsme postupovali dle pokynů, které jsou uvedeny v normě, tj. stratifikace na filtračním papíře nebo v médiu po dobu 60 dní při teplotě 3 ± 2 °C (dále 3 °C), a až poté zahájení 21denní zkoušky klíčivosti/vzcházivosti. Obě varianty pokusů probíhaly souběžně ve stejném termínu.

1. Stratifikace na filtračním papíře

Stratifikace probíhala 60 dní. Semena (4×100 semen z každého oddílu) byla rozprostřena na vlhký filtrační papír do plastových uzavíratelných krabiček (11×11 cm), ve kterých byla v klimatizační skříni stratifikována ve tmě při teplotě 3 °C.

2. Stratifikace ve směsi písku a rašeliny

Stratifikace probíhala 60 dní. Semena byla stratifikována ve vlhkém substrátu (směsi písku a rašeliny v poměru 1:1 při 30 % obsahu vody), ve čtyřech uzavřených plastových pytlích ve tmě, v klimatizované místnosti při teplotě 3 °C.

Klíčivost

Po ukončení stratifikace, tj. 31. 1. 2012, byly nádoby se semeny přemístěny do klíčících skříní do stálé teploty 20 °C. Po 21 dnech byla semena vyhodnocena a byl zjištěn počet vyklíčených semen.

Vzcházivost

Po ukončení stratifikace, tj. 31. 1. 2012, bylo z každého pytle (oddílu) odpočítáno vždy 4×100 semen. Tyto vzorky byly vysety do připravených nádob se směsí písku a rašeliny v poměru 1 : 1 a ponechány v klimatizované místnosti se stálou teplotou 20 °C po dobu 21 dní. Na konci zkoušky klíčivosti byly spočítány vzešlé semenáčky. U jednotlivých oddílů byl použit stejný počet semen a opakování jako při hodnocení klíčivosti.

Statistická analýza

Statistické zpracování dat probíhalo pomocí softwaru Statsoft Statistica verze 12. V tomto softwaru byla nejprve pro každý oddíl zjištěna normalita dat a následně vypočtena popisná statistika. Poté byly takto vypočtené charakteristiky mezi sebou porovnány a byla ověřována statistická významnost rozdílů získaných dat. Testování probíhalo na hladině významnosti $\alpha = 0,01$.

Výsledky a diskuze

Souběžně probíhající zkoušky klíčivosti na filtračním papíře a zkoušky vzcházivosti v mediu (ve směsi písku a rašeliny) byly ukončeny 21. 2. 2012. Dosažené výsledky zkoušek klíčivosti a vzcházivosti semen javoru klenu jsou uvedeny v tabulce 2.

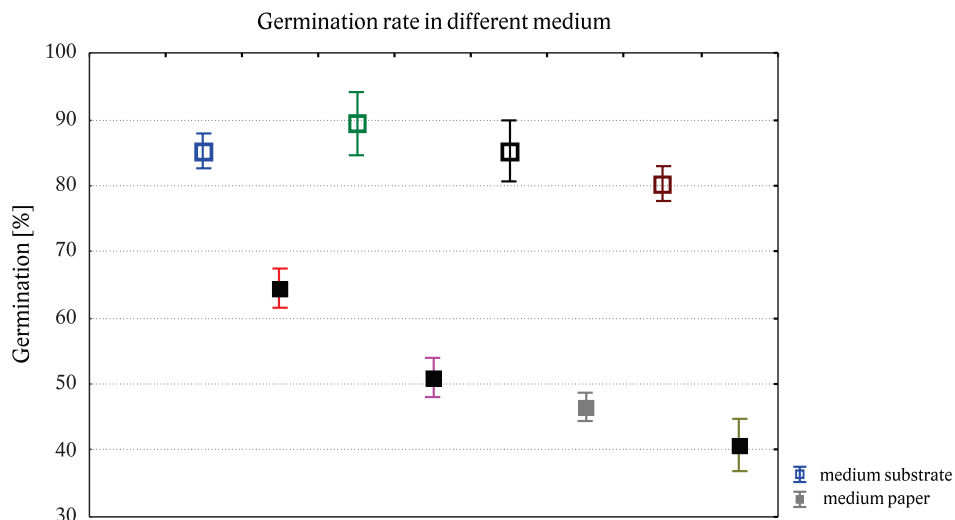
Tabulka 2: Výsledky zkoušek klíčivosti a životnosti stratifikovaných semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.)

Table 2: Results of germination and field emergence of sycamore seeds (*Acer pseudoplatanus* L.) after stratification

Označení ¹	Klíčivost ²	Vzcházivost ³
	[%]	
Q1	65	85
Q2	52	88
Q3	47	84
I1	43	80

¹Seed unit, ²Germination, ³Field emergence

Testovaná semena javoru klenu, která byla vysazena do substrátu, tj. směsi písku a rašeliny, klíčila v porovnání se semeny na filtračním papíře o 32,5 % více. V provedených pokusech bylo dosaženo statisticky významného rozdílu mezi těmito dvěma odlišnými médii (na hladině významnosti $\alpha = 0,01$) ve všech testovaných kategoriích a oddílech semen.



Obr. 1: Vliv média na výsledky zkoušek klíčivosti a vzházivosti (Norma ČSN 48 1211 předpokládá 80 %)

Fig. 1: The influence of medium on germination and field emergence (the value specified in the Czech standard ČSN 48 1211 is 80%)

Je zajímavé, že semena vysazená v substrátu dosahovala stejných nebo i vyšších hodnot v procentu vyklíčených semen, než je Normou ČSN 48 1211 stanovená hodnota 80 % (viz obr. 1).

Pravděpodobnou příčinou dosažených lepších výsledků ve variantě pokusů v substrátu, může být například lepší kontakt semen s médiem. Nižší kolísání vlhkosti substrátu nebo lepší ochrana semen před plísněmi, které se mohou na filtračním papíře rychleji rozšiřovat.

Tyto hypotézy by bylo ale potřeba ověřit na větším počtu vzorků, než které byly použity v těchto pokusech.

Závěr

Norma ČSN 48 1211, která se zabývá posuzováním kvality semen lesních dřevin, připouští v metodice zkoušek klíčivosti semen javoru klenu použití dvou variant média. Jako první variantu udává možnost semena zakličovat na povrch filtračního papíru a jako druhou variantu semena zakličovat do substrátu.

V našich pokusech se lépe osvědčilo zakličovat semena do substrátu. Nejprve tímto způsobem stratifikována, a poté vysazená semena dosahovala v průměru o 32,5 % lepší výsledků. Ve směsi písku a rašeliny vzešlo celkem 80 – 90 % semen.

Literatura

- Bewley, J. D., Black, M., 1982: Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination, Viability, Dormancy and Environmental Control. Berlin, Springer, 375 p.
- Booner, F. T., 2008: Seed Biology. In: *Woody Plant Seed Manual*. Forest Service, p. 12–33.

- Carl, C. M. Jr, Snow, A. G., 1971: Maturation of sugar maple seed. Research Paper No. NE-217. Upper Darby, PA, USDA Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station: 9 p.
- Jeník, J., 1961: Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Praha, Academia, 407 p.
- Kupka, I., 2005: Základy pěstování lesa. Praha, Česká zemědělská univerzita, 174 p.
- Musil, I., 2005: Lesnická dendrologie 2. Listnaté dřeviny. Praha, Česká zemědělská univerzita, 216 p.
- Palátová, E., 2008: Zakládání lesa I.: Lesní semenářství. (1. vydání). Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 120 p.
- Procházka, S. et al., 1998: Fyziologie rostlin. Praha, Academia, 484 p.
- Procházková, Z., 1992: Javor klen (*Acer pseudoplatanus*): Sběr, skladování a předosevní příprava. Zprávy lesnického výzkumu, **37**(3): 22–29.
- Procházková, Z., 1993: Skladování a předosevní příprava semen a plodů listnatých dřevin (javoru klenu, mléče a habru). Zprávy lesnického výzkumu, **38**(1): 25–33.
- Procházková, Z., 2010: Způsoby získávání (sběru), přepravy a skladování osiva lesních dřevin. In: Foltánek, J., (ed.): *Inovace kvalifikačních znalostí v oboru lesního školkařství*.
- Rusanen, M., Myking, T., 2003: Technical Guidelines for genetic conservation and use for sycamore (*Acer pseudoplatanus*). Rome, EUFORGEN: International Plant Genetic Resources Institute: 6 p.
- Schopmeyer, C. S., 1974: Seeds of woody plants in the United States. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Handbook No. **450**: 883.
- Slávik, M., 2004: Lesnická dendrologie pro bakalářské studium (Skripta). Praha, ČZU, 80 p.
- Slavík, B., 2007: Květena České republiky 5. Praha, Academia, 568 p.
- Suzska, B., Muller, C., Bonnet-Msimbert, M., 1996: Seeds of forest broadleaves: from harvest to sowing. INRA Editions, 334 p.
- Toth, J., Garrett, P.W., 1999: Optimum temperatures for stratification of several maple species. Tree Planters Notes, **40**: 9–12.
- Vincent, G., 1965: Lesní semenářství. Praha, SZN, 329 p.
- Webb, D. P., Wareing, P. F., 1972: Seed dormancy in *Acer*. Endogenous germination inhibitors and dormancy in *Acer pseudoplatanus* L. Planta, **104**: 115–125.
- Zasada, J. C. et al., 2006: *Acer* L. In: *Woody Plant Seed Manual*. Forest Service, p. 12-33.
- ČSN 48 1211 Lesní semenářství, 2006: Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen lesních dřevin. Praha, NI: 56 p.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012: Praha, MZe, 135 p.

ÚČINKY TERMÍNU VÝSADBY A MELIORAČNEJ PRÍMESI NA PREŽÍVANIE A RAST KULTÚRY SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.)

Effects of planting time and ameliorating admixture on survival and growth
of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) plantation

Ivan Repáč

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: repac@tuzvo.sk

Abstract

Bareroot Norway spruce seedlings (2+2) were outplanted on planting site in Kremnicke vrchy Mts. (central Slovakia) in fall and spring planting times. In both planting times, in addition to untreated control, forest soil from nearby mature stand, peat, vegetative-bead ectomycorrhizal fungal inoculum or alginate-beads lack of fungus were added to planting holes. Four years after planting, survival rates were 90% and 93% for fall and spring planting time, respectively, from 88% to 96% for organic amendments and 91% for control. Fall-planted seedlings amended with peat had significantly higher stem diameter (21.3 mm) than spring-planted control (15.1 mm). A similar trend (though insignificant) in stem height, height increment and aboveground volume of seedlings was found. Very good growth of the fall-planted control seedlings was observed. The highest growth differences between planting times were also detected for control; the amendments mitigated these differences. The results suggest that planting of bareroot Norway spruce seedlings in the fall time has a potential to facilitate the satisfied survival and promoted growth of plantations as compared to spring time.

Keywords: forest plantation, planting time, mycorrhizal inoculation, ameliorating admixture, Norway spruce

Abstrakt

Voľnokorenné sadenice smreka obyčajného (2 + 2) boli vysadené na obnovnú plochu v Kremnických vrchoch v jesennom a jarnom termíne. V oboch termínoch bola jamka obohatená buď vegetatívnym granulovým inokulom mykorizných húb, čistými granulami bez hubového mycélia, humóznou pôdou spod blízkeho materského porastu, alebo rašelinou. Štyri roky po výsadbe bolo prežívanie sadeníc z jesennej výsadby 90 %, z jarnej 93 %, 88 až 96 % pri aplikácii materiálu do jamiek a 91 % pri kontrolných sadenicích. Sadenice sadené v jeseni s prímесou rašeliny mali významne hrubší kmienok (21,3 mm) než kontrolné sadenice z jarnej výsadby (15,1 mm). Podobný trend (bez významných rozdielov) bol zistený pre výšku kmienka, výškový prírastok i objem nadzemnej časti. Vysoké hodnoty rastových ukazovateľov z jesennej výsadby dosiahla kontrola. Tiež najvyššie rozdiely rastových ukazovateľov medzi termínmi boli zistené pri kontrole; prímеси zmenšili rozdiely medzi termínmi. Výsledky ukazujú že výsadba smreka obyčajného v jesennom termíne zabezpečila uspokojivé prežívanie a lepšie rastové parametre sadeníc v porovnaní s jarným termínom výsadby.

Kľúčové slová: lesná kultúra, termín výsadby, mykorizácia, melioračná prímесь, smrek obyčajný

Úvod

Už desaťročia sú poškodzované, zničené a v dôsledku toho rekonštruované smrečiny v centre pozornosti slovenského lesníctva. Napriek premenám smrečín, v oblastiach pôvodného výskytu a vo vysokohorských polohách bude mať smrek obyčajný naďalej dominantné zastúpenie. Neustálu pozornosť lesníckeho výskumu i prevádzky je potrebné venovať postupom a metódam, ktoré zlepšia prežívanie a odrastanie zakladaných lesných kultúr.

V jarňom termíne výsadby, z dôvodu organizačného nezvládnutia značného objemu zalesňovacích povinností a nepriaznivého priebehu počasia, vysádzané sadenice často už nie sú dormantné a/alebo sú bezprostredne po výsadbe vystavené vysokým teplotám a nedostatku vlhky. Aj voľnokorenné sadenice je však možné vysádzať popri jarňom aj v neskorom letnom a jesennom termíne (Lokvenc 1992; Tučeková 1999; Barzdajn 2010; Repáč et al. 2011). Nepriaznivé pôdne vlastnosti výsadbovej plochy je možné zmierniť napr. hnojením, úpravou pH, aplikáciou hydroabsorbentov a iných pôdnych kondicionérov (Tučeková 1999, 2004; Gubka 2001; Holuša et al. 2009; Tučeková et al. 2010; Repáč et al. 2013). Viaceré experimenty potvrdili lepšiu adaptačnú schopnosť umelo mykorizovaných sadeníc na podmienky výsadbových plôch (Marx 1991; Castellano 1996; Penanen et al. 2005). V menšom rozsahu boli testované aj účinky rôznych organických prírodných materiálov (Querejeta et al. 1998; Tučeková 1999; Nordborg et al. 2003; Sarvašová, Ferencová 2009).

V posledných rokoch sme sa zaoberali aplikáciou hydroabsorbentov a komerčných mikrobiálnych prípravkov pri výsadbe viacerých lesných drevín (Tučeková et al. 2010; Repáč et al. 2011, 2012, 2013). Dávnejšie sme založili lesnú kultúru a výsledky získané po 1. vegetačnom období sme aj publikovali (Repáč 2005). Pripomenutie týchto výsledkov a hodnotenie experimentu 4 roky po výsadbe, ktoré nebolo publikované, ponúkame v tomto príspevku.

Cieľom tejto práce bolo zistiť vplyv termínu výsadby (jesenný, jarňý) a aplikácie v našom laboratóriu pripraveného vegetatívneho hubového inokula a prírodných materiálov (humózná pôda spod porastu, rašelina) do výsadbovej jamky na prežívanie a rast sadeníc smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) štyri roky po založení kultúry.

Materiál a metódika

Výskumná výsadbová plocha (VVP) je lokalizovaná v Kremnických vrchoch na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene, lokalita Mláčik, dielec 734. VVP o výmere 0,18 ha bola založená v rámci zalesňovacích povinností, ktoré vyplynuli z plánovanej obnovno-rubnej ťažby. Dielec bol rozpracovaný maloplošným holorubom v pásach, na dve výšky materského porastu. Niektoré údaje o dieci: výmera 4,08 ha, HSLT živné jedľové bučiny, expozícia východná, sklon 20 %, nadmorská výška 800 m, pôvodné zastúpenie drevín buk lesný 50 %, jedľa biela 30 %, jaseň štíhly 10 %, javor horský 5 %, ojedinele brest horský, lipa malolistá, smrek obyčajný. V obnovnom zastúpení je navrhnutý podiel smreka 40 %. Bylinný pokryv tvorili prevažne smlz a malinčie. Z hľadiska práce výsadby sa pôda v rámci plochy mení od jemnejšej stredne kopnej s prímiesou skeletu na úpätí svahu, cez kamenitú až po balvanitú v hornej hrebeňovej časti. Haluzina a ostatné zostatky po ťažbe boli nahádzané na hromady, iná príprava prostredia nebola vykonaná.

Štvorročné voľnokorenné sadenice smreka obyčajného (2 + 2), evidenčný kód pab-234DT-031, boli vypestované v lesnej škôlke Mláčik (850 m n. m.), vzdialenej približne

1 km od miesta výsadby a vysadené na plochu v jeseni 2002 (dňa 30. 10.) a na jar 2003 (dňa 25. 04.) v rozstupe $1,5 \times 1,6$ m ($4\,000\text{ ks}\cdot\text{ha}^{-1}$). Pre zostatky po ťažbe a rôzne prírodné prekážky nebolo vždy možné dodržať pravidelný spon a rovnaký počet vysadených sadeníc vo všetkých kombináciách sledovaných faktorov (termín výsadby a aplikácia prímеси) (tab. 1). V oboch termínoch výsadby sme na dno jamky aplikovali organické materiály (prímеси): buď 10 ml granulového hubového inokula – mykorrhizácia sadeníc (pracovné označenie inokulum), 10 ml čistých granúl neobsahujúcich hubové mycélium (granule), 400 ml vrchnej humóznej vrstvy pôdy spod materského porastu (pôda) alebo 400 ml rašeliny zo Suchej hory, severné Slovensko (rašelina). Do päťtiny jamiek nebol pridaný žiadny materiál (kontrola). Do niektorých jamiek v hrebeňovej balvanitej časti plochy bolo možné sadenice vysadiť len po pridaní minerálnej pôdy získanej z výsadbovej plochy. Granulové hubové inokulum bolo pripravené podľa Kropáčka, Cudlína (1989). Pri jesennej výsadbe sme pri príprave inokula použili mycélium húb čírovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum*), izolát TUZ182 a rýdzik pravý (*Lactarius deliciosus*), TUZ186. V jarnom termíne bola použitá zmes mycélia dvoch izolátov čírovky zelenohnedastej, TUZ182 a TUZ444.

Založená lesná kultúra bola v nasledujúcich rokoch chránená proti burine vyžíňaním (2-krát za vegetačné obdobie) a proti zveri každoročne po skončení vegetačného obdobia náterom terminálnych výhonov repelentom Recervin a vybrané jedince mechanicky pletivom Klimavit tak, aby neovplyvňovali rast jedincov. Po skončení každého vegetačného obdobia (začiatkom novembra) v nasledujúcich štyroch rokoch po výsadbe boli hodnotené: a) prežívanie a poškodenie kultúry ako percento prežitých (zdravé + poškodené) a poškodených jedincov z počtu vysadených sadeníc, b) biometrické charakteristiky nadzemnej časti – výška kmienka, výškový prírastok, hrúbka kmienka tesne nad povrchom terénu (nad prípadným zhrubnutím pôvodného koreňového krčka) a objem nadzemnej časti (hrúbka² × výška, Ruehle 1982). Experiment bol usporiadaný ako dvojfaktorový (termín výsadby a prímеси materiálu do jamky) v znáhodnených blokoch s trojnásobným opakovaním. Biometrické údaje boli spracované dvojfaktorovou analýzou rozptylu a významnosť rozdielov medzi úrovňami hodnotených faktorov alebo ich kombináciami posúdená Duncanovým testom ($P < 0.05$) (PC program SAS Institute Inc., USA).

Výsledky a diskusia

Vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku sú prezentované len výsledky po 1. a 4. vegetačnom období (roku) po výsadbe. Po štyroch rokoch po výsadbe je možné prežívanie sadeníc ohodnotiť ako veľmi vysoké (91 %) a poškodenie ako veľmi nízke (7 %) (tab. 1).

Úhyn sadeníc po 1. roku bol vyšší než v priebehu nasledujúcich troch rokov a len mierne sa zvýšilo percento poškodenia, čo poukazuje na priaznivé podmienky prostredia pre rýchlu adaptáciu kultúry a na nízku intenzitu pôsobenia škodlivých činiteľov. V prežívaní sadeníc medzi termínmi výsadby ani medzi prímесami, vrátane kontroly, neboli ani po 1. ani po 4. roku väčšie rozdiely (tab. 1). Najväčší rozdiel v prežívaní po 4. roku bol zaznamenaný pri sadenicích bez prímеси, keď z jarného termínu výsadby ich prežilo o 10 % viac než z jesenného. Poškodenie uvádzané v tabuľke 1 bolo takmer výhradne spôsobené zverou (odhryz terminálneho výhonka, bočných výhonkov), ale nespôsobilo úhyn sadeníc a tak sme ich hodnotili ako prežité.

Tabuľka 1: Prežívanie a poškodenie výsadbí smreka obyčajného po prvom a štvrtom vegetačnom období založených v jesennom a jarnom termíne s aplikáciou hubového ektomykorízneho inokula a organických prírodných materiálov do jamky

Table 1: Survival and damage of Norway spruce plantations after the first and the fourth growing seasons established in autumn and spring planting time with application of ectomycorrhizal inoculum and natural organic matter to planting hole

	Vysadené sadenice ⁹ [ks]	Po 1. vegetačnom období ¹⁰			Po 4. vegetačnom období ¹¹		
		Zdravé ¹²	Poškodené ¹³	Prežité ¹⁴	Zdravé ¹²	Poškodené ¹³	Prežité ¹⁴
		[%]					
Jeseň ¹	332	86	5	91	84	6	90
Jar ²	345	92	4	96	86	7	93
Inokulum ³	132	91	3	94	81	8	89
Pôda ⁴	139	88	5	93	82	6	88
Rašelina ⁵	135	90	6	96	90	6	96
Granule ⁶	130	92	2	94	87	6	93
Kontrola ⁷	141	86	5	91	84	7	91
Jeseň ¹	Inokulum ³	63	83	6	89	8	86
	Pôda ⁴	67	87	3	90	5	90
	Rašelina ⁵	66	95	3	98	5	95
	Granule ⁶	64	87	2	89	8	89
	Kontrola ⁷	72	85	4	89	8	86
Jar ²	Inokulum ³	69	95	2	97	11	94
	Pôda ⁴	72	91	3	94	8	87
	Rašelina ⁵	69	91	4	95	6	94
	Granule ⁶	66	98	2	100	6	94
	Kontrola ⁷	69	90	6	96	6	96
Spolu ⁸	677	90	4	94	84	7	91

¹Autumn, ²Spring, ³Granulové mycéliové inokulum ektomykorizných húb, ⁴Bead mycelial inoculum of ectomycorrhizal fungi, ⁵Soil, ⁶Peat, ⁷Granule bez mycélia, ⁸Beads without fungi, ⁹Control, ¹⁰Total, ¹¹Number of outplanted seedlings, ¹²⁻¹⁴After the 1st and 4th growing season, ¹²Healthy seedling, ¹³Damaged seedlings ¹⁴Survival

Lokvenc (1992) uvádza, že jesenná výsadba (od polovice septembra do konca októbra) je vhodná pre dreviny, u ktorých sa ešte neskončil rast koreňov, t. j. väčšina listnáčov a z ihličnatých len smrekovec. Vysoká ujatost z neskorej jesennej výsadby v našom experimente poukazuje, že nie je nevyhnutné aby sadenice dostatočne zakorenili, ale postačuje že sú dôsledne vysadené (mechanicky upevnené), zvlášť ak trvalá snehová pokrývka počas nasledujúcej zimy zabezpečuje dostatočnú ochranu sadeníc pred vymrzaním. Na rozdiel od našich výsledkov, na kalamitnej VVP vo Vysokých Tatrách bolo prežívanie smreka z jesenného termínu 89 %, z jarného 80 % (Repáč et al. 2011). O možných výhodách jesennej výsadby smreka vo vysokohorskom prostredí svedčia výsledky Gubku (2001). Viaceré druhy drevín (nie smrek) vysadené na holine v magnezitovom imisnom type dosiahli vyššiu ujatost v jarnom termíne než v jesennom (Tučeková 1999). Sarvašová, Ferencová (2009) dosiahli najlepšie výsledky v prežívaní smreka pri použití Alginitu, horniny organického pôvodu. Na VVP založenej v jarnom termíne neďaleko lokality prezentovaného experimentu, zameranej na testovanie ektomykorizných komerčných prípravkov a hydroabsorbentov, bola priemerná ujatost smreka po 2. roku 86 % (kontrola 81 %) a poškodenie (prevažne zverou) 16 % (Repáč et al. 2013). Na kalamitných holinách, na ktoré sa v poslednom období sústredil výskum vplyvu aplikácie pôdnych kondicionérov, bolo zistené nižšie prežívanie (80 až 85 %) a rozsiahlejšie poškodenie smreka než v tomto experimente (Tučeková et al.

2010; Repáč et al. 2011, 2012). Prevažuje poškodenie zverou, vyžínaním a zaschnutím terminálneho výhonka.

Po 1. roku neboli zistené významné rozdiely v raste sadeníc. Už po 1. roku sa však ukázal o niečo lepší (aj keď nie významne) rast sadeníc z jesennej než z jarnej výsadby a po 4. roku sa tieto rozdiely zvýraznili (tab. 2). Aj napriek pomerne veľkým absolútnym rozdielom, zvlášť medzi kombináciami sledovaných faktorov, tieto neboli významné, s výnimkou hrúbky kmienka po 4. roku. Sadenice vysadené v jesennom termíne s prímесou rašeliny mali po 4. roku významne vyššiu hrúbku kmienka (21,3 mm) než kontrolné sadenice z jarnej výsadby (15,1 mm). Tento trend je možné pozorovať aj pri ostatných znakoch, rozdiely však nie sú významné. Z porovnania hodnôt kombinácií faktorov termín × prímес je zrejmé, že aplikované prímеси zmiernili rozdiely medzi termínmi. Najväčšie rozdiely medzi jesenným a jarným termínom boli zistené pre všetky rastové ukazovatele pri kontrole (tab. 2).

Podobne ako v tejto práci, vyššie hodnoty rastových ukazovateľov (významne vyšší výškový prírastok) sadeníc smreka z jesennej než jarnej výsadby boli zistené na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách (Repáč et al. 2011). Lepší rast sadeníc borovice lesnej z jesennej než z jarnej výsadby zistil Barzdajn (2010). Drozdowski et al. (2011) nezistili vplyv termínu výsadby na rast sadeníc duba letného, ale lepšie prežívali sadenice z jarnej, než jesennej výsadby. V pokuse Nordborga et al. (2003) aplikácia humóznej pôdy do jamky zlepšila rast sadeníc smreka už v prvom vegetačnom období, naproti tomu minerálna pôda nemala stimulačný účinok. V práci Tučekovej (1999) sa pri výsadbe pridával do jamiek aj Vitahum, kompostovaná kôra, ale pozitívny účinok na rast sa prejavil po aplikácii priemyselného kompostu vyrobeného na báze kalov z čističiek odpadových vôd.

Podobne použitie kompostovaného kalu odpadových vôd malo pozitívny vplyv na prežívanie a rast borovice halepskej v mediteránnej oblasti (Fuentes et al. 2010).

MykORIZÁCIA v našom pokuse nemala vplyv na prežívanie a rast sadeníc. Vzhľadom na rozsah a zložitost vzťahov komplexu huba × drevina × prostredie je veľmi mnoho okolností ovplyvňujúcich účinky hubovej inokulácie. Pozitívne účinky húb sa pravdepodobnejšie prejavajú v biologicky narušených pôdach s nedostatočným prirodzeným výskytom symbiotických húb, alebo v inak extrémnych podmienkach, čo nie je prípad našej výsadbovej plochy. Viaceré práce zaoberajúce sa mykORIZÁCIOU sadeníc na ploche uvádzajú podobne ako v našom experimente indierentné účinky na ujímavosť a rast sadeníc, v mnohých však bol zaznamenaný stimulačný účinok (Marx 1991; Castellano 1996; Querejeta et al. 1998; Penanen et al. 2005).

Tabuľka 2: Priemerné hodnoty $\pm$ smerodajné odchýlky rastových parametrov voľnokorenných sadení smreka obyčajného po prvom a štvrtom vegetačnom období po výsadbe v jesennom a jarnom termíne s aplikáciou hubového ektomykorizného inokula a organických prírodných materiálov do jamky

Table 2: Mean values $\pm$ standard deviations of growth parameters of bareroot Norway spruce plantations after the first and fourth growing seasons after outplanting in autumn and spring planting times with application of ectomycorrhizal inoculum and natural organic matter to planting hole

		Výška ⁸	Výškový prírastok ⁹	Hrúbka kmienka ¹⁰	Objem nadzemnej časti ¹¹
		[cm]		[mm]	[cm ³]
Po 1. vegetačnom období ¹²					
Jeseň ¹		38,4 $\pm$ 7,1	7,0 $\pm$ 2,5	7,9 $\pm$ 0,15	25,8 $\pm$ 11,1
Jar ²		33,0 $\pm$ 7,1	6,3 $\pm$ 2,4	6,7 $\pm$ 0,14	16,7 $\pm$ 7,2
Inokulum ³		33,6 $\pm$ 6,8	6,6 $\pm$ 2,2	6,9 $\pm$ 0,15	17,8 $\pm$ 8,1
Pôda ⁴		36,9 $\pm$ 7,6	6,8 $\pm$ 2,4	7,5 $\pm$ 0,16	23,1 $\pm$ 11,4
Rašelina ⁵		37,7 $\pm$ 7,5	7,0 $\pm$ 2,5	7,6 $\pm$ 0,14	23,6 $\pm$ 10,5
Granule ⁶		34,7 $\pm$ 7,4	6,2 $\pm$ 2,5	7,1 $\pm$ 0,14	19,3 $\pm$ 9,2
Kontrola ⁷		35,2 $\pm$ 7,9	6,8 $\pm$ 2,7	7,2 $\pm$ 0,17	21,1 $\pm$ 10,7
Jeseň ¹	Inokulum ³	35,2 $\pm$ 6,3	6,8 $\pm$ 2,4	7,5 $\pm$ 0,14	21,4 $\pm$ 9,1
	Pôda ⁴	38,9 $\pm$ 7,5	6,9 $\pm$ 2,5	8,0 $\pm$ 0,16	27,5 $\pm$ 12,5
	Rašelina ⁵	40,6 $\pm$ 7,2	7,3 $\pm$ 2,6	8,0 $\pm$ 0,14	27,6 $\pm$ 10,5
	Granule ⁶	38,3 $\pm$ 6,3	6,4 $\pm$ 2,0	7,6 $\pm$ 0,15	24,0 $\pm$ 9,7
	Kontrola ⁷	38,8 $\pm$ 7,4	7,5 $\pm$ 2,9	8,1 $\pm$ 0,17	27,8 $\pm$ 12,1
Jar ²	Inokulum ³	32,3 $\pm$ 7,0	6,4 $\pm$ 2,1	6,5 $\pm$ 0,13	15,1 $\pm$ 7,4
	Pôda ⁴	35,0 $\pm$ 7,4	6,7 $\pm$ 2,4	7,0 $\pm$ 0,14	19,2 $\pm$ 9,3
	Rašelina ⁵	34,7 $\pm$ 6,6	6,6 $\pm$ 2,4	7,2 $\pm$ 0,14	19,6 $\pm$ 7,9
	Granule ⁶	31,7 $\pm$ 6,9	6,0 $\pm$ 2,8	6,6 $\pm$ 0,12	15,3 $\pm$ 7,1
	Kontrola ⁷	31,5 $\pm$ 6,8	6,0 $\pm$ 2,2	6,4 $\pm$ 0,13	14,2 $\pm$ 7,1
Po 4. vegetačnom období ¹³					
Jeseň ¹		95,3 $\pm$ 21,0	28,9 $\pm$ 9,9	19,1 $\pm$ 4,6	393 $\pm$ 148
Jar ²		87,5 $\pm$ 17,9	26,6 $\pm$ 9,2	17,4 $\pm$ 4,3	299 $\pm$ 122
Inokulum ³		85,5 $\pm$ 19,5	26,3 $\pm$ 9,2	17,2 $\pm$ 4,3	290 $\pm$ 121
Pôda ⁴		94,0 $\pm$ 20,9	27,7 $\pm$ 10,4	18,2 $\pm$ 4,7	359 $\pm$ 155
Rašelina ⁵		94,5 $\pm$ 17,8	28,4 $\pm$ 10,1	20,0 $\pm$ 4,3	414 $\pm$ 173
Granule ⁶		92,1 $\pm$ 18,0	28,4 $\pm$ 9,1	18,3 $\pm$ 4,2	338 $\pm$ 134
Kontrola ⁷		89,5 $\pm$ 22,2	27,4 $\pm$ 9,4	17,4 $\pm$ 4,8	319 $\pm$ 131
Jeseň ¹	Inokulum ³	87,3 $\pm$ 22,3	26,4 $\pm$ 10,3	17,4 $\pm$ 4,8ab ¹⁴	312 $\pm$ 126
	Pôda ⁴	96,1 $\pm$ 23,1	28,6 $\pm$ 10,2	18,7 $\pm$ 4,9ab	389 $\pm$ 151
	Rašelina ⁵	97,7 $\pm$ 18,6	29,0 $\pm$ 10,4	21,3 $\pm$ 3,6a	474 $\pm$ 206
	Granule ⁶	95,0 $\pm$ 19,4	29,5 $\pm$ 9,5	18,0 $\pm$ 4,6ab	348 $\pm$ 135
	Kontrola ⁷	98,7 $\pm$ 20,4	30,5 $\pm$ 9,3	19,6 $\pm$ 4,4ab	423 $\pm$ 161
Jar ²	Inokulum ³	83,4 $\pm$ 15,8	26,3 $\pm$ 7,9	17,0 $\pm$ 3,7ab	265 $\pm$ 117
	Pôda ⁴	91,8 $\pm$ 18,1	26,7 $\pm$ 10,6	17,6 $\pm$ 4,5ab	326 $\pm$ 157
	Rašelina ⁵	91,1 $\pm$ 16,4	27,8 $\pm$ 9,7	18,6 $\pm$ 4,6ab	350 $\pm$ 162
	Granule ⁶	89,7 $\pm$ 16,4	27,5 $\pm$ 8,7	18,5 $\pm$ 3,7ab	330 $\pm$ 133
	Kontrola ⁷	80,0 $\pm$ 20,0	24,3 $\pm$ 8,5	15,1 $\pm$ 4,2b	213 $\pm$ 107

¹Autumn, ²Spring, ³Granulové mycéliové inokulum ektomykorizných húb, ⁴Bead mycelial inoculum of ectomycorrhizal fungi, ⁵Soil, ⁶Peat, ⁷Granule bez mycélia, ⁸Beads without fungi, ⁹Control, ¹⁰Height, ¹¹Volume of aboveground part, ¹²⁻¹³After the 1st and 4th growing season ¹⁴Medzi priemernými hodnotami označenými rôznym písmenom je štatisticky významný rozdiel (P < 0,05), ^{14a}Values followed by different letters are significantly different (P < 0,05)

Záver

Termín výsadby (jesenný, jarný) a aplikácia organickej prímеси (humózná pôda, rašelin, inokulum symbiotických húb) do jamky nemali štyri roky po výsadbe významný vplyv na prežívanie a rast kultúry smreka obyčajného. Predsa len, o niečo lepšie prežívali kontrolné sadenice z jarnej (96 %) než jesennej výsadby (86 %), a naopak, lepší rast dosiahli sadenice z jesennej výsadby. Aplikácia prímеси zmenšila rozdiely v prežívaní i raste medzi termínmi; mierne zvýšila prežívanie z jesenného termínu a hodnoty rastových ukazovateľov z jarného termínu výsadby v porovnaní so sadenicami bez prímеси. Výsledky naznačujú, že neskorý jesenný termín výsadby smreka by mohol byť viac využívaný pri zabezpečovaní úloh umelej obnovy lesa.

Podakovanie

Autor práce ďakuje Janke Povalačovej a viacerým študentom za vykonané technické práce. Práca bola podporená Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV projekt č. 1/0521/13.

Literatúra

- Barzdajn, W., 2010: The growth of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) culture established at different planting times using container and bare-roots seedlings. *Sylwan*, **154**: 312–322.
- Castellano, M. A., 1996: Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji, K. G. (ed.): *Concepts in mycorrhizal research*, p. 223–301.
- Drozdowski, S., Bolibok, L., Buraczyk, W., Wisniowski, P., 2011: Effect of planting time and method of protection from deer on the growth of oak plantations on the former farmland. *Sylwan*, **155**: 610–621.
- Fuentes, D., Valdecantos, A., Llovet, J. et al., 2010: Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings. *Ecological Engineering*, **36**: 1213–1221.
- Gubka, K., 2001: Uplatnenie prirodzenej a umelej obnovy v ochranných lesoch 7. LVS v Nízkych Tatrách. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): *Současné otázky pěstování horských lesů*, s. 221–230.
- Holuša, J., Pešková, V., Vostrá, L., Pernek, M., 2009: Impact of mycorrhizal inoculation on spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests infested by honey fungus. *Periodicum Biologorum*, **111**: 413–417.
- Kropáček, K., Cudlín, P., 1989: Preparation of granulated mycorrhizal inoculum and its use in forest nurseries. In: Vančura, V., Kunc, F. (eds.): *Interrelationships between microorganisms and plants in soil*, p. 177–181.
- Lokvenc, T. et al., 1992: Zalesňování Krkonoš. Opočno, VS VÚLHM, 111 p.
- Marx, D.H., 1991: The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. In: Hägglund, B. (ed.): *Ecophysiology of ectomycorrhizae of forest trees*, p. 54–90.
- Nordborg, F., Nilsson, U., Örlander, G., 2003: Effects of different soil treatments on growth and net nitrogen uptake of newly planted *Picea abies* (L.) Karst. seedlings. *For Ecol. Manage*, **180**: 571–582.

- Querejeta, J. I., Roldán, A., Albaladejo, J., Castillo, V., 1998: The role of mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid mediterranean site with *Pinus halepensis*. *For. Sci.*, **44**: 203–211.
- Pennanen, T., Heiskanen, J., Korkama, T., 2005: Dynamics of ectomycorrhizal fungi and growth of Norway spruce seedlings after planting on a mounded forest clearcut. *Forest Ecology and Management*, **213**: 243–252.
- Ruehle, J. L., 1982: Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Caroline. *South. J. Appl. For.*, **6**: 30–33.
- Repáč, I., 2005: Vplyv termínu výsadby a aplikácie organického materiálu na ujímavosť a rast smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výsadbovej ploche. *In*: Saniga, M., Jaloviár, P. (eds.): *Súčasná otázky pestovania lesa*, s. 200–205.
- Repáč, I., Tučeková, A., Vencurik, J., Pittner, J., 2011: Vývoj lesných kultúr vybraných drevín na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách. *In*: Tužinský, L., Gregor, J. (eds.): *Veterná kalamita a smrekové ekosystémy*, s. 185–194.
- Repáč, I., Vencurik, J., Balanda, M., Kmeť, J., 2012: Hodnotenie vplyvu komerčných prípravkov na vývoj výsadiel smreka obyčajného, borovice lesnej a buka lesného na výsadbovej ploche v strážovských vrchoch po prvom vegetačnom období. *In*: Saniga, M. et al. (eds.): *Pestovanie lesa v strednej Európe*, s. 310–318.
- Repáč, I., Kmeť, J., Vencurik, J., Balanda, M., 2013: Účinky aplikácie komerčných stimulačných prípravkov na prežívanie, rastové a fyziologické parametre výsadby smreka obyčajného a buka lesného. *Zprávy lesnického výzkumu*, **58**: 167–175.
- Sarvašová, I., Ferencová, I., 2009: Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, **51**: 39–48.
- Tučeková, A., 1999: Zalesňovanie imisných holín v magnezitovom imisnom type. *In*: Kantor, P. (ed.): *Pěstování lesů v podmínkách antropicky změněného prostředí*, p. 151–157.
- Tučeková, A., 2004: Eliminácia vplyvu extrémov počasia pri zalesňovaní použitím vodo-držných a biotechnologických (hnojivých) preparátov. *In*: Peňáz, J., Martinek, J. (eds.): *Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století*, s. 101–119.
- Tučeková, A., Repáč, I., Sarvašová, I., Vencurik, J., 2010: Vplyv aplikácie pôdnych aditív na rast a prežívanie výsadiel po prvom vegetačnom období. *In*: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.): *Aktuálne problémy lesného škôlkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*, s. 123–130.

HUSTOTA PŘIROZENÉ OBNOVY BOROVICE VEJMUTOVKY (*PINUS STROBUS* L.) VE VZTAHU KE SVĚTELNÝM PODMÍNKÁM POROSTU

Quantity of Eastern white pine natural regeneration in relation to light conditions of forest stand

Petr Vaněk

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesa, Zemědělská 3,
CZ – 613 00 Brno, e-mail: petr.vanek@mendelu.cz

Abstract

This article deals with evaluation of quantity of Eastern white pine natural regeneration in relation to light conditions of forest stand in area of municipal forests of Hradec Králové city. The research plots was established in two forest stands with occurrence of Eastern white pine on the surfaces of 4 m² in the regular network of 5 × 5 m. Evaluation of light conditions was based on method of hemispherical photographs, which were processed by WinSCANOPY 2012a software. For further processing parameters Gap Fraction, Openness, Direct Site Factor, Indirect Site Factor and Total site factor were used. The maximum density of individuals ranged at 80 000 per hectare in the analyzed surfaces. Evaluation of the data showed that the highest correlation of density was found with the amount of diffuse radiation – Indirect Site Factor (individuals occurred from 13% ISF), a little less on the amount of Gap Fraction and Openness. No correlation of natural regeneration density and amount of Direct Site Factor and Total Site Factor was found.

Keywords: natural regeneration, Eastern white pine, hemispherical photography, municipal forests of Hradec Králové city

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá zhodnotením hustoty jedinců přirozeného zmlazení borovice vejmutovky ve vztahu ke světelným podmínkám lesního porostu na území Městských lesů Hradec Králové. Sběr dat se uskutečnil ve dvou vybraných porostních skupinách se zastoupením borovice vejmutovky na ploškách o velikosti 4 m² v pravidelné síti 5 × 5 m. Vyhodnocení světelných poměrů proběhlo na základě metody hemisférických fotografií, které byly dále zpracovány softwarem WinSCANOPY 2012a. Pro další zpracování byly použity parametry – Gap Fraction, Openness, Direct Site Factor, Indirect Site Factor a Total Site Factor. Maximální hustota jedinců na analyzovaných ploškách se pohybovala na úrovni 80 000 ks.ha⁻¹. Vyhodnocení dat prokázalo, že početnost jedinců je nejvíce závislá na parametru množství difuzního světla – ISF (jedinci se vyskytovali již od hodnoty 13 % ISF). V menší míře pak na parametrech Gap Fraction a Openness. Vliv faktorů Direct Site Factor a Total Site Factor nebyl prokázán.

Klíčová slova: přirozené zmlazení, borovice vejmutovka, hemisférická fotografie, Městské lesy Hradec Králové

Úvod a problematika

Na území Městských lesů Hradec Králové se vyskytuje a více či méně zdárně roste přes 25 druhů introdukovaných, zejména severoamerických dřevin (Vaněk 2010). Jedna

z nejzastoupenějších cizokrajných dřevin je společně s dubem červeným právě borovice vejmutovka. Vejmutovka se zde poprvé objevila na přelomu 19. a 20. století. Počátek období, kdy se vejmutovka ve zdejších porostech začala ve větší míře přirozeně zmlazovat, velice úzce souvisí s obdobím imisní zátěže v 80. letech 19. století (spuštění elektráren Chvaletice a Opatovice nad Labem). Vlivem imisí se začaly porosty borovice lesní prosvětlovat. Takto pozměněné, nejen světelné podmínky pod porosty přispěly k masivnímu nástupu přirozené obnovy borovice vejmutovky.

V rámci výzkumu této dřeviny na zmiňovaném území byla provedena celá řada šetření zabývající se přirozenou obnovou této dřeviny, tento příspěvek vyhodnocuje jeden ze zkoumaných parametrů – vliv světelných podmínek porostu na hustotu jedinců přirozeného zmlazení vejmutovky.

Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) je jedním z nejvíce hodnotných a ceněných druhů dřevin rostoucích ve východní části Severní Ameriky. Přirozeně se vejmutovka zmlazuje výborně na písčitých stanovištích, kde také snadno odolává konkurenčnímu tlaku jiných dřevin. Takováto stanoviště jsou (v Americe) považována za velmi efektivní a ekonomicky výhodná pro lesnické využití vejmutovky (Musil, Hamerník 2007). Úspěšné zmlazení je podmíněno půdními podmínkami, dobře se zmlazuje na holé minerální půdě vhodné vlhkosti nebo na nepříliš zabuřených stanovištích, vyschlá minerální půda či velmi zabuřené lokality přirozenou obnovu naopak velmi znesnadňují (Wilson, McQuilkin 1963).

Vejmutovka je druhem středně tolerantním k zastínění. Disponibilní světelná dotace je jedním z hlavních limitujících faktorů ovlivňujících úspěšnost přirozeného zmlazení a následného odrůstání jedinců borovice vejmutovky (Elliott, Vose 1995). Nicméně požadavky na světlo se v průběhu růstu značně mění. Podmínky, které jsou vhodné pro úspěšné přirozené zmlazení vejmutovky, naopak příliš nevyhovují pozdějšímu zdárnému odrůstání semenáčků (Burgess, Wetzel 2002).

Pro klíčení a počáteční vývoj semenáčků je vhodná nízká úroveň světla na úrovni cca 15 % plné relativní ozářenosti (Herr et al. 1999), proto se nejčastěji největší hustota zmlazení objevuje v porostech s neporušeným zápojem – bez zásahu (Burgess, Wetzel 2002). Plně osluněné plochy jsou zcela nevyhovující – z důvodu vysoké teploty půdního povrchu a nedostatku půdní vláhy dochází k velké mortalitě jedinců (Lancaster, Leak 1978), navíc jsou jedinci vejmutovky na holých plochách ve větší míře napadáni rzí vejmutovkovou (Krueger, Puettmann 2004). I ze zkušeností z České republiky je zřejmé, že holé plochy vejmutovka díky těmto nepříznivým vlivům neobsazuje (Beznoska 2000).

Jakmile se objeví přirozená obnova, je následná dynamika vývoje semenáčků a jejich úspěšný růst ovlivněn zejména disponibilní dotací světla (Reich et al. 1998). Vědecké studie dokazují, že úspěšné odrůstání přirozeného zmlazení vejmutovky se nejčastěji objevuje v období po událostech vytvářející rozvolnění korunového zápoje (Dovčiak et al. 2001; Bebber et al. 2005; Schumann et al. 2003). Proto se pro podporu růstu jedinců přirozeného zmlazení v praxi používá rozvolnění korunového zápoje horní etáže porostu (Burgess, Wetzel 2000). Vhodná hustota horní etáže porostu se v podmínkách Severní Ameriky často charakterizuje jako „one crown thinning“, čili stupeň rozvolnění porostu je definován na mezeru jedné koruny mezi ponechanými stromy, takto rozvolněný porost poskytuje spodní etáži dle porostních podmínek od 30 % do 50 % slunečního záření (Boucher et al. 2007; Wetzel, Burgess 2001). V lesnické praxi v původním areálu jsou proto při přirozené obnově vejmutovky nejlepší zkušenosti s dvoufázovou clonnou sečí. První fáze seče se provádí ihned po vzniku přirozeného zmlazení s takovou intenzitou, aby se úroveň dopadajícího

světla pohybovala v již výše zmíněném rozsahu 30 – 50 %, druhá fáze seče (domýtná) se provádí většinou v období, kdy jedinci vstupují do fáze rychlého růstu, tj. nejčastěji po 5 – 10 letech (Lancaster, Leak 1978).

Metodika

Práce zabývající se hodnocením hustoty přirozeného zmlazení borovice vejmutovky byla prováděna ve dvou vybraných porostních skupinách (PSK) ležících na území spadající pod správu Městských lesů Hradce Králové s.r.o. (průměrná roční teplota 8,5°C, průměrný roční úhrn srážek 615 mm). Základními parametry při výběru těchto PSK byly následující skutečnosti: přítomnost dospělých plodících jedinců borovice vejmutovky, přítomnost přirozeného zmlazení vejmutovky převážně ve fázi náletu a nárůstu, poslední podmínkou byl požadavek na absenci výchovných zásahů ve spodní etáži. První výzkumná plocha byla založena v porostní skupině 88A9/2c (věk horní etáže – 89 let, LT – 2M2, zastoupení dřevin: BO 66 %, VJ 30 %, DG 2 %, MD 1 %, BKS 1 %), borovice vejmutovka byla rovnoměrně zastoupena po celé ploše porostní skupiny. Druhá výzkumná plocha byla založena v porostní skupině 86B10b/1c (věk horní etáže – 102 let, LT – 2P5, zastoupení dřevin: SM 59 %, VJ 27 %, BO 11 %, DG 2 %, DBC 1 %). Taktéž zde je vejmutovka v zájmové části PSK po ploše rovnoměrně zastoupena.

V těchto vybraných PSK byly po ukončení vegetační sezóny roku 2011 založeny výzkumné plochy tvořené pravidelnou sítí bodů 5 × 5 metrů. První výzkumná plocha (PSK 86B10b/1c) byla tvořena 200 body, druhá (88A9/2c) pak 152 body. Každý bod takto vytvořené sítě tvořil střed měřicího čtverce o straně 2 m. Strany čtverců ležely rovnoběžně s hranicemi výzkumných ploch. Na takto vytýčených čtvercích (v době měření dočasně vymezených skládacím dřevěným rámem) byla zaznamenána hustota přirozeně zmlazených jedinců borovice vejmutovky. Celkem bylo v rámci obou výzkumných ploch zaznamenáno 3413 jedinců. V další fázi terénního sběru dat byly zachyceny světelné podmínky a parametry zápoje horní etáže nad každým bodem tvořících výzkumnou plochu pomocí snímání hemisférických fotografií porostního zápoje. Pro tento účel byla využita sestava digitálního fotoaparátu Nikon CoolPix 4500 společně s přísádkou typu rybí oko – FC-E8 (Nikon Fish-Eye converter) připevněná na stativu ve výšce 1,3 m. Snímání fotografií bylo provedeno při homogenně zatažené obloze. Následně byla provedena analýza hemisférických fotografií pomocí softwaru WinScanopy Pro 2012a (Regent Instrument Canada, 2012), pomocí kterého byly pro další vyhodnocení vybrány následující charakteristiky stanoviště: Gap Fraction, Openness, Indirect Site Factor (ISF), Direct Site Factor (DSF) a Total Site Factor (TSF). V další fázi bylo provedeno statistické testování. Ke zjištění korelací mezi hustotou přirozeného zmlazení a světelnými charakteristikami stanoviště byl použit Spearmanův korelační koeficient (r_s), koeficient determinace polynomické funkce (R^2), pro posouzení statistické významnosti byla spočítána hodnota p . Statistické testy byly hodnoceny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Výsledky a diskuze

Porostní skupina 88A9/2c

V porostní skupině 88A9/2c bylo v rámci výzkumné plochy na síti 152 bodů (608 m²) zaznamenána přítomnost 1855 jedinců přirozeného zmlazení borovice vejmutovky. Prů-

měrná hustota byla tedy na úrovni přibližně 30 300 jedinců na hektar. Variabilita hustoty byla však poměrně vysoká – počet jedinců borovice vejmutovky na analyzovaných čtvercích (4 m²) kolísal od nuly (19 případů) po hodnotu 32, tj. 80 000 jedinců na hektar.

Z tabulky 1, která uvádí výsledky koeficientu determinace, hodnoty p a Spearmanova korelačního koeficientu, je patrné, že největší závislost se statisticky významným vlivem hustoty přirozeného zmlazení byla pozorována u parametru ISF, tzn. difuzní složky světla ($R^2 = 0,591$, $r_s = 0,59$). Jedinci vejmutovky se vyskytovali již od nejnižších naměřených hodnot tohoto parametru (cca 14,5 % ISF) a s jeho rostoucí hodnotou se hustota jedinců průběžně zvyšovala až k maximálním naměřeným hodnotám ISF. Taktéž světelné parametry Gap Fraction a Openness měly na hustotu přirozeného zmlazení borovice vejmutovky statisticky významný vliv, nicméně v menší míře než parametr ISF. Nejmenší, prakticky zanedbatelný vliv na hustotu jedinců přirozeného zmlazení vejmutovky prokázaly parametry DSF a TSF, které byly statistickým šetřením označeny jako statisticky nevýznamné.

Tabulka 1: Hustota přirozeného zmlazení – 88A9/2c

Table 1: Natural regeneration quantity – 88A9/2c

Gap Fraction			Openness			DSF			ISF			TSF		
R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s
0,48	0,00*	0,43	0,505	0,00*	0,45	0,014	0,537	-0,003	0,591	0,00*	0,59	0,007	0,951	0,03

* statisticky významný vliv ($p < 0,05$) – statistically significant influence ($p < 0,05$)

Porostní skupina 86B10b/1c

V porostní skupině 86B10b/1c bylo v rámci 200 měřících bodů (čtverců), tj. plochy 800 m² zaznamenána přítomnost 1 558 přirozeně zmlazených jedinců borovice vejmutovky. Průměrná hustota tedy byla na úrovni přibližně 19 500 jedinců. Variabilita hustoty jedinců byla, stejně jako v případě předchozí výzkumné plochy poměrně značná, počet jedinců borovice vejmutovky se na měřících čtvercích (4 m²) pohyboval od nuly (26 případů) po hodnotu 31, tzn. 77 500 jedinců na hektar.

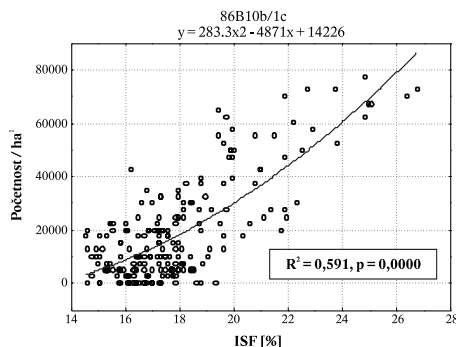
Výsledky vyhodnocení dat přinesly velice podobné výsledky jako v případě předchozí porostní skupiny. Největší závislost se statisticky významným vlivem na hustotu přirozeného zmlazení pozorována u parametru ISF (viz tab. 2), tzn. difuzní složky světla ($R^2 = 0,598$, $r_s = 0,77$). První výskyt jedinců vejmutovky byl zaznamenán na úrovni cca 13 % ISF, spolehlivě a ve větší míře se pak vyskytovali od hodnoty cca 15,5 % ISF, tzn. obdobně jako na předchozí výzkumné ploše (cca 14,5 % ISF). Parametry Gap Fraction a Openness měly na hustotu přirozeného zmlazení borovice vejmutovky statisticky významný vliv, ale opět v menší míře než parametr ISF. Statisticky významný vliv parametrů DSF a TSF na hustotu obnovy nebyl prokázán.

Tabulka 2: Hustota přirozeného zmlazení – 86B10b/1c

Table 2: Natural regeneration quantity – 86B10b/1c

Gap Fraction			Openness			DSF			ISF			TSF		
R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s	R ²	p	r _s
0,386	0,000*	0,61	0,391	0,000*	0,62	0,008	0,439	-0,09	0,598	0,000*	0,77	0,014	0,897	-0,06

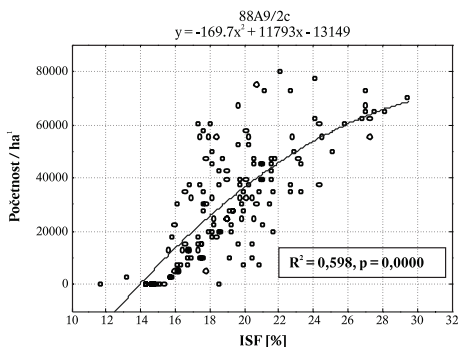
* statisticky významný vliv ($p < 0,05$) – statistically significant influence ($p < 0,05$)



Obr. 1: Hustota zmlazení × ISF – 86B10b/1c

Fig. 1: Regeneration quantity × ISF – 86B10b/1c

¹Quantity



Obr. 2: Hustota zmlazení × ISF – 88A9/2c

Fig. 2: Regeneration quantity × ISF – 88A9/2c

¹Quantity

Měřením a vyhodnocením dat bylo prokázáno, že největší vliv na hustotu přirozeného zmlazení borovice vejmutovky má z hodnocených světelných parametrů Indirect Site Factor (ISF), tedy množství disponibilního difuzního světla. Výzkumné práce různých autorů (Modrý et al. 2004) potvrzují skutečnost, že stín snášející dřeviny (v tomto případě evropské) využívají spíše světlo rozptýlené pod porostním zápojem a nijak silně neprofitují z přímého slunečního světla. Stejně tak Rozenbergar et al. (2007) prokázali vliv difuzního záření na výskyt jedle bělokoré i buku lesního. Tato skutečnost je pravděpodobně zapříčiněna faktem, že difuzní světlo je ve srovnání se světlem přímým více časově a prostorově jednotné (Anderson 1964; Messier, Puttonen 1995). Z tohoto důvodu lze o borovici vejmutovce do jisté míry hovořit taktéž jako o dřevině (alespoň v mládí) do jisté míry stín snášející. Mnoho autorů vědeckých publikací ji také označuje jako středně tolerantní k zastínění – „middle shade tolerant“ (Burns, Honkala 1990). Z hlediska přežití jedinců vejmutovky ve spodní etáži ve vztahu ke světelné dotaci literatura uvádí, že po fázi ujmутí přirozené obnovy je světlo jedním z kritických faktorů dalšího přežití jedinců. Pod úrovní 13 % (Wilson, McQuilkin 1963) až 20 % (Shirley 1945) z plného slunečního záření je přežívání semenáčků velice malé. Výsledky tohoto výzkumu v zásadě tato tvrzení potvrzují – první výskyt jedinců vejmutovky byl zaznamenán na úrovni 13 % ISF, přičemž výskyt ve větší míře se projevoval při úrovních ISF cca 15 %. Lze tedy konstatovat, že se vejmutovka začíná přirozeně zmlazovat při poměrně nízkých úrovních světelné dotace, nicméně její další výskyt a hustota zmlazení je na tomto stanovištním faktoru značně závislá. Tento výsledek naznačuje, že o vejmutovce nelze příliš hovořit jako o dřevině typicky stín snášející, jelikož tyto dřeviny se zmlazují již při daleko nižších úrovních světelné dotace a u těchto druhů dřevin (typicky u buku) většinou není nalezena přímá závislost mezi hustotou jedinců přirozeného zmlazení a světelnými poměry (Unkrig 1997; Kühne, Bartsch 2003).

Hlavní dřevinou porostů Městských lesů Hradec Králové je borovice lesní – silně světlomilná dřevina, která se zde přirozeně obnovuje výlučně formou bočního náletu na holou plochu (Zerzán 2010). Vezmeme-li v potaz ekologické nároky borovice lesní a požadavky na vznik jejího přirozeného zmlazení, které jsou zejména v oblasti světelného požitku odlišné od borovice vejmutovky, není dominance vejmutovky ve spodních etážích analyzovaných porostních skupin nijak překvapivá a dá se očekávat téměř ve všech porostních skupinách, kde je vejmutovka v horní etáži zastoupena.

Závěr

Předkládaný příspěvek hodnotí vliv světelných podmínek pod porostem (hodnoceno metodou hemisférických fotografií) na početnost jedinců přirozeného zmlazení borovice vejmutovky. Ve dvou porostních skupinách byla celkem na 352 měřících ploškách (4 m²) zaznamenána přítomnost 3 413 jedinců vejmutovky. Variabilita hustoty přirozené obnovy byla poměrně vysoká, na jednotlivých ploškách se pohybovala v rozmezí od 0 (45 případů) do 80 000 jedinců na hektar. Analýzou dat početnosti přirozené obnovy borovice vejmutovky na jednotlivých stanovištích ve vztahu k těmto světelným parametrům bylo zjištěno, že nejvíce hustota přirozeného zmlazení korelovala s množstvím difuzního záření (ISF), v menší míře pak s Openness a Gap Fraction. U charakteristik DSF a TSF nebyl prokázán statisticky významný vliv jejich hodnot na hustotu přirozeného zmlazení borovice vejmutovky.

Poděkování

Tato studie byla uskutečněna a prezentována za finanční podpory KUS QJ 1230330.

Literatura

- Anderson, M. C., 1964: Studies of the woodland light climate. I. The photographic computation of light conditions. *Journal of Ecology*, **52**: 27–41.
- Bebber, D. P., Cole, W. G., Thomas, S. C., Balsillie, D., Duinker, P., 2005: Effects of retention harvests on structure of old growth *Pinus strobus* L. stands in Ontario. *Forest Ecology and Management*, **205**: 91–103.
- Boucher, J., Bernier, P. Y., Margolis, H. A., Munson, A. D., 2007: Growth and physiological response of eastern white pine seedlings to partial cutting and site preparation. *Forest Ecology and Management*, **240**: 151–164.
- Burgess, D., Wetzel, S., 2000: Nutrient availability and regeneration response after partial cutting and site preparation in eastern white pine. *Forest Ecology and Management*, **138**(1–3): 249–261.
- Burgess, D., Wetzel, S., 2002: Recruitment and early growth of eastern white pine (*Pinus strobus*) regeneration after partial cutting and site preparation. *Forestry*, **75**(4): 419–423.
- Burns, R., M., Honkala, B. H., 1990: *Silvics of North America: 1. Conifers*, Agriculture Handbook 654. Washington, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 877 p.
- Dovčiak, M., Lee, E., Frelich, L. E., Reich, P. B., 2001: Discoordance in spatial patterns of white pine (*Pinus strobus*) size-classes in a patchy near-boreal forest. *Journal of Ecology*, **89**: 280–291.
- Elliott, K. J., Vose, J. M., 1995: Evaluation of the competitive environment for white pine (*Pinus strobus* L.) seedlings planted on prescribed burn sites in the Southern Appalachians. *Forest Science*, **41**(3): 513–530.
- Herr, D., G., Duchesne, L., C., Reader, R. J., 1999: Effects of soil organic matter, moisture, shading and ash on white pine (*Pinus strobus* L.) seedling emergence. *New Forests*, **18**: 219–230.

- Krueger, J. A., Puettmann, K. J., 2004: Growth and injury patterns of eastern white pine (*Pinus strobus* L.) seedlings as affected by hardwood overstory density and weeding treatments. *Northern Journal of Applied Forestry*, **21**(2): 61–68.
- Kühne, CH., Bartsch, N., 2003: Zur Naturverjüngung von Fichten-Buchen Mischbetänden im Solling. *Forst und Holz*, **58**: 3–7.
- Lancaster, K. F., Leak, W. B., 1978: A silvicultural guide for white pine in the northeast. Gen. Tech. Rep. NE-41. Broomall, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 13 p.
- Messier, C., Puttonen, P., 1995: Spatial and temporal variation in the light environment of developing Scots pine stands: the basis for a quick and efficient method of characterizing light. *Canadian Journal of Forest Research*, **25**: 343–354.
- Modrý, M., Hubený, D., Rejšek, K., 2004: Differential response of naturally regenerated european shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, **188**: 185–195.
- Musil, I., Hamerník, J., 2007: Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: Dendrologie 1. Praha, Academia, 352 p.
- Reich, P. B., Tjoelker, M. G., Walters, M. B., Vanderklein, D. W., Buschena, C., 1998: Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. *Functional Ecology*, **12**: 327–338.
- Rozenbergar, D., Mikac, S., Anić, I., Diaci, J., 2007: Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe. *Forestry*, **80**(4): 431–443.
- Schumann, M. E., White, A. S., Witham, J. W., 2003: The effects of harvest-created gaps on plant species diversity, composition, and abundance in Maine oak-pine forest. *Forest Ecology and Management*, **176**(1–3): 543–561.
- Shirley, H. L., 1945: Reproduction of upland conifers in the Lake States as affected by root competition and light. *American Midland Naturalist*, **33**(3): 537–612.
- Unkrig, V., 1997: Zur Verjüngung von Buche und Fichte im Naturwald Sonnenkopf. *Forst und Holz*, **52**: 538–543.
- Vaněk, P., 2010: Využití introdukovaných druhů dřevin v podmínkách Městských lesů Hradec Králové. In: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P. (eds.): *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. 1. vyd. Brno, Mendelova univerzita v Brně, s. 166–172.
- Wetzel, S., Burgess, D., 2001: Understorey environment and vegetation response after partial cutting and site preparation in *Pinus strobus* L. stands. *Forest Ecology and Management*, **151**: 43–59.
- Wilson, R. W., McQuilkin, W. E., 1963: Silvical characteristics of eastern white pine. Res. Pap. NE-13. Upper Darby, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 29 p.
- Zeržán, M., 2010: Přírodě blízké hospodaření v borových lesích v Městských lesích Hradec Králové. In: Petřík, Z., Růžková, M. (eds.): *Exkurze po Městských lesích Hradec Králové po 100 letech*. Pelhřimov. SVOL, s. 15–17.

RESPONSE OF *FAGUS SYLVATICA* L. AND *ABIES ALBA* MILL. IN DIFFERENT GAP SIZE

Matjaz Čater

Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia
Mendel University, Faculty of Forestry and Wood technology, Department of Silviculture, Zemědělská 3,
CZ – 613 00 Brno, e-mail: matjaz.cater@gozdis.si

Abstract

Montane forests of silver fir and European beech in the Dinaric region represent the largest continuous forest area in Central Europe. The appropriately sized canopy gap is the main silvicultural tool for indirect promotion of silver fir. Within gaps four categories were established based on proportion of direct and diffuse radiation for comparison of beech and fir responses in managed and old growth forest. Quantum yield (Φ) in beech and silver fir was compared on all microsites during three consecutive periods (2009, 2010, and 2011) under controlled environmental conditions. Different response between species in same light categories was shown between different gap sizes. Quantum yield decreased with increasing gap size in all light categories – the exception was beech growing under predominant direct light, in which yield significantly increased. Our conclusions emphasize the importance of gaps with low direct light levels, relatively small in size (0.03 – 0.11 ha) and the single tree selection silvicultural system to increase the competitive advantage of fir.

Keywords: *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, quantum yield, light conditions, Dinaric silver fir and beech forests,

Introduction

Silver fir (*Abies alba* Mill.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Montane Dinaric forests are the largest continuous forest area in Central Europe (Horvat et al. 1974) that have been managed with continuous-cover silvicultural systems (Mlinšek 1972; Bončina 2011).

In spite of the high degree of forest naturalness, silver fir (hereafter fir) regression is one of the major concerns for the whole region, which was already observed in the 1930s and 1950s and attributed mostly to climatic extremes coupled with bark beetle epidemics (e.g. Bambulović 1930; Šafar 1951). Polluted air later contributed to silver fir decline (Elling et al. 2009) and its regeneration was exposed to overbrowsing in parts of the region (Mlinšek 1969). The intensity of fir regression has varied due to different combinations of causes of decline across the region (Diaci et al. 2011). Today current breast height diameter (dbh) structure and regeneration characteristics indicate further regression of fir in the coming decades (Bončina et al. 2009).

Both fir and beech are shade tolerant, and can thrive under conditions of deep shade for extended time periods (Ellenberg 1988). Fir is a late successional tree, more sensitive to water deficits than beech (Rolland et al. 1999) 1999 on drier sites and in periods when

generating stocks for the next growing season (Macías et al. 2006). Its photosynthetic activity is not limited only to the vegetation period, such as in beech, and it can assimilate over the entire year (Brinar 1964). Needles are sensitive to temperature oscillations and rapid changes, especially at the beginning of the vegetation period and in combination with drought (Prpić, Seletković 2001). The specific assimilation capacity of fir is lower; the lower pigment rate in leaves reflects its greater shade tolerance and ability to grow assimilation tissues under lower light intensities than beech. Costs for establishing leaves are not seasonally conditioned as in beech, the needle cuticle is thicker and assimilation losses are smaller (Aerts 1995). Its competitive strength, compared to beech, is consequently less; in gap-openings, beech adapts better and much faster to rapid changes in light intensity (Lichtenthaler et al. 2007).

The most evident silvicultural tool for indirect promotion of silver fir is the establishment of appropriate sized canopy gaps and their extension in time and space. Many studies that have indicated fir's supremacy under relatively closed canopies (Hohenadl 1981; Stancioiu, O'Hara 2006), have focused on different growth patterns and did not consider the ecophysiological background. Because of heterogeneity in light regimes and gap spatio-temporal dynamics (Poulson, Platt 1989; Canham et al. 1990), it is difficult to transfer research conclusions into practice.

Dividing into four categories within gap microsites based on the shares of direct and diffuse radiation proved to be an interesting conceptual model for explanation of microsite variation and seedling success induced by light and general climate variability (e.g. Diaci 2002; Diaci et al. 2008).

The main goals of this study were: (1) to analyse acclimatisation to light of beech and fir trees growing in four different microsite categories, (2) to analyse which microsites are more favourable for each of the two species and (3) to discuss appropriate silvicultural systems to help conserve the fir population in the Dinaric mountains.

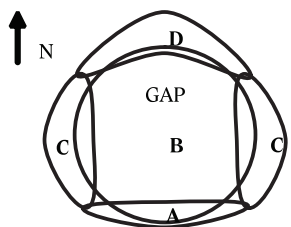
Methods

Study was performed in the Kočevski Rog high karst Dinaric forest complex, located in the southwestern part of Slovenia.

All research sites belong to the Dinaric silver fir and beech forest type Omphalodo-Fagetum with homogenous Rendzic Leptosol (Kutnar, Urbančič 2008), higher than 720 m above sea level (Table 1). Three gaps, differing in size, were selected on flat terrain in managed forests, in which both species were found growing in all light categories. All selected gaps had been established at least 10 years ago, so young beech and fir had been able to adapt to the given light conditions.

Table 1: Research locations

Gap		Size	Annual		Growing
			Precipitation	Average air T	Stock
		[m²]	[mm]	[°C]	[m³/ha]
Managed	Big	1100	1480	7.2	430
	Medium	658	1480	7.2	430
	Small	325	1480	7.2	430
Old growth			1480	7.3	950



A systematic grid was established in each gap and four distinctive light microsites within a gap were defined (A – D) with hemispherical photos according to the relative abundance of direct and diffuse light (Diaci 2002) (Fig. 1).

Fig. 1: A – D microsite categories according to received diffuse (d) and direct (D) radiation values in a gap (A – high d and low D; B – high d and high D; C – low d and low D, and D – low d and high D) (Diaci 2002)

The relative percentages of diffuse (d) and direct radiation (D) were estimated from digital hemispherical photographs (Čater et al. 2013). The height difference of trees of the same age on plots ranged from 15–30 cm under dense stand conditions, from 25 to 70 cm under edge conditions (light microsites C and D) and from 65 to 200 cm in open area conditions (light microsites A and B) (Čater, Levanič 2013). On each microsite (A, B, C, D), at least eight each young beech and fir trees of the same height, unobstructed by their neighbors, were randomly chosen for photosynthesis measurements, which were performed in three sequential vegetation periods (2009, 2010 and 2011) (Čater et al. 2014). Responses of managed sites were compared to responses in old growth reserve forest in same micro-light categories. Nitrogen concentration in leaves did not significantly vary between the sites (Čater, Levanič 2013). The height difference of trees of the same age on plots ranged from 15–30 cm under stand conditions, from 25 to 70 cm under edge conditions and from 65 to 200 cm in open area conditions.

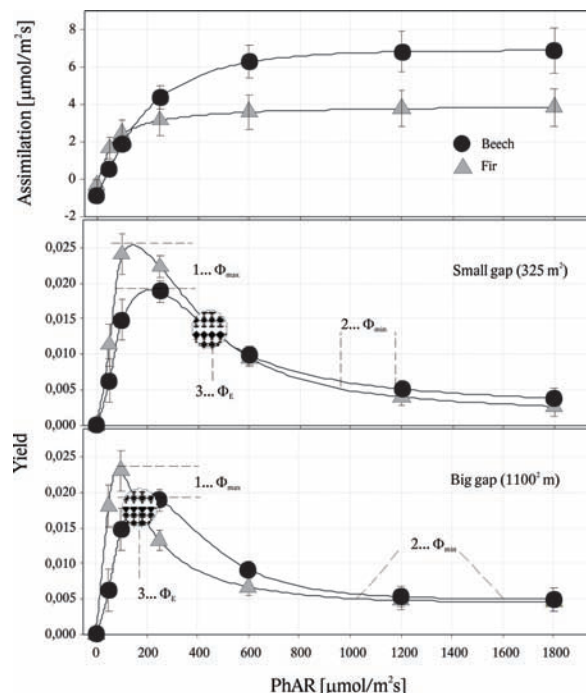


Fig. 2: Comparison of beech and silver fir light responses for the B light microsite with predominating direct and diffuse light component in small and in big gap: from the light saturation curve (top graph) a quantum yield Φ curve (lower graphs) were expressed. Light intensity change was compared at the point at which: (1) both species expressed their maximum (Φ_{max}), (2) where the response crossed the minimum $\Phi = 0.005$ value – (Φ_{min}) and (3) where the response of the two species was the same (Φ_E)

The characteristic points of quantum yield, defined as the amount of fixed CO₂ per amount of absorbed light quanta (Lambers et al. 1998) were defined for each species, each light microsite and three different sizes of gaps: at the maximum ($\Phi_{\max}$), at the same minimum value at $\Phi = 0.005$ ($\Phi_{\min}$) and at the point at which the response of the two species was the same (Φ_E) (Čater et al. 2014) (Fig. 2).

Analyses of variance (ANOVA) and post hoc LSD analysis were used for determination of differences. Probability values of $P < 0.05$ (*), $P < 0.01$ (**) and $P < 0.001$ (***) were considered significant. Data analysis and the correlation between measured variables was analysed with the Statistica data analysis software system (2011), obtaining the significance of correlation coefficient (P) and the determination coefficient of the linear regression (r^2).

Results

- Values of $\Phi_{\min}$ in beech were bigger than in fir in all comparable categories; the biggest change was observed on microsites B and D (predominant direct light), where 200% light intensity was required for the same yield in the largest gap compared to the response in the smallest gap.
- Bigger gap size caused reduction of $\Phi_{\max}$ in all fir microsite categories; on A and C beech microsites caused increased gap lower $\Phi_{\max}$ while on B and D microsites the response was just the opposite and increased significantly, as in the case of $\Phi_{\min}$ (Fig. 3). Same response for both characteristic points was observed in old growth.

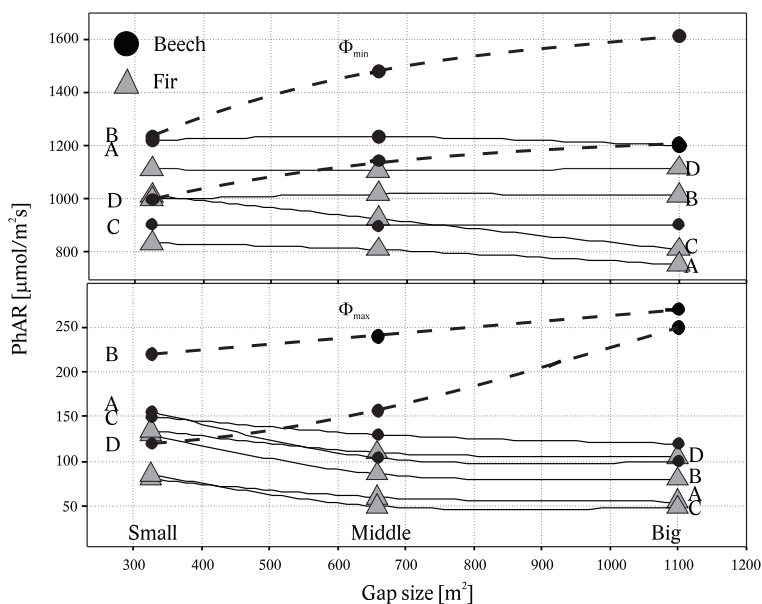


Fig. 3: Light intensity change in minimum ($\Phi_{\min}$, upper part) and maximum quantum yield ($\Phi_{\max}$, lower part) in relation to gap size and different light categories (A – D). Letters on the left side correspond to beech and on the right side to the microsites of fir. Bold line shows microsites B and D with different response of yield increasing with the gap size

- Equal response (Φ_E) appeared in lower light intensities, consequently increasing the advantage of beech over fir. On A and B microsites the values were significantly smaller than on C and D microsites. C and D microsites became equal at an approximate gap size of 750 m², while A and B microsite responses equalized at a slightly smaller size (600 m²) and did not decrease any further with an increase of the gap (Fig. 4).

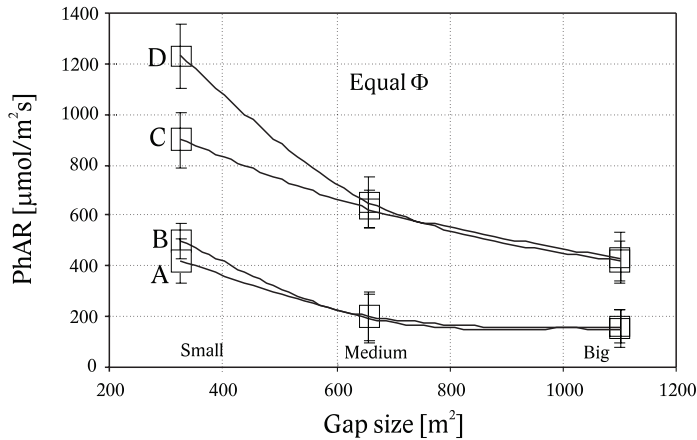


Fig. 4: Light intensity at the point of equal quantum yield (Φ_E) changed with gap size. Bars are standard errors.

Discussion

A significantly different response between species in microsite light categories was evidenced between different sizes of gap. Behaviour of beech and fir is most probably influenced by the general shade tolerance mechanisms and response ability to outcompete neighbours in conditions of favourable light, both influenced by overstorey selection or/and light permeability adjustment and improving conditions for growth and development in reintroduction practices.

In the case of our study the shading and light conditions were directly affected by the mature overstorey.

Several researchers have also stressed the role of tree height for evaluating the intensity of competition (Canham et al. 2006; Adams et al. 2008) and explaining the mechanisms of species coexistence (Oliver, Larson 1996). As a tall tree, silver fir can reach the upper canopy and often grows as an emergent species (Korpel 1995; Paluch 2007), relatively free of competition from other species for light.

However, the growth of young silver firs can be seriously compromised by competition with young beeches, which grow more vigorously at a young age (Wunder et al. 2007; Szewczyk, Szwagrzyk 2010). Beech, as a less sensitive species to competition, still displays relatively high basal area growth when experiencing moderate competition levels (Szwagrzyk et al. 2012), while fir reacts to the intensity of competition much more strongly (Szwagrzyk, Szewczyk 2001), also confirmed by our study.

Many studies have emphasized the management system as a key factor for the distribution of tree species and also for tree decline (Heuze et al. 2005b; Manetti, Cuttini 2006). In Dinaric silver fir and beech forests, where the proportion of fir artificially increased from

the end of 19th century for economic reasons, a significant expansion of beech in once pure fir stands has been evidenced because of different forest management practices or main species alteration (Mlinšek 1964).

We believe that the proportion of beech would rise significantly in the future, since it is the predominant species in the natural regeneration layer (30–150 cm) of most forests (Bončina et al. 2003) and because the beech population, in terms of diameter structure, is substantially younger than populations of fir on sites in which the two species cohabit (Poljanec et al. 2010).

Based on the alternation of beech and silver fir, it is not certain whether silver fir would be able to recover efficiently in an environment in which beech predominates, since the beech expresses more plasticity than silver fir, especially in faster changes of light conditions, which silver fir is not able to follow to such an extent.

Conclusions

- The response of different light microsite categories became equal at between 600 – 750 m², based on the share of direct and diffuse light components, which corresponds to middle gap size and forest edge light conditions, with 25% ISF and the average area of developmental stage in natural fir-beech forest (Korpeľ 1995). Our conclusions confirm recent results (Čater, Levanič 2013) and emphasize the importance of gaps, relatively smaller in size (0.03 – 0.11 ha) but significant in contributing to an increased competitive advantage of fir in mountainous, mixed-species Dinaric forests.
- The results confirm earlier research, which showed that fir has a competitive advantage over other species with a single tree selection system (Schütz 2001). In order to favour fir, gaps with low direct light levels should be created, while existing gaps should be extended towards the southern gap edge. Young fir trees would benefit more in A and C types of microsite categories, with a predominant diffuse light component and the preservation of a smaller, fragmented gap structure found also in the old growth reserves.
- In parts of the Dinaric region with single tree selection system a higher share of conifers was preserved; change of the silvicultural system to better accommodate beech regeneration negatively influenced the competitiveness of fir. Our study indicates that maintaining the single selection system within the region would help to preserve the competitive ability of fir.

Acknowledgement

This research was financially supported by a research grant from the Man-For C. BD. (LIFE 09 ENV/IT/000078), IGA 84/ 2013, CZ.1.07/2.3.00/20.0267 project and program research group Forest Biology, Ecology and Technology P4-0107 at the Slovenian Forestry Institute.

References

- Adams, T. P., Purves, D. W., Pacala, S. W., 2008: Understanding height-structured competition in forests: is there any R* for light? *Proceedings of the Royal Society B*. **274**: 3039–3047.

- Aerts, R., 1995: The advantages of being evergreen. *Trends in Ecology & Evolution*, **10**: 402–407.
- Bambulović, P., 1930. Sušenje četinjavih šuma u Bosni. *Šumarski list*, **54**: 446–450.
- Bončina, A., Diaci, J., Gasperšič, F., 2003: Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *Forestry Chronicle*, **79**: 227–232.
- Bončina, A., Ficko, A., Klopčič, M., Matijašič, D., Poljanec, A., 2009: Gospodarjenje z jelko v Sloveniji (Management of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Slovenia. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*, **90**: 43–56.
- Bončina, A., 2011: History, current status and future prospects of uneven-aged forest management in the Dinaric region: an overview. *Forestry*, **84**(5): 467–478.
- Brinar, M., 1964: Življenjska kriza jelke na slovenskem ozemlju v zvezi s klimatičnimi fluktuacijami. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, p. 97–144.
- Canham, C. D., Denslow, J. S., Platt, W. J., Runkle, J. R., Spies, T. A., White, P. S., 1990: Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*, **20**: 620–631.
- Canham, C. D., Papaik, M. J., Uriarte, M., McWilliams, W. H., Jenkins, J. C., Twery, M. J., 2006: Neighborhood analyses of canopy tree competition along environmental gradients in New England forests. *Ecol. Appl.*, **16**: 540–554.
- Čater, M., Levanič, T., 2013: Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *Forest Ecology and Management*, **289**: 278–288.
- Čater, M., Schmid, I., Kazda, M., 2013: Instantaneous and potential radiation effect on underplanted European beech below Norway spruce canopy. *European Journal of Forest Research*, **132**: 23–32.
- Čater, M., Diaci, J., Rozenberger, D., 2014: Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, ISSN 0378-1127. vol. <in print >doi: 10.1016/j.foreco.2014.04.001.
- Diaci, J., 2002: Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management*, **161**: 27–38.
- Diaci, J., Gyoerek, N., Gliha, J., Nagel, T. A., 2008: Response of *Quercus robur* L. seedlings to north-south asymmetry of light within gaps in floodplain forests of Slovenia. *Annals of Forest Science*, **65**: doi: 10.1051/forest:2007077
- Diaci, J., Rozenberger, D., Anić, I., Mikac, S., Saniga, M., Kucbel, S., Višnjić, C., Ballian, D., 2011: Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry*, **84**: 479–491.
- Ellenberg, H., 1988: *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rötzer T., 2009: Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*, **257**: 1175–1187.
- Heuze, P., Schnitzler, A., Klein, F., 2005: Consequences of increased deer browsing winter on silver fir and spruce regeneration in the Southern Vosges mountains: Implications for forest management. *Annals of Forest Science*, **62**: 175–181.

- Hohenadl, W., 1981: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. In: Technical University München, 181 p.
- Horvat, I., Glavac, V., Ellenberg, H., 1974: Vegetation Sudosteuropas. G. Fischer, Stuttgart.
- Korpel, Š., 1995: Die Urwalder der Westkarpaten Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 331 p.
- Kutnar, L., Urbančič, M., 2008: Influence of site and stand conditions on diversity of soil and vegetation in selected beech and fir-beech forests in the Kočevje region. In: Zbornik gozdarstva in lesarstva, **80**: 3–30.
- Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T. L., 1998: Plant Physiological Ecology. New York, Springer.
- Lichtenthaler, H. K., Ač, A., Marek, M. V., Kalina, J., Urban, O., 2007: Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species. Plant Physiology and Biochemistry, **45**: 577–588.
- Macías, M., Andreu, L., Bosch, O., Camarero, J.J., Guitiérrez, E., 2006: Increasing aridity is enhancing fir (*Abies alba* Mill.) water stress in its south-western distribution limit. Climate Change, **76**: 289–313.
- Manetti, M.C., Cuttini, A., 2006: Tree-ring growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in two stands under different silvicultural systems in central Italy. Dendrochronologia, **23**: 145–150.
- Mlinšek, D., 1964: Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki. Gozdarski vestnik, **26**: 145–159.
- Mlinšek, D., 1969: Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen - Buchen - Wald. Forstw. Cbl., **88**: 193–199.
- Mlinšek, D., 1972: Ein Beitrag zur Entdeckung der Postojna Kontrollmethode in Slowenien. Forstwissenschaftliches Centralblatt, **4**: 291–296.
- Oliver, C. D., Larson, B. C., 1996: Forest Stand Dynamics. New York, Wiley.
- Paluch, J. G., 2007: The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.) – silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: a patch-mosaic perspective. Forest Ecology and Management, **253**: 161–170.
- Poljanec, A., Ficko, A., Bončina, A., 2010: Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970–2005. Forest Ecology and Management, **259**: 2183–2190.
- Poulson, L. T., Platt, W. J., 1989: Gap light regimes influence canopy tree diversity. Ecology, **70**: 553 – 555.
- Prpić, B., Seletković, Z., 2001: Ekološka konstitucija obične jele. In: Prpić, B. (ed.): Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Zagreb, Akademija šumarskih znanosti: 255-268.
- Rolland, C., Michalet, R., Desplanque, C., Petetin, A., Aimé, S., 1999: Ecological Requirements of *Abies alba* in the French Alps Derived from Dendro Ecological Analysis. Journal of Vegetation Science, **10**: 297–306.
- Schütz, J.-P., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter. Berlin, Wälder, Parey.
- Stancioiu, P. T., O'Hara, K. L., 2006: Leaf area and growth efficiency of regeneration in mixed species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. Forest Ecology and Management, **222**: 55–66.

- Szewczyk, J., Szwagrzyk, J., 2010: Spatial and temporal variability of natural regeneration in a temperate old-growth forest. *Annals of Forest Science*, 67: doi: 10.1051/forest/2009095
- Szwagrzyk, J., Szewczyk, J., 2001: Tree mortality and effects of release from competition in an old-growth *Fagus-Abies-Picea* stand. *Journal of Vegetation Science*, **12**: 621–626.
- Szwagrzyk, J., Szewczyk, J., Maciejewski, Z., 2012: Shade-tolerant tree species from temperate forests differ in their competitive abilities: A case study from Roztocze, south-eastern Poland. *Forest Ecology and Management*, **282**: 28–35.
- Šafar, J., 1951: Ugibanje i obnavljanje jela u prebornim šumama Gorskog Kotara. *Šumarski list*, **75**: 299–303.
- Wunder, J., Reineking, B., Matter, J.-F., Bigler, CH., Bugman, H. 2007: Predicting tree death for *Fagus sylvatica* and *Abies alba* using permanent plot data. *Journal of Vegetation Science*, **18**: 525–553.

VYUŽITÍ PŘÍPRAVKŮ NA BÁZI ŘAS PRO INICIÁLNÍ PODPORU VÝSADEB LESNÍCH DŘEVIN

Use of algae-based materials for initial support of plantations of the forest tree species

**Vilém Podrázský¹ • Ondřej Holubík² • Martin Baláš¹
• Ivo Kupka¹ • Jiří Zvolánek¹ • Marek Tužinský¹
• Vasil Gjurov³**

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 126, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchdol,
e-mail: podrazsky@fld.czu.cz

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská, CZ – 250 156 27 Praha 5 – Zbraslav

³Bio-Algeen, Klokočná 89, CZ – 251 64

Abstract

The paper documents short-time effects of the application of materials based on the marine algae, both of fossil and recent origin, i.e. fossil alginite and recent preparates of the Bio-Algeen system, respectively. Alginite effects were studied at the research plot Hovorčovice, in the relatively arid and warm site in the Polabí region, at the agricultural land afforestation (by English oak, American red oak, Norway maple and Scots pine), Bio-Algeen system was tested at Norway spruce production in the forest nursery. In the plantation experiment, significantly lower mortality was documented in the first year since planting, as well as significantly faster growth for broad-leaved species. In the nursery experiment, considerably more favorable development of the root system was detected as well as better parameters of the above-ground part of the planting stock. As the most effective, the combination of root dipping to Bio-Algeen water solution with granulate application on bed surface and also spraying of aboveground part of seedlings after transplanting were documented. Application of studied material so represents good contribution for good quality stock production and plantation success on the forested site.

Keywords: forest plantations, marine algae-based materials, initial growth, fertilization, afforestation, forest nurseries

Abstrakt

Příspěvek dokládá krátkodobé účinky melioračních materiálů na bázi mořských řas, jak fosilního tak i recentního původu, respektive alginitu a přípravků řady Bio-Algeen. Alginit byl testován na výzkumné ploše Hovorčovice v Polabí, teplém a suchém regionu, při zalesňování zemědělské půdy dubem letním, dubem červeným, javorem mléčem a borovicí lesní, druhý typ preparátů pak při produkci sadebního materiálu smrku ztepilého v lesní školce. V prvním případě byla doložena výrazně nižší mortalita první rok po výsadbě a průkazně vyšší přírůsty u sledovaných listnatých dřevin. Ve druhém případě byl doložen během výrobní doby průkazně příznivější rozvoj kořenového systému sazenic i vyšší parametry nadzemní části. Jako nejúčinnější byla prokázána kombinace máčení před školkováním a aplikace přípravku Bio-Algeen na záhon ve formě granulátu a pak postřik nadzemních částí po školkování. Sledované přípravky tak vykázaly značný přínos pro pěstování kvalitního sadebního materiálu a zdar výsadby.

Klíčová slova: kultury, preparáty na bázi mořských řas, počáteční růst, hnojení, zalesňování, lesní školky

Úvod a problematika

Zalesňování je stále kritickou fází při zakládání a vývoji lesních porostů, zejména v extrémních klimatických a stanovištních podmínkách. Ujímání a počáteční růst kultur rozhoduje do značné míry o dalším vývoji výsadeb. Neúspěchy v zalesňování jsou přitom do značné míry určeny nepříznivými půdními podmínkami. Ty jsou často determinovány nepříznivým stanovištěm, ekologickými i antropogenně pozměněnými podmínkami (Balcar et al. 2012a, 2012b; Borůvka et al. 2005; Vacek, Podrázský 1994), což zapříčiňuje špatný stav kultur a nepříznivý vývoj starších porostů (Vacek et al. 2009). Proto lesní dřeviny vyvinuly řadu mechanismů umožňujících obnovu lesa za nepříznivých podmínek (např. Vacek et al. 2012).

V lesnické praxi pak byla využita řada opatření, usnadňujících obnovu, řazených do skupiny tzv. chemické nebo biologické meliorace (Balcar et al. 2011; Kuneš et al. 2011; Podrázský 1994, 2006a, 2006b). Jako meliorační zásahy byly využívány aplikace vápnění nebo mouček bazických hornin (Kuneš et al. 2009) nebo speciální pomalu rozpustná hnojiva (Kuneš et al. 2004). Také řada listnatých dřevin vykazuje příznivé působení na stav lesních půd v horských podmínkách (Podrázský et al. 2004).

Kromě opatření přímé a nepřímé chemické meliorace jsou využívány i různé další přípravky se stimulačním účinkem, a to jak pro produkci vysoce kvalitního sadebního materiálu, tak i pro podporu výsadeb v nepříznivých podmínkách in situ. Některé jsou na bázi řas a to jak preparátů z nich připravených (např. systém Bio-Algeen), tak i fosilních materiálů (např. alginit).

Cílem tohoto příspěvku je pak doložit vliv vybraných materiálů, testovaných na KPL FLD ČZU v Praze, konkrétně:

- vliv aplikace alginitu na iniciální růst a ujímavost kultur lesních dřevin na lokalitě Hovorčovice, při zalesňování zemědělské půdy v nízkých nadmořských výškách, ohrožovaných suchem,
- vliv systému Bio-Algeen na kvalitu sadebního materiálu produkovaného v lesní školce.

Materiál a metodika

V prvním případě byla testována organicko-minerální hornina alginit při výsadbě na relativně suchou lokalitu nedaleko obce Hovorčovice, severně od Prahy (Polabí). Oblast náleží klimaticky do teplého, mírně suchého regionu, průměrná roční teplota je 8 – 9 °C, srážky činí 500 – 600 mm, častý je výskyt suchých období. Na sledované ploše byla půda určena jako černozem s hloubkou 30 až 70 cm, silně skeletnatá, erodovaná. Terén byl rovinatý (zalesněná orná půda). Dílčí plochy 20 × 20 m byly založeny jamkovou sadbou na jaře 2013 ve sponu 1 × 1 m (400 ks na plošku). Jako varianty dřevin byly použity: borovice lesní, dub letní a řadová směs dubu letního, červeného a javoru mléče. Byly použity, kromě kontrolní varianty bez aplikace alginitu, i varianty s aplikací 0,5 a 1,5 kg alginitu na sazenici. Každá varianta (3 varianty dřevina × 3 varianty alginit) byla založena ve 4 opakováních.

Na podzim 2013 byly výsadby změřeny, byl změřen přírůstek v r. 2013 a stanovena mortalita sazenic. Data byla zpracována statistickým programem Statistica. Použita byla vícefaktorová analýza rozptylu, pro testování statistické významnosti byly použity testy Tukeyův a Sheffeho.

Tabulka 1: Varianty testování přípravků systému Bio-Algeen

Table 1: Treatments of testing of the Bio-Algeen preparates system

Varianta ¹	Aplikace ²	Cena ³	Náklady na sazenici Kč (CZK) ⁴
B.A.konzentrát B.A.RC	Máčení kořenů před výsadbou, ředění vodou 1:20, mechanizovaná výsadba ⁵	200, – CZK/l	0,01
B.A. granulát B.A.G	150 g/m ² záhonu při výsadbě (na 65 sazenic) ⁶	150, – CZK/kg	0,35
B.A. RC+G	Kombinace koncentrátu a granulátu ⁷		0,36
B.A.postřik B.A.S	Po výsadbě postřik B.A.S-90, ředění 1:200, 1 l/m ² ⁸	220, – /l	0,22
Kontrola ¹⁰	Bez ošetření ⁹		0

¹Treatment, ²Application, ³Price, ⁴Cost per plant, ⁵Dipping of roots before transplanting, dilution 1:20 of the concentrate, mechanized transplanting, ⁶Granulate application at transplanting 150 g/m² (65 plants), ⁷Combination of above treatments, ⁸Spraying by B.A.90, dilution 1:200, ⁹Without application, ¹⁰Control

Ve druhém případě bylo testování smrku ztepilého prováděno v lesní školce Bukovina, Obrovice, na majetku VLS s.p., oblast Hradiště. Nadmořská výška lokality je 400 m n. m., průměrná roční teplota je 7,1 °C, **průměrné srážky jsou 607 mm, půda je určena jako oglejená kambizem.** Typy preparátů a způsob aplikace dokládá tabulka 1. V každé variantě bylo ošetřeno 1 000 sazenic při školkování.

První rok byl uskutečněn výsev semen, ve druhé vegetační sezóně došlo na jaře ke školkování a aplikaci materiálů. Sazenice smrku ztepilého byly následně pěstovány 2 roky v normálním provozním režimu školky, tj. na nekrytém záhoně na běžné minerální půdě. V letech vyhodnocení, na podzim po skončení vegetace 2012, 2013, bylo odebráno vždy 10 ks průměrných vzorníků a ty byly zpracovány. Odběr se uskutečnil 20. 6. 2012 a 25. 9. 2013. Byly determinovány následující charakteristiky sadebního materiálu:

- množství biomasy kořenů v letech 2012 a 2013 (sušina),
- množství biomasy nadzemní části sazenic v letech 2012 a 2013 (sušina),
- průměr kořenového krčku a celková výška v roce 2013.

Data byla zhodnocena s využitím základních statistických úloh programu Excel.

Výsledky a diskuze

Výsledky prvního experimentu uvádí tabulka 2, tučně vylišené hodnoty se statisticky významně liší od kontrolní varianty. Již v prvním roce aplikace melioračního materiálu bylo doloženo statisticky průkazné zvýšení přírůstů vzhledem ke kontrole u dubu letního, dubu červeného a v případě nižší dávky i u javoru, a to přesto, že dub červený i javor mlč byly silně poškozeny okusem. K oplocení plochy došlo totiž až v letních měsících. Borovice nejevila výrazný vliv aplikace alginitu.

Použité meliorační opatření pak především výrazně snížilo mortalitu výsadby, zejména v případě aplikace většího množství melioračního materiálu. To bylo doloženo u všech dřevin. Zlepšení půdního prostředí, zřejmě především schopnosti více poutat půdní vodu v dané sušší oblasti, tak přispělo ke zdatu výsadby výrazným způsobem. Aplikace vhodných melioračních materiálů tak může přispět k úspěchu zalesnění a výrazně podpořit počáteční růst výsadby v zásadní míře a lze ji považovat za ekologicky i ekonomicky přínosnou.

Podpora výsadby lesních dřevin je zásadní a často nezbytná při zalesňování nelesních půd s nevyváženým půdním stavem, ke kterému docházelo a stále ve značném měřítku

dochází (Skaloš et al. 2012), stejně jako při dalších plánovaných zalesňovacích aktivitách (Hatlapatková, Podrázský 2011). Význam podpory výsadeb roste i při reintrodukci stanovištně náročnějších dřevin na stanoviště s dlouhodobým pěstováním konifer (SM, BO) a při podpoře přirozené obnovy (Bílek et al. 2014; Vacek et al. 2012). Významnou roli mohou hrát i na imisních lokalitách (Borůvka et al. 2005; Balcar et al. 2012a, 2012b; Podrázský 2006a). Zde se uplatnila i další opatření chemické meliorace stanovišť, jako je aplikace mouček bazických hornin a pomalu rozpustných hnojiv např. řady Silvamix (Balcar et al. 2011; Kuneš et al. 2009, 2011; Podrázský 2006b; Vacek et al. 2009). Tato specifická hnojiva prokázala velmi dobré výsledky při podpoře výsadeb náročných dřevin na degradovaná nebo změněná stanoviště (Kuneš et al. 2004; Podrázský, Remeš 2007). Také na chudých písčitých lokalitách s nízkou zásobou živin je přihnojení velmi dobře přijímáno nově zakládanými kulturami lesních dřevin (Podrázský 1994).

Tabulka 2: Vliv aplikace alginitu na mortalitu a počáteční růst výsadeb

Table 2: Effect of alginite on the mortality and initial growth of plantations

Varianta ¹	Druh ²	Počet ³	Výška ⁴ 2012	Výška ⁵ 2013	Přírůst ⁶ 2012–2013	Mortalita ⁷	Mortalita ⁷
		[ks]		[cm]		[ks]	[k%]
A	BO	1 322	25,4	36,1	10,7	275	21,0
B	BO	600	25,6	34,9	9,3	179	29,9
C	BO	1 400	26,6	37,3	10,7	206	14,7
A	DBL	1 699	24,7	31,5	6,8	158	9,4
B	DBL	1 617	24,8	33,4*	8,6*	53	3,4
C	DBL	934	25,8	34,0	8,2*	11	1,2
A	DBC	424	58,0	66,6	8,6	150	36,0
B	DBC	273	60,2	72,1*	11,9*	12	4,4
C	DBC	325	64,4*	74,8*	10,4*	21	6,5
A	JV	479	50,1	60,0	9,9	33	6,9
B	JV	310	53,6*	65,6*	12,0*	3	1,0
C	JV	341	53,4*	63,2	9,8	4	1,2

¹Treatments: A – control, B – 0.5 alginite kg/plant, C – 1.5 alginite kg/plant, ²Species: BO – Scots pine, DBL – English oak, DBC – American red oak, JV – Norway maple, ³Number (pcs), ^{4,5}Height, ⁶Increment, ⁷Mortality
Italics figures – statistically significant differences to the control treatment.

Rovněž materiály řady Bio-Algeen vykazovaly průkazně příznivý vliv na růst a vývoj sadebního materiálu v lesní školce v řadě parametrů. Všechny sledované typy preparátů a aplikací průkazně ovlivnily rozvoj kořenového systému a celkovou výšku sazenic. Jako nejúčinnější bylo prokázáno máčení kořenů před školkováním v koncentrátu přípravku spojené s aplikací granulátu a postřik po výsadbě. Sledované přípravky tak představovaly výraznou podporu pro pěstování sadebního materiálu s dobrým kořenovým systémem, předpokládat lze i vyšší vitalitu sazenic a jejich prosperitu po výsadbě. Velmi podobné výsledky, tj. příznivější vývoj kultur (zemědělských plodin) byly doloženy i v jiných případech (Svobodová, Šantrůček 1998; Šantrůček, Svobodová 1995).

Tabulka 3: Vliv přípravků řady Bio-Algeen na stav sadebního materiálu smrku v lesní školce

Table 3: Effects of the Bio-Algeen prepares on the spruce planting material quality in the nursery

Varianta ¹	Sušina ² kořenů		Sušina ³		Sušina ⁴		Sušina ⁵		Průměr ⁶		Výška ⁷	
	2012		nadz. č. 2012		kořenů 2013		nadz. č. 2013		k. krčku 2013		2013	
	[g]						[mm]		[cm]			
B.A.RC	68	194 %	70	109 %	341	105 %	469	116 %	6.6	97 %	42.9	114 %
B.A.G	37	106 %	46	72 %	444	137 %	535	132 %	7.2	106 %	45.8	122 %
B.A.RC+G	82	234 %	82	153 %	473	146 %	509	125 %	7.6	112 %	43.4	115 %
B.A.S	77	220 %	98	153 %	500	154 %	587	145 %	8.2	121 %	44.4	118 %
Control	35	100 %	64	100 %	325	100 %	406	100 %	6.8	100 %	37.6	100 %

¹Variant, ²D.M. of roots 2012, ³D.M. of shoots 2012, ⁴D.M. of roots 2013, ⁵D.M. of shoots 2013, ⁶Root collar diameter 2013, ⁷Length of shoot 2013, Italics are marked the statistically significant differences to the control.

Aplikace preparátů na bázi mořských řas, podporujících intenzitu fyziologických aktivit mladých stádií lesních dřevin, tak rozhodně výrazně přispěla k prosperitě jak sadebního materiálu, tak i kultur a může představovat významný příspěvek k úspěšnému zalesňování především extrémních stanovišť.

Závěr

Aplikace obou typů materiálů představovala značný přínos pro pěstování kvalitního sadebního materiálu a úspěšné zalesnění zemědělských půd. Při výsadbě na zalesněné zemědělské půdy byl prokázán významný vliv fosilního materiálu, organicko-minerální horniny alinit, na snížení mortality výsadby a výškový přírůst kultur v roce výsadby. V lesní školce byl prokázán značný přínos materiálu řady Bio-Algeen pro pěstování sadebního materiálu s dobrými růstovými parametry. Jsou vytvořeny podmínky pro sledování těchto na-pěstovaných sazenic i v kulturách. Přípravky na bázi mořských řas tak představují slibnou oblast stimulačních přípravků, příznivě ovlivňujících mladá vývojová stadia lesních dřevin.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QJ1320122 - Optimalizace managementu zalesňování zemědělské půdy ve vztahu ke zvýšení retenčního potenciálu krajiny.

Literatura

- Balcar, V., Kacálek, D., Kuneš, I., Dušek, D., 2011: Effect of soil liming on European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) plantations. Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry, **53**: 85–92.
- Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I., 2012a: Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka – I. Srážky a půdní vlhkost. Zprávy lesnického výzkumu, **57**(1): 74–81.
- Balcar, V., Špulák, O., Kacálek, D., Kuneš, I., 2012b: Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka – II. teplota, vítr a sluneční svit. Zprávy lesnického výzkumu, **57**(2): 160–172.

- Bílek, L., Remeš, J., Podrázský, V., Rozenbergar, D., Diaci, J., Zahradník, D., 2014: Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia – the role of heterogeneity and micro-habitat factors. *Dendrobiology*, **71**: 59–71.
- Borůvka, L., Podrázský, V., Mládková, L. et al., 2005: Some approaches to the research of forest soils affected by acidification in the Czech Republic. *Soil Science and Plant Nutrition*, **51**(5): 745–749.
- Hatlapatková, L., Podrázský, V., 2011: Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, **56**(3): 228–234.
- Kuneš, I., Balcar, V., Čížek, M., 2004: **Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains.** *Journal of Forest Science*, **50**(8): 366–373.
- Kuneš, I., Balcar, V., Benešová, T., Baláš, M., Zadina, J., Zahradník, D., Vítámvás, J., Kacálek, D., Špulák, O., Jakl, M., Jaklová-Dytrtová, J., Podrázský, V., 2009: Influence of pulverized limestone and amphibolite mixture on the growth performance of *Alnus incana* (L.) Moench plantation on an acidified mountain site. *Journal of Forest Science*, **55**(10): 469–476.
- Kuneš, I., Baláš, M., Špulák, O., Kacálek, D., Balcar, V., Šesták, J., Millerová, K., 2011: Stav výživy smrku ztepilého jako podklad pro zvážení potřeby přihnojení listnáčů a jedle vnášených do jehličnatých porostů. *Zprávy lesnického výzkumu*, **56** (Special Issue): 36–43.
- Podrázský, V., 1994: Liming of pine stands on sandy soils in the area of Týniště nad Orlicí (East Bohemia). In: Matějka K. (ed.): *Investigation of the Forest Ecosystems and of Forest Damage. Lowland and Submountain Forests and Monitoring of the Forest Status.* Kostelec nad Černými lesy 5. – 7. 4. 1993. Praha, Forestry and Game Research Institute 1994: 202–212.
- Podrázský, V., 2006a: Fertilization as an ameliorative measure – examples of the research at the Faculty of Forestry and Environment CUA in Prague. *Journal of Forest Science*, **52**(Special Issue): 58–64.
- Podrázský, V., 2006b: Effect of controlled liming on the soil chemistry on the immission clear-cut. *Journal of Forest Science*, **52** (Special Issue): 28–34.
- Podrázský, V., Remeš, J., 2007: Fertilization effect on the grand fir plantations. *Scientia agriculturae bohemica*, **38**(4): 198–201.
- Podrázský, V., Ulbrichová, I., Kuneš, I., Folk, P., 2004: Vliv olše zelené na stav lesních půd ve vyšších nadmořských výškách. *Zprávy lesnického výzkumu*, **49**(1–4): 29–31.
- Skaloš, J., Engstová, B., Trpáková, I., Šantrůčková, M., Podrázský, V., 2012: Long-term changes in forest cover 1780–2007 in central Bohemia, Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, **131**(3): 871–884.
- Svobodová, M., Šantrůček, J., 1998: Vliv alginátového preparátu S-90 na vzcházení vybraných druhů trav. *Rostlinná výroba*, **48**(11): 525–528.
- Šantrůček, J., Svobodová, M., 1995: Vliv aplikace alginátových preparátů (Micro-Mist a S-90) na vzcházení a počáteční vývin vojtěšky seté. In: *Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference „Zemědělství v marginálních podmínkách“*. České Budějovice: 221–230.

- Vacek, S., Podrázský, V., 1994: Decline of pine forests in the Protected Area Broumovsko and their nutrition status. In: Matějka K. (ed.): *Investigation of the Forest Ecosystems and of Forest Damage. Lowland and Submountain Forests and Monitoring of the Forest Status*. Kostelec nad Černými lesy, 5. – 7. 4. 1993. Praha, Forestry and Game Management Research Institute: 176–183.
- Vacek, S., Hejman, M., Semelová, V., Remeš, J., Podrázský, V., 2009: Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, **128**: 367–375.
- Vacek, S., Hejmanová, P., Hejman, M., 2012: Vegetative reproduction of *Picea abies* by artificial layering at the ecotone of the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mountains, Czech Republic. *Forest Ecology and Management*, **263**: 199–207.
- www.bioalgeen.cz

VÝSKUM APLIKÁCIE DREVNÉHO POPOLA V RÁMCI DEMONŠTRAČNÉHO OBJEKTU HUSÁRIK

Research of wood ash application in demonstration object Husárik

Anna Túčeková

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: tucekova@nlcsk.org

Abstract

The aim of this contribution is to present establishment of research activities on homogenous spruce stands reconstruction in Husárik demonstration object on Kysuce region and in this context to indicate possibilities for wood ash application, especially in case of artificial afforestation on high area calamity clear-cuts. Attention is focused on practical application and wood ash influence evaluation in the first three years after the planting in particular D experiment.

Keywords: demonstration object, planting, wood ash application

Abstrakt

Cieľom príspevku je prierezovo predstaviť založenie výskumu rekonštrukcie smrečín v rámci demonštračného objektu Husárik na Kysuciach a v ich kontexte naznačiť možnosti využitia drevného popola pri ich rekonštrukciách, predovšetkým v umelej obnove lesa na kalamitných holinách. V príspevku sa venuje pozornosť praktickej aplikácii a hodnoteniu efektu drevného popola v prvých troch rokoch po výsadbe v rámci experimentu D.

Kľúčové slová: demonštračný objekt, sadba, aplikácia drevného popola

Úvod a problematika

Výsledkom viacročného výskumného snaženia na Kysuciach bolo vytýpanie a založenie demonštračného objektu Husárik (DO Husárik) na území patriacom Odštepnému závodu (OZ) Čadca. DO Husárik – demonštračný objekt „Preneny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy“, bol založený v r. 2010–2012 priamo v oblasti odumierajúcich smrečín a jeho hlavným účelom je poukázať na realizáciu všetkých činností spojených s rekonštrukciou lesných porastov od používania sadbového materiálu rôzneho genetického pôvodu, autochtónnych či alochtónnych druhov drevín, prirodzenej, umelej a kombinovanej obnovy s využitím tradičných aj netradičných zalesňovacích postupov, cez výchovné opatrenia v starších porastoch rôznej rastovej fázy až po ekonomické zhodnotenie efektívnosti vynaložených opatrení (Šebeň et al. 2011).

V rámci umelej obnovy na DO Husárik bol založený aj experiment D, za účelom testu prípravkov pre úpravu pôdnych vlastností. Prípravky na úpravu pôdneho prostredia (pôdne aditíva – prírodné alebo syntetické) majú nielen upraviť vlastnosti pôdneho prostredia

ale zároveň aj podporiť ujatost, vitalitu a odrastanie výsadiieb v prvých rokoch po založení kultúr (Tučková 2012).

Cieľom experimentu D je porovnať vybrané na trhu dostupné prípravky, ktoré majú potenciál zlepšiť vlastnosti imisne a smrekovým opadom zakyslených (degradovaných) kambizemí Beskyd. Z hľadiska využiteľnosti pôdných aditív, ako sú hnojivá, mikrobiologické a mykorhízne prípravky je účelom úprava pôdneho prostredia (zníženie kyslosti), udržanie vlhky a dodanie absentujúcich živín (v našich podmienkach predovšetkým horčíka, vápnika). Preukazuje sa, že okrem zvyšovania prírastku lesných porastov možno pomocou meliorácií, hnojenia a vápnenia dosiahnuť kratší časový interval potrebný na ich zabezpečenie.

Jedným z použitých aditív je drevný popol – alkalický, vápenato-draselný materiál, ktorý vzniká ako silne zásaditý odpad po energetickom využití dendromasy. V súčasnosti je klasifikovaný ako odpad a je skládkovaný na skládkach odpadu. Tendencie využitia popola lesnej biomasy ako vápenato-draselného hnojiva u nás aj v zahraničí sú rôzne. Priama aplikácia je často v zahraničí považovaná ako jeden z najrozumnejších spôsobov likvidácie, ktorý je výhodný z hľadiska celospoločenského, aj z hľadiska poľnohospodárskeho.

Výskum vlastností drevného popola sa na Slovensku realizuje v Lesníckom výskumnom ústave už od roku 2000 (Tóthová 2007). Využiteľnosť drevného popola však u nás doposiaľ nebola osobitne skúmaná a prakticky overovaná. Ide pritom o perspektívny materiál, a to z hľadiska:

- A. ekonomického – keďže ide o bočný produkt, t. j. odpad pri procese spaľovania drevnej biomasy, je vysoký predpoklad jeho dobrej dostupnosti a cenovej konkurencie-schopnosti v porovnaní s inými aditívami,
- A. ekologického – aplikácia drevného popola do lesného ekosystému predstavuje návrat minerálnych živín vyvezených z ekosystému v biomase dreva a kôry stromov.

Zhoršovanie produkčných vlastností pôd pod smrekovými monokultúrami je exaktne doložené. Smrekový opad má tendenciu hromadiť sa, čo spomaľuje návrat živín do pôdy. Na holinách po ťažbe nahromadený humus rýchlo mineralizuje a časť v opade viazaných živín je rýchlo nenávratne vyplavovaná z pôdneho profilu. Pri aplikácii drevného popola na kalamitných holinách je možné očakávať jeho priaznivé účinky pri:

- A. doplnení minerálnych živín,
- A. zlepšení fyzikálnych vlastností pôd (po zapracovaní pri výsadbe),
- A. dočasnom potlačení buriny (po namulčovaní pri výsadbe).

Popol, s výnimkou dusíka, ktorý pri horení uniká do ovzdušia, obsahuje množstvo makroživín a mikroživín pôvodne prítomných v spaľovanej dendromase a dôležitých pre výživu a optimálny rast rastlín. Výsledky výskumu naznačujú, že pokiaľ je drevný popol z čistej dendromasy, nekontaminovaný a stabilizovaný, môže byť využitý na kompenzáciu živín a elimináciu acidifikácie bez ďalších negatívnych účinkov na prostredie.

Materiál a metódika

Lokalita demonštračného objektu sa zvolila na základe predbežnej GIS analýzy, analýzy kozmických snímok s vysokým rozlíšením, terénnej pochôdzky (Šebeň et al. 2011) na území Odštepného závodu (OZ) Čadca, Lesný hospodársky celok (LHC) Čadca. Výskumno-demonštračný objekt (VDO) má celkovú výmeru 79,3 ha. Je tvorený dvoma samostatnými lokalitami: DO Husárik (na rozhraní 4. a 5. lesného vegetačného stupňa s preva-

hou živných stanovišť) a Polom (na rozhraní 5. a 6. vegetačného stupňa s prevahou kyslých stanovišť). Územie VDO je na oboch lokalitách rozčlenené na tri časti: demonštračnú, kontrolnú a výskumnú.

V rámci DO Husárik sú realizované experimenty s označením písmen veľkej abecedy:

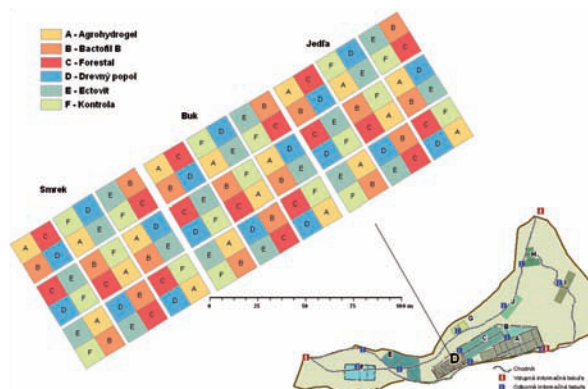
- A. provenienčné pokusy drevín smrek, jedľa, smrekovec, buk, dub, duglaska
- B. pokusné výsadby vegetatívne množného smreka a šľachtenej jedle
- C. porovnanie alternatív umelej obnovy (sejba, voľnokorenné a krytokorenné sadenice)
- D. test 5 pôdnych aditív (vrátane drevného popola) (obr. 1)**
- E. test ochranných opatrení proti zveri a burine pri neceloplošnej a kombinovanej obnove
- F. pokusné výsadby rýchlorastúcich drevín (šľachtenej osiky a brezy)
- G. experiment s neceloplošnými podsadbami
- H. pokusné a demonštračné výchovné plochy v nárastoch
- I. pokusné a demonštračné výchovné plochy v mladinách
- J. pokusné a demonštračné výchovné plochy v žrdkovinách

V experimente D sa v rámci problematiky umelej obnovy overujú vlastnosti viacerých aditív vrátane účinku drevného popola na úpravu pôdnych vlastností. Umelá výsadba troch hlavných drevín (SM, JD, BK) je ošetrená 5-timi rôznymi aditívami:

- hydroabsorbent – Agrohydrogel (A),
- mikrobiologický pôdny kondicionér – Bactofil B (B),
- vývojové hnojivo – Forestal (C),
- **prírodný produkt – Drevný popol (D),**
- organo-minerálne hnojivo – Ectovit (E),
- neošetrený variant – Kontrola (F).

Pri výbere sadbového materiálu sa dodržali genetické, morfológické aj fyziologické hľadiská kvality sadeníc a pri samotnej výsadbe technologická disciplína. Výsadba sa uskutočnila klasickou jamkovou sadbou s pridaním jednotlivých aditív priamo do jamky (s výnimkou drevného popola, ktorý sa aplikoval v približne 1 cm vrstve na pôdny povrch). Plochy sa založili v znáhodnených blokoch, s opakovaniami (metóda latinských štvorcov). Jednotlivé dreviny sa vysadili v pravidelne (štvorce s výmerou variantu 12×12 m rovnaké pre všetky dreviny) v sponoch:

SM (2×2 m) – 36 ks/variant, JD ($1,5 \times 1,5$ m) – 64 ks/variant, BK ($1,2 \times 1,2$ m) – 100 ks/variant.



Obr. 1: Detailné umiestnenie výsadiel smreka, buka a jedle s aditívami (experiment D) <http://dors.nlc.sk/>

Fig. 1: Detail location of plantations of spruce, beech and fir with additives (experiment D)

Vzhľadom na pedologické pomery, vek holiny a stupeň zaburinenia plôch sa na výsadbu použili škôlkované voľnokorenné sadenice s výškou: SM (2 + 1) 26 – 50 cm, JD (2 + 2) 26 – 50 cm a neškôlkované sadenice BK (2 + 0) s výškou do 30 cm.

V tomto príspevku sa venujem podrobnejšie praktickej aplikácii a hodnoteniu efektu drevného popola na výsadbách smreka, buka a jedle v rámci experimentu D.

Drewný popol pochádzal z komunálnej kotolne v Krásne nad Kysucou, kde sa z neho preosiatím odstránili hrudy a do vriec sa navážilo potrebné množstvo pre každú drevinu. Po vytýčení pokusných plôch a ich zafixovaní v teréne sme v experimente D aplikovali ku každej sadenici ručne, na každú plošku s rozmerom 40 × 40 cm 0,048 kg stabilizovaného (odstátého) drevného popola (3 t.ha⁻¹). Podľa počtu sadeníc na šiestich blokoch (pre každú drevinu) bolo potrebné pri uvažovaných 50 %-ných stratách počas skladovania a stabilizácie popola nasledovné množstvo:

- SM: 36 ks/6 × blok – 15 kg suchého popola,
- JD: 64 ks/6 × blok – 30 kg suchého popola,
- BK: 100 ks/6 × blok – 45 kg suchého popola.

V prvom roku po výsadbe a povrchovej plôškovej aplikácii popola sa vyhodnotila ujaatosť, rastové parametre nadzemnej časti (výška kmienka, hrúbka kmienka tesne nad povrchom terénu – koreňový krčok), zdravotný stav všetkých vysadených jedincov a príp. ich poškodenie. V nasledujúcich rokoch sa hodnotilo prežívanie (straty) a taktiež rastové parametre nadzemnej časti. Biometrické údaje boli spracované jednofaktorovou analýzou rozptylu a významnosť rozdielov hodnotených parametrov bola posúdená Duncanovým testom ($P < 0.05$) (PC program QC.Expert). Po 1. a 3. vegetačnom období sa odobrali vzorky pôdy a asimilačných orgánov na živinové analýzy, ktoré sa v súčasnosti v chemických laboratóriách analyzujú (v príspevku neuvedené).

Výsledky a diskusia

Pri voľbe aplikovaného drevného popola bolo preto nutné na kalamitnej holine vychádzať zo stavu živín v pôde. Pôdy v oblasti rozpadajúcich sa kysuckých smrekových monokultúr dlhodobo preukazujú nevyváženosť hlavných živín (Mg, P, Ca) a z dôvodu nízkej pH hodnoty (pH_{H₂O} 4,1 – 4,2) (tab. 1) aj absenciu dôležitých pôdných mikroorganizmov (napr. baktérií) (Tučeková et al. 2008; Tučeková et al. 2009; Tučeková, Longauerová 2008). Nedostatočne živinovo zásobené výsadby majú zvýšenú transpiráciu a tým aj spotrebu vody. Podrobné výsledky laboratórnych pedologických analýz opakovane potvrdili pred aplikáciou prípravkov acidifikáciu pôd nízke zásoby báz a výrazne nižšie hodnoty pH než zodpovedajú typologickým a pedologickým jednotkám.

Tabuľka 1: Pedologické analýzy pôd v lokalite DO Husárik

Table 1: Soil analyses in site of DO Husarík

Lokalita ¹	Hĺbka odberu ² [cm]	DM hm. % navážky ³	pH _{H₂O} ⁴	C _{ox} ⁵	N _t ⁶	S _t ⁷	P _M ⁸	K _M ⁹	Ca _M ¹⁰	Mg _M ¹¹
				hm. % sušiny ¹²					[mg.kg ⁻¹]	
DO	0 – 5	95,48	4,10	5,25	2,47	0,353	27,4	223	580	80,7
Husárik	10 – 25	95,67	4,15	0,255	0,036	0,029	2,65	13,1	350	6,64

¹Locality, ²Depth of sampling, ³DM weight %, ⁴pH_{H₂O} – active reaction, ⁵C_{ox} – wholestotal oxide organic carbon, ⁶N_t – wholestotal nitrogen, ⁷S_t – wholestotal sulfur, ⁸P_M – phosphorus, ⁹K_M – potassium, ¹⁰Ca_M – calcium, ¹¹Mg_M – magnesium, ¹²Weight% dry matter

Po výsadbe všetkých troch drevín sa nepreukázal na ujatosti významný pozitívny efekt aplikácie dreveného popola ani pri jednej drevine. Nižšie priemerné percento ujatosti mali sadenice smreka a buka (asi 84 %). Smrekové výsadby boli navyše významne poškodené *Hylobium abietis* (asi 21 %) a bukové výsadby pri nedostatku vlahy mali okrem vyšších strát aj asi 14–25 % suchých terminálnych vrcholov v dôsledku šoku po výsadbe (tab. 2). Najnižšie percento poškodenia zasušením terminálov sme zaznamenali na jedľových výsadbách (3–9 %), ktorých koreňový systém bol pri výsadbe veľmi priaznivo prekorenovaný vlásočnicovými koreňmi. V priebehu 1. vegetačnej periódy sme zaznamenali výkyvy v zrážkach, pričom vlhový stres počas prvých 2 mesiacov po výsadbe bol pravdepodobnou príčinou vyšších strát a zasušených terminálov najmä buka. Poškodenie zverou počas vegetačného obdobia sme nezaznamenali, pretože výsadby v experimente D boli chránené pletivovým oplôtom.

Časť nižšieho bylinného krytu vyžatého na výšku sadeníc pozitívne vplývala na prežívanie, vitalitu a zdravotný stav najmä jedle. Po 3. roku bolo poškodených najmenej jedincov buka (10 % – deformácie a zlomy kmeňka po zime), 26 % smrekov trpelo najmä depigmentáciou ihlič a mechanickým vyžíňaním bola poškodzovaná pri vyžíňaní jedľa (17 %).

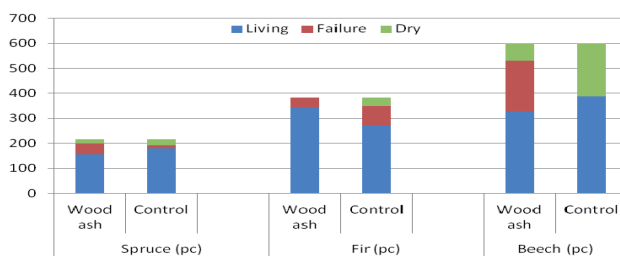
Tabuľka 2: Ujatosť a poškodenie výsadiieb smreka, buka a jedle po 1. vegetačnom období

Table 2: Survival and damage of outplantings spruce, beech and fir after the 1st vegetation terms

Variant ¹	Smrek obyčajný (<i>Picea abies</i> L.)		Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i> L.)		Jedľa biela (<i>Abies alba</i> Mill.)	
	Ujatosť ²	Poškodenie – <i>Hylobius ab.</i> ³ [%]	Ujatosť ²	Poškodenie – suchý terminál ⁴ [%]	Ujatosť ²	Poškodenie – suchý terminál ⁴ [%]
Drevný popol ⁵	84,0	8,0	84,2	14,4	93,5	3,2
Kontrola ⁶	90,4	20,0	85,0	24,8	91,9	8,8

¹Variant, ²Survival, ³Damaged – *Hylobius abietis*, ⁴Damaged – dry terminal, ⁵Wood ash, ⁶Control

Prežívanie a straty na výsadbách po 3. vegetačnom období (r. 2013) je znázornený na obrázku 2. Po 3. vegetačnom období sa straty na jednotlivých drevinách zvýšili (smrek: o 7 % – kontrola a o 12 % – drevný popol; jedľa: o 22 % – kontrola a 4 % – drevný popol; buk o 40 % – kontrola a 29 % – drevný popol). Prežívanie výsadiieb buka po 3. roku bolo len 45–55 %, smreka 72–83 % a jedle 70–90 %. Vyššie straty sme zaznamenali vo variantoch kontroly pri buku a jedli naopak u smreka sme zistili vyššie straty vo variante s aplikáciou dreveného popola.



Obr. 2: Prežívanie a straty výsadiieb smreka, jedle a buka po 3. vegetačnom období

Fig. 2: Surviving and losses of outplantings of spruce, fir and beech after the 3rd vegetation terms

Tóthová (2007) vo svojej dizertačnej práci zistila na kalamitnej ploche v Nálepke na ploche kontroly priemerne prežívanie na úrovni 72,7 % z celkového počtu vysadených bukov. Ďalej zistila prežívanie buka po štvrtom vegetačnom období na kontrolnej ploche 24 %, na ploche s celoplošnou aplikáciou popola silnejšej dávky 25 % a na plochách s cieľovou aplikáciou popola k sadeniciam 48 – 52 %.

Na rastových parametroch nadzemnej časti výsadiieb s aplikáciou drevného popola sa v 1. až 3. vegetačnom období potvrdil len slabý pozitívny alebo žiadny efekt. Potvrdzujú to aj štatisticky nevýznamné rozdiely ($\alpha = 0,05$) medzi priemernými hodnotami výšok a hrúbok v koreňovom krčku smreka a jedle (tab. 3). Štatisticky významný rozdiel medzi variantmi drevný popol a kontrola sa preukazuje len vo výške buka po 3. roku. Aj Tóthová (2007) uvádza vo svojej práci pozitívny efekt na rastové parametre prežívajúcich bukových výsadiieb, ktoré boli prihnojené nie priamo pri výsadbe (ako naše), ale v nasledujúcich rokoch po ujatí. Výsledky v jej dizertačnej práci preukázali, že bukové výsadby v Nálepke (Spiš) boli po aplikácii drevného popola vyššie o 11 % a hrubšie o 23 %, ako na kontrolnej ploche. Naše ošetrené výsadby buka po 3. roku po aplikácii drevného popola o 10 % vyššie a o 11 % hrubšie ako vo variante kontroly. U smrekových a jedľových výsadiieb sme takéto rozdiely nepozorovali (rozdiely približne 1 %-né).

Drevný popol ako alternatívne pôdne aditívum bol na Slovensku osobitne skúmaný, prakticky overovaný a prezentovaný len niektorými autormi (Tóthová 2007; Otepka, Tóthová 2011; Radocha et al. 2011). V našich podmienkach sa experimentovalo v minulosti s aplikáciou drevného popola len v lokalitách po rozpade smrekových monokultúr v oblasti Kysúc a Spiša (Tóthová 2007). Preukazovali sa, ako bolo už uvedené pozitívne výsledky po aplikácii na ujatých výsadbách buka. Nám sa však ani po 3. roku na výsadbách smreka a jedle pozitívny efekt zatiaľ významnejšie nepreukazuje (s výnimkou výšky buka po 3. roku). Aplikácia drevného popola, ktorá bola realizovaná pri výsadbe povrchovo okolo koreňového krčka sadenice (priemer 35 – 40 cm), preukázala že jeho premývanie do koreňových pôdnych vrstiev bolo pri nedostatku zrážok minimálne alebo skoro žiadne.

Tabuľka 3: Priemerné rastové parametre (so štatistickou významnosťou) nadzemnej časti výsadiieb smreka, buka a jedle s aplikáciou drevného popola po 1. až 3. vegetačnom období

Table 3: Average biometric evaluation (with statistical significant differences) of above ground part of outplantings of spruce, beech and fir with the application Wood ash after the 1st–3th vegetation period

Variant ¹	Hrúbka koreň. krčka ² [mm]				Výška stonky ³ [cm]			
	v čase výsadby ⁴	po 1. vegetačnom období ⁵	po 2. vegetačnom období ⁶	po 3. vegetačnom období ⁷	v čase výsadby ⁴	po 1. vegetačnom období ⁵	po 2. vegetačnom období ⁶	po 3. vegetačnom období ⁷
Smrek obyčajný (<i>Picea abies</i> L.)								
Drevený popol ⁸	6,25 ± 1,2 ^a	7,30 ± 1,5 ^a	10,39 ± 2,8 ^a	13,70 ± 3,1 ^a	40,11 ± 5,8 ^a	42,66 ± 5,8 ^a	48,86 ± 7,5 ^a	72,49 ± 15,3 ^a
Kontrola ⁹	5,92 ± 1,1 ^a	7,03 ± 1,2 ^a	10,35 ± 2,3 ^a	14,84 ± 3,4 ^a	36,94 ± 5,6 ^a	42,23 ± 6,4 ^a	49,21 ± 8,6 ^a	73,17 ± 15,3 ^a
Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i> L.)								
Drevený popol ⁸	4,06 ± 1,6 ^a	5,17 ± 1,6 ^a	6,49 ± 2,2 ^a	8,26 ± 2,2 ^a	27,45 ± 6,4 ^a	28,17 ± 7,1 ^a	33,87 ± 12,2 ^a	55,03 ± 19,5 ^a
Kontrola ⁹	3,94 ± 1,0 ^a	5,52 ± 1,4 ^a	6,72 ± 2,0 ^a	9,32 ± 2,8 ^a	25,53 ± 5,6 ^a	26,78 ± 6,7 ^a	31,10 ± 12,8 ^a	49,58 ± 19,8 ^b
Jedľa biela (<i>Abies alba</i> Mill.)								
Drevený popol ⁸	7,13 ± 1,7 ^a	8,45 ± 2,0 ^a	11,32 ± 2,8 ^a	13,55 ± 3,3 ^a	29,32 ± 6,0 ^a	31,12 ± 5,9 ^a	37,33 ± 6,8 ^a	50,83 ± 12,8 ^a
Kontrola ⁹	7,65 ± 1,6 ^a	9,02 ± 2,1 ^a	11,00 ± 2,7 ^a	12,68 ± 2,8 ^a	28,57 ± 6,3 ^a	30,93 ± 6,6 ^a	35,31 ± 7,7 ^a	49,83 ± 12,4 ^a

¹Variant, ²Root collar diameter, ³Stem height, ⁴At the time of planting, ⁵After the first growing season, ⁶After the too growing season, ⁷After the tree growing season, ⁸Wood ash, ⁹Control

Poznámka – Note: rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na $p < 0,05$ ($n = 50$) – values signed with the same letter are not significantly different ($p = 0.05$) ($n = 50$)

Na Slovensku lesnícky manažment a lesnícka prax nevenovali doposiaľ dostatočnú pozornosť otázkam spojeným s výživou porastov, jej úprave a chemickej meliorácii stanovišť, pričom v súčasnosti sú možnosti aplikácie hnojivých materiálov v lesnom hospodárstve značne široké. Výskum preukázal, že okrem zvyšovania prírastku lesných porastov možno pomocou hnojenia a vápnenia dosiahnuť nielen vyššie percento ujímavosti a adaptačného procesu sadeníc v prvých rokoch po výsadbe, ale i eliminovať celý rad negatívnych antropických vplyvov na lesné porasty a kultúry (Materna 1963, 2001). V krajinách ako napr. Veľká Británia na stanovištiach s výrazným deficitom fosforu alebo na stanovištiach s blokováním mineralizácie organickej hmoty a s deficitom prístupného dusíka, ako uvádza Taylor (1991) je hnojenie nutnou súčasťou pestovania lesa. Autori Sverdrup a Stjernquist (2002, ex Jakuš et al. 2006) navrhujú intenzívne vápnenie, hnojenie minerálnymi hnojivami a drevným popolom ako opatrenie na zabezpečenie trvalého výnosu pri pestovaní smrekových monokultúr v podmienkach Švédska. Recykláciou popola z lesnej biomasy formou hnojenia lesných pôd by sa uzatvoril kolobeh látok a energie. Dlhodobé skúsenosti s aplikáciou drevného popola ako hnojiva v lesných ekosystémoch majú škandinávске štáty (Holmberg, Claesson 1994; Levula et al. 2000; Saarsalmi et al. 2001), Nemecko (Rumpf et al. 2001), ale najmä Švédsko (Samuelsson 2002).

Záver

Na DO Husárik, v experimente D sa pri hodnotení prežívania, poškodenia a rastovej odozvy výsadiieb smreka obyčajného, jedle bielej a buka lesného hnojených drevným popolom nepreukázal v prvých troch rokoch po výsadbe významný vplyv (s výnimkou u výšky buka). Napriek tomu, že sa nepreukazuje doteraz významný pozitívny efekt jednorázovo povrchovo aplikovaného popola, v ďalšom období plánujeme ešte zhodnotiť nielen chemické rozbery pôdneho koreňového priestoru a asimilačných orgánov po aplikácii drevného popola, ale aj stav a vývoj koreňového systému výsadiieb.

Ročná produkcia drevného popola vo Švédsku je asi 300 000 ton, vo Fínsku asi 150 000 ton, z čoho je približne 10 % recyklovaného. V týchto štátoch je zaobchádzanie s drevným popolom legislatívne ošetrované. U nás je zatiaľ drevný popol využívaný minimálne, a to kvôli jeho nízkej produkcii, rozptýlenosti zdrojov, všeobecne nízkej úrovni vedomostí verejnosti o jeho možnom využití a v neposlednom rade aj kvôli platnej legislatíve. Súčasné nakladanie s popolom sa tak prevažne obmedzuje len na skladovanie. Oblasť využívania drevného popola ako hnojiva na Slovensku je limitovaná na výskumnú aplikáciu drevného popola iba v lesnom hospodárstve.

Podakovanie

Príspevok vznikol na základe podpory APVV-0889-11 a APVV-0628-07.

Literatúra

- Jakuš, R. et. al., 2006: Analýza príčin a návrh opatrení proti hromadnému odumieraniu smrečín v pohraničných oblastiach severného Slovenska. (Záverečná správa z riešenia projektu APVT-51-019302). Zvolen, ÚEL SAV, 166 p.
- Holmberg, S., Claesson, T., 1994: Production of fertiliser from wood ash. Ecological technology and management, University of Kalmar, 255 p.

- Levula, T., Saarsalmi, A., Rantavaara, A., 2000: Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and ¹³⁷Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management*, **126**: 269–279.
- Materna, J., 1963: Výživa a hnojení lesních porostů. Praha, SZN, 227 p.
- Materna, J., 2001: Vápnení – pohled do minulosti. *Lesnická práce*, **80**(11): 448–450.
- Otepka, P., Tóthová, S., 2011: Vlastnosti drevného popola a možnosti jeho využitia pri pestovaní energetických rastlín. Bratislava, Agentúra na podporu výskumu a vývoja: 31 ISBN 978-80-970971-0-3.
- Radocha, M., Slamka, M., Oravec, M., 2011: Prieskum možností aplikácie drevného popola v lesoch Slovenska. In: *Drevný popol zo spaľovania biomasy*. Intech Slovakia, s. 51–60.
- Rumpf, S., Ludwig, B., Mindruo, M., 2001: Effect of wood ash soil chemistry of a pine stand in Northern Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **164**(5): 569–575.
- Saarsalmi, A., Malkonen, E., Piirainen, S., 2001: Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. *Silva Fennica*, **35**(3): 355–368.
- Samuelsson, H., 2002: Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilizing. National Board of forestry, Sweden, Meddelande, **3**: 20.
- Šebeň, V., Kulla, L., Foffová, E., Kamenský, M., Longauer, R., Pôbiš, I., Strmeň, S., Štefančík, I., Tučeková, A., 2011: Realizačný projekt demonštračného objektu Husárik. Zvolen, NLC-LVÚ, 25 p.
- Taylor, C. M. A., 1991: Forest fertilisation in Britain. London, Forestry Commission Bulletin, **95**: 46.
- Tóthová, S., 2007: Aplikácia drevného popola do pôdy a jeho vplyv na chemizmus pôdy a výživu drevín. (Doktorandská dizertačná práca). Zvolen, LF TU, 113 p.
- Tučeková, A., Longauerová, V., 2008: Vplyv ekologických a mikrobiologických prípravkov na zdravotný stav a rast drevín v juvenilnom štádiu v oblasti kalamitných holín Kysúc. In: *Pěstování lesů na počátku 21. století: Sborník recenzovaných příspěvků z konference*, Kostelec nad Černými lesy, 9. – 10. 9. 2008. Praha, ČZU, ISBN 978-80-213-1805-2, nestr.
- Tučeková, A., Halák, A., Slamka, M., 2008: Hydrogely v umelej obnove lesa. *Lesnícky časopis-Forestry Journal*, **54**(4): 347–370.
- Tučeková, A., Halák, A., Slamka, M., 2009: Overovanie náročnejších technológií zalesňovania ťažko-zalesniteľných a kalamitných holín. NLC-LVÚ Zvolen. (Výskumná štúdia). Zvolen, NLC-LVÚ, 50 p.
- Tučeková, A., 2012: Demonštračný objekt Rekonštrukcie smrečín na Kysuciach. In: *Zborník referátov z medzinárodného seminára „Aktuálne problémy lesného semenárstva, škôlkarstva a umelej obnovy lesa 2012“*, konaného 18. októbra 2012 vo Zvolene, s. 101–111.
- Dostupné na internete: <<http://dors.nlcsk.sk/>>

NÁVRH MODELU DIFERENCOVANEJ ŠTRUKTÚRY VYSOKOHORSKÉHO LESA PRE CENTRÁLNU ČASŤ NÍZKYCH TATIER

Model proposal of differentiated structure of high-elevation forest for central part
of the Low Tatra Mts.

**Stanislav Kuchel • Jaroslav Vencurik • Peter Jaloviar
• Jozef Bajdich**

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: kuchel@tuzvo.sk; vencurik@tuzvo.sk; jaloviar@tuzvo.sk; xbajdich@is.tuzvo.sk

Abstract

Goal of this study was the proposal and parametrization of the model of optimal structure for high-elevation Norway spruce forests in central part of the Low Tatra Mts. In investigated stand, the series of three sample plots was established. In the plots, we registered dendrometric characteristics of forest stand (vital, standing dead and lying stems) and natural regeneration. The observed stand showed the typical homogeneous, mono-layered structure with the stem density 567 pcs.ha⁻¹, basal area 62.7 m².ha⁻¹ and growing stock 554 m³.ha⁻¹. Based on the structure model, the upper tree layer should account for 65% of stand area, middle layer 16%, lower layer 10% and natural regeneration 9%. Considering these proportions, the model stem density should reach 720 pcs.ha⁻¹, model basal area 39 m².ha⁻¹ and model growing stock 340 m³.ha⁻¹.

Keywords: high-elevation forest, structure model, Norway spruce

Abstrakt

Cieľom práce bol návrh a parametrizácia modelu optimálnej štruktúry pre vysokohorské smrekové lesy centrálnej časti Nízkych Tatier. V skúmanom poraste bola založená séria troch výskumných plôch, na ktorých boli získané dendrometrické charakteristiky porastu (živé, odumreté stojace a ležiace jedince) a prirodzenej obnovy. Sledovaný porast vykazoval znaky typickej homogénnej, jednovrstvovej štruktúry s početnosťou jedincov 567 ks.ha⁻¹, kruhovou základňou 62,7 m².ha⁻¹ a zásobou porastu 554 m³.ha⁻¹. Na základe modelu štruktúry by mala horná vrstva tvoriť 65 % plochy porastu, stredná vrstva 16 %, dolná vrstva 10 % a prirodzená obnova 9 %. Pri takomto zastúpení by modelový počet jedincov dosahoval hodnotu 720 ks.ha⁻¹, modelová kruhová základňa 39 m².ha⁻¹ a modelová zásoba porastu 340 m³.ha⁻¹.

Kľúčové slová: vysokohorský les, model štruktúry, smrek

Úvod a problematika

Predstava optimálnej štruktúry vysokohorského lesa vychádza predovšetkým z jeho očakávanej ochrannej funkcie. Aby bol les v týchto polohách schopný neustáleho ochranného pôsobenia, mal by sa vyznačovať trvalou prítomnosťou jedincov na stanovišti, stabilitou a odolnosťou jednotlivých stromov i celého porastu a postupnou prirodzenou obnovou

zabezpečujúcou neustálu výmenu generácií. Týmto požiadavkám v najväčšej miere zodpovedá stabilný, prirodzene sa obnovujúci, vekove, hrúbkovo a výškovo diferencovaný les.

Časovo neobmedzená trvalosť štruktúr a neustále plynulá prirodzená obnova sú vlastnosťami, ktoré charakterizujú výberkový les. Z tohto dôvodu považuje za ideálny vzor smrekového lesa vo vysokohorských polohách väčšina autorov (Trepp 1981; Bischoff 1987; Ott 1988; Frehner 1989; Ott et al. 1997) skupinove výberkový les – „Gebirgspflenterwald“ (tzv. horský výberkový les). Špecifické prírodné podmienky vo vysokohorských lesoch zvyčajne neumožňujú vytvorenie typickej jednotlivo výbernej štruktúry, kde sú na minimálnej ploche zastúpené všetky rastové fázy (usporiadanie jedincov rôznych rastových fáz „nad sebou“). Zastúpenie všetkých rastových fáz v poraste je ale možné zabezpečiť ich plošným oddelením (usporiadanie jedincov rôznych rastových fáz „vedľa seba“), t. j. skupinove výbernou štruktúrou.

Cieľom tejto práce bolo (i) popísať aktuálnu štruktúru vybraného vysokohorského porastu a (ii) na základe získaných dendrometrických charakteristík kvantifikovať základné parametre optimálnej diferencovanej štruktúry pre vysokohorské smrekové porasty centrálnej časti Nízkych Tatier.

Materiál a metódika

Výskumným objektom bol smrekový vysokohorský les v centrálnej časti Nízkych Tatier na východnom svahu vrcholu Bôry (1888 m n. m.). Materskou horninou sú druhohorné vápence obalovej série kryštallického jadra Nízkych Tatier, na ktorých sa vytvorili predovšetkým kyslé kambizeme, rendziny a rankre s výrazným zastúpením skeletu. Klimaticky je skúmaná oblasť zaradená do chladného až studeného horského typu s ročným úhrnom zrážok presahujúcim 1 200 mm.

Skúmaný dielec 298a (LC Demänová) leží na východnom svahu Bôry v nadmorskej výške 1 360 – 1 500 m n. m. Porast patrí medzi ochranné lesy subkategórie b s dominantnou protieróznou-vodohospodárskou funkciou. Jeho výmera je 8,62 ha, priemerný sklon 40 % a je zaradený k hospodárskemu súboru lesných typov 719 (vysokohorské smrečiny). Vek porastu je 150 rokov a zakmenenie 0,7. Porast je tvorený smrekom obvyčajným (*Picea abies* [L.] Karst.), s jednotlivou prímесou borovice horskej-kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) a jarabiny vtáče (*Sorbus aucuparia* L.). Stredná výška porastu je 21 m, stredná hrúbka 35 cm, objem stredného kmeňa 0,78 m³ a bonita 16.

V sledovanom poraste boli založené tri výskumné plochy s veľkosťou 30 × 30 m (0,09 ha). Na každej ploche boli evidované všetky živé jedince s hrúbkou $d_{1,3} \geq 1$ cm, odumreté stojace a ležiace jedince a jedince prirodzenej obnovy. Pre živé jedince sa zaznamenával nasledujúci súbor znakov: druh dreviny, hrúbka $d_{1,3}$, výška, výška nasadenia koruny a parametre priemeru koruny v dvoch na seba kolmých smeroch. Pre odumreté ležiace jedince sa evidovala hrúbka $d_{1/2}$, dĺžka a stupeň rozkladu podľa Korpela (1989). Evidencia prirodzenej obnovy sa vykonávala pre jednotlivé druhy drevín v kategóriách: jedince s výškou do 20 cm, 21 – 50 cm, 51 – 80 cm, 81 – 130 cm a jedince s výškou ≥ 131 cm a hrúbkou $d_{1,3} < 1$ cm.

Z každej plochy bolo navyše odobratých 20 vývrtov zo zdravých úrovňových jedincov smreka s hrúbkou $d_{1,3} \geq 25$ cm, ktoré boli spracované štandardnou metodikou (Stokes, Smiley 1996). Následne boli vzorky digitalizované pomocou skenera s vysokým rozlíšením (1 200 dpi). Digitalizované vývrty boli analyzované v prostredí programu WinDENDRO™

Reg2009b (Regent Instruments Inc.). Výstupom analýzy bol dátový súbor s údajmi o šírkach jednotlivých letokruhov s presnosťou na 0,001 mm.

Živé jedince boli zatriedené do výškových vrstiev odvodených na základe hornej výšky ($h_{10\%}$). Hornú vrstvu tvorili jedince s výškou nad $2/3$ hornej výšky, strednú vrstvu jedince s výškou od $1/3$ do $2/3$ hornej výšky a dolnú vrstvu jedince s výškou menšou ako $1/3$ hornej výšky. Objem jednotlivých stromov (m^3) bol vypočítaný podľa dvojparametrických (hrúbka, výška) rovníc publikovaných v práci Petráš, Pajtík (1991). Na základe zistených hodnôt dendrometrických veličín boli kvantifikované základné parametre štruktúry skúmaného porastu.

Hodnoty základných parametrov optimálnej štruktúry boli odvodené na základe modelu publikovaného v práci Kuchel (2011) nasledovne:

Na základe hodnoty hornej výšky boli určené hraničné výšky pre jednotlivé vrstvy. Pre odvodenie výškovkej krivky bola použitá funkcia podľa Michajlova (Šmelko 2000):

$$h = 1,3 + ae^{\frac{b}{d}} \quad [1]$$

kde h je výška jedinca a d hrúbka $d_{1,3}$.

Podľa závislosti medzi hrúbkou a výškou vyjadrenej regresnou rovnicou boli vypočítané hrúbky (d_{HV} , d_{SV} a d_{DV}) zodpovedajúce hraničným výškam (h_{HV} , h_{SV} a h_{DV}) jednotlivých vrstiev:

$$d = \frac{b}{\ln\left(\frac{h-1,3}{a}\right)} \quad [2]$$

Závislosť plochy korunovej projekcie od hrúbky stromu bola vyrovnaná regresnou priamkou, z ktorej boli pre hraničné hrúbky vrstiev určené hodnoty plôch korunových projekcií, ako aj ich priemerné hodnoty pre vrstvy:

$$P = a + bd \quad [3]$$

kde P je plocha korunovej projekcie a d hrúbka $d_{1,3}$.

Na základe priemernej plochy korunovej projekcie bola vypočítaná hodnota priemernej šírky koruny pre jednotlivé vrstvy:

$$P = \frac{1}{4} \pi b^2 \quad \text{z čoho} \quad b = \sqrt{\frac{4P}{\pi}} \quad [4]$$

kde P je plocha korunovej projekcie a b šírka koruny.

Priemerná rastová plocha stromu pre jednotlivé vrstvy sa určila na základe šírky koruny a predpokladaného pravidelného usporiadania stromov v trojuholníkovom sponse:

$$P_R = \frac{\sqrt{3}}{2} b^2 \quad [5]$$

kde P_R je rastová plocha stromu a b šírka koruny.

Z hodnoty priemernej rastovej plochy bol vypočítaný hektárový počet jedincov vo vrstve pri jej 100% zastúpení, ktorý bol redukovaný navrhovaným plošným podielom vrstvy:

$$N_{100\%} = \frac{10\ 000}{P_R} \quad [6]$$

$$N = r \cdot N_{100\%} \quad [7]$$

kde $N_{100\%}$ – hektárový počet jedincov vo vrstve pri jej 100 % zastúpení, P_R – rastová plocha stromu, N – modelový počet jedincov vo vrstve a r – plošný podiel vrstvy.

Na základe modelového počtu jedincov na hektár a stredných veličín za vrstvu boli vypočítané hodnoty kruhovej základne a zásoby pre jednotlivé vrstvy aj celý porast:

$$G = g \cdot N \quad [8]$$

$$V = v \cdot N \quad [9]$$

kde N – modelový počet jedincov vo vrstve, g , v – kruhová základňa, resp. objem stredného kmeňa vo vrstve a G , V – kruhová základňa, resp. zásoba celej vrstvy v poraste.

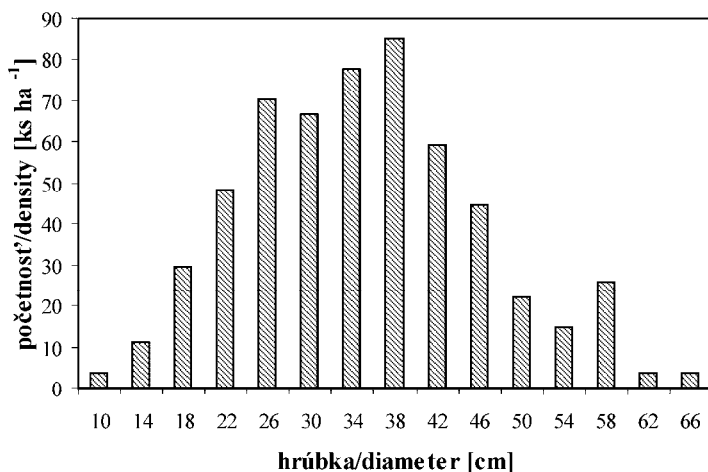
Modelová početnosť, kruhová základňa a zásoba pre celý porast boli dané súčtom ich hodnôt odvodených pre jednotlivé vrstvy.

Výsledky a diskusia

Aktuálna štruktúra porastu

Porast na sledovaných výskumných plochách bol tvorený výhradne jedincami smreka, jarabina sa vyskytovala len v kategórii prirodzenej obnovy. Početnosť jedincov dosahovala $567 \pm 11 \text{ ks.ha}^{-1}$, kruhová základňa $62,7 \pm 4,5 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ a zásoba porastu $554 \pm 42 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Hrúbková štruktúra mala typické unimodálne rozdelenie s dominanciou jedincov v hrúbkových stupňoch 34 a 38 cm (obr. 1). Porast vykazoval znaky výrazne homogénnej štruktúry, priemerná hrúbka sa pohybovala na úrovni $36 \pm 11 \text{ cm}$ a priemerná výška $20 \pm 3,6 \text{ m}$. Vertikálna štruktúra bola zreteľne jednovrstvová, pričom 90 % jedincov sa nachádzalo vo výškovom postavení hornej vrstvy. Jedince smreka mali pomerne vysokú individuálnu statickú stabilitu, čo potvrdzujú hodnoty podielu koruny z výšky stromu ($65 \pm 16 \%$) a štíhlostného koeficienta (59 ± 13).

Odumreté stojace jedince dosahovali početnosť $178 \pm 158 \text{ ks.ha}^{-1}$ a objem $43 \pm 34 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Ležiace odumreté drevo tvorilo 4 % zo živej zásoby porastu ($22 \pm 13 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$) a prevažná väčšina sa nachádzala v treťom stupni rozkladu. Prirodzená obnova bola tvorená smrekom (41 %) a jarabinou (59 %) a jej celková početnosť bola veľmi nízka ($1\ 077 \pm 245 \text{ ks.ha}^{-1}$). Prevažná väčšina obnovy (78 %) bola sústredená v prvých dvoch výškových kategóriách (do 50 cm).



Obr. 1: Hrúbková štruktúra skúmaného porastu

Fig. 1: Diameter structure of investigated stand

Návrh modelovej štruktúry porastu

Model optimálnej štruktúry bol odvodený na základe plošného podielu výškových vrstiev v poraste, ktorý bol kvantifikovaný prostredníctvom ich clonnej plochy (t. j. sumy korunových projekcií za vrstvu). Výpočet parametrov modelovej štruktúry vychádzal z idealizovanej predstavy porastu, ktorá bola charakterizovaná týmito predpokladmi: (i) v poraste je zastúpená len jedna drevina – smrek obyčajný, (ii) zápoj porastu je dokonalý, koruny susedných stromov sa neprekrývajú a (iii) rozdiely vo výškovom a hrúbkovom raste jedincov sú minimálne. Modelové zastúpenie vrstiev v poraste zohľadňovalo čas zotrvania jedincov v jednotlivých vrstvách a údaje potrebné pre zistenie času zotrvania stromov v jednotlivých vrstvách boli získané dendrochronologickou analýzou.

Na základe jej výsledkov bol priemerný vek, v ktorom jedinec dosiahne hrúbku zodpovedajúcu hranici dolnej vrstvy 30 rokov, strednej vrstvy 75 rokov a hornej vrstvy 260 rokov. Údaje o veku sa týkali vývrtov odoberaných z výšky 1,3 m, preto bolo potrebné k zistenému veku pripočítať ešte čas potrebný na dosiahnutie tejto výšky. Pretože vekové analýzy prirodzenej obnovy neboli k dispozícii, využili sme údaje publikované v štúdií Moravčíka et al. (2005). Podľa ich zistení sa táto hodnota vo vysokohorských smrečinách Slovenska pohybuje v priemere na úrovni 25 rokov. Rozdielom medzi hraničnými vekmi sa určil čas zotrvania jedincov v každej vrstve. Relatívne plošné zastúpenie vrstiev a prirodzenej obnovy bolo priamo úmerné zodpovedajúcemu času zotrvania vo vrstve. Podľa výsledkov vekovej analýzy by približne 2/3 plochy porastu mali zaberáť jedince hornej vrstvy. Stredná a dolná vrstva by sa mali nachádzať na 16 %, resp. 10 % plochy (tab. 1).

Horná výška v sledovanom poraste dosahovala 24 m a závislosť hrúbky a výšky mala tvar:

$$h = 1,3 + 29,992 \cdot e^{\frac{(-15,051)}{d}} \quad \text{z čoho} \quad d = \frac{-15,051}{\ln\left(\frac{h-1,3}{29,992}\right)} \quad [10]$$

Analýzou závislosti plochy korunovej projekcie od hrúbky stromu bol zistený jej lineárny priebeh, ktorý popisuje regresná rovnica:

$$P = 0,187 + 0,597d \quad [11]$$

Základné dendrometrické charakteristiky modelu štruktúry pre vysokohorský smrekový les centrálnaj časti Nízkych Tatier sú uvedené v tabuľke 2. Modelový počet jedincov dosahuje hodnotu 720 ks.ha⁻¹, približne 2/3 počtu tvoria stromy dolnej a strednej vrstvy a 1/3 stromy hornej vrstvy. Modelová kruhová základňa sa pohybuje na úrovni 39 m².ha⁻¹ a modelová zásoba porastu dosahuje 340 m³.ha⁻¹. Tieto hodnoty sú porovnateľné s hodnotami typickými pre ochranné, zmiešané smrekovo-jedľové lesy horského stupňa, ktoré sú obhospodarované stromovou formou výberkového hospodárskeho spôsobu (Saniga, Vencurik 2007).

Tabuľka 1: Veková charakteristika vrstiev v poraste

Table 1: Age characteristics of tree layers in stand

	Hraničný vek ¹	Vek zotrvania vo vrstve ²	Modelové plošné zastúpenie ³
	[rok]		[%]
Prirodzená obnova ⁴	25	25	8,8
Dolná vrstva ⁵	55	30	10,5
Stredná vrstva ⁶	100	45	15,8
Horná vrstva ⁷	285	185	64,9

¹Limit age, ²Number of years the stem remains in the layer, ³Surface proportion, ⁴Natural regeneration, ⁵Lower layer, ⁶Middle layer, ⁷Upper layer

Tabuľka 2: Základné veličiny pre kvantifikáciu modelu štruktúry

Table 2: Basic characteristics for quantification of structure model

		Vrstva ¹³			Spolu porast ¹⁷
		Horná ¹⁴	Stredná ¹⁵	Dolná ¹⁶	
Hraničná výška ¹	m	24	16	8	—
Hraničná hrúbka ²	cm	54	21	10	—
Priemerná hodnota plochy korunovej projekcie ³	m ²	22,6	9,5	3,1	—
Šírka koruny ⁴	m	5,4	3,5	2,0	—
Rastová plocha stromu ⁵	m ²	24,9	10,5	3,4	—
Počet jedincov pri 100 % zastúpení ⁶	ks.ha ⁻¹	401	956	2934	—
Plošný podiel vrstvy ⁷		0,649	0,158	0,105	—
Modelový počet jedincov ⁸	ks.ha ⁻¹	260	151	309	720
	%	36	21	43	100
Priemerná kruhová základňa ⁹	m ²	0,132	0,022	0,004	—
Modelová kruhová základňa ¹⁰	m ² .ha ⁻¹	34,4	3,2	1,2	38,9
	%	89	8	3	100
Priemerný objem ¹¹	m ³	1,21	0,14	0,01	—
Modelová zásoba ¹²	m ³ .ha ⁻¹	315	21	4	340
	%	93	6	1	100

¹Limit height, ²Limit diameter, ³Limit crown projection, ⁴Crown width, ⁵Growth area of one stem, ⁶Stem density at 100% representation, ⁷Surface proportion of tree layer, ⁸Model density, ⁹Mean basal area, ¹⁰Model basal area, ¹¹Mean stem volume, ¹²Model growing stock, ¹³Layer, ¹⁴Upper, ¹⁵Middle, ¹⁶Lower, ¹⁷Stand total

Záver

V skúmanom poraste sa naplno prejavil sklon ku koncentrácii jedincov v hornej vrstve a k vytváraniu málo stabilnej jednovrstvovej výstavby s horizontálnym zápojom, ktorý je typický pre štruktúru vysokohorských smrečín (Ott 1988; Trepp 1981; Korpel 1989; Mayer, Ott 1991). Navrhnutý model popisuje základné znaky diferencovanej štruktúry vysokohorského lesa. Zistený lineárny priebeh závislosti medzi plochou korunovej projekcie stromu a jeho hrúbkou umožňuje využiť hrúbku na pomerne jednoduchú kvantifikáciu plošného zastúpenia vrstiev v poraste. Na základe lineárneho vzťahu je pomer medzi súčtami korunových projekcií v jednotlivých vrstvách rovnaký ako pomer medzi súčtami hrúbok v týchto vrstvách. Pri praktickej aplikácii modelu teda nie je pre zistenie plošného zastúpenia vrstiev potrebné meranie korunových projekcií stromov v jednotlivých vrstvách. Postačuje zmerať hrúbok jedincov v poraste, ich súčet podľa jednotlivých vrstiev a porovnanie ich vzájomného pomeru s navrhovaným vzájomným plošným pomerom vrstiev.

Pre priblíženie sa k optimálnej štruktúre by príslušné zásahy mali byť sústredené do hornej vrstvy a mali by predovšetkým smerovať k odstráneniu najstarších, resp. najhrubších jedincov. Hlavným cieľom má okrem úpravy štruktúry byť podpora prirodzenej obnovy, ktorá je nevyhnutným predpokladom pre trvalé udržanie diferencovanej štruktúry v poraste. Toto bude samozrejme možné v porastoch, kde sa skutočná štruktúra približuje k modelovej štruktúre. V porastoch s výrazne homogénnou štruktúrou bude potrebná postupná prebudova, ktorá bude vyžadovať intenzívnejšiu redukciu hornej vrstvy a predovšetkým postupné vytváranie podmienok pre nástup a následný vývoj prirodzenej obnovy.

Podakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA 1/0057/14 Dynamika a disturbančný režim horských smrečín v orografickom celku Nízke Tatry.

Literatúra

- Bischoff, N., 1987: Pflege des Gebirgswaldes: Leitfaden für die Begründung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale Bern, 379 p.
- Frehner, M., 1989: Beobachtungen zur Einleitung der Naturverjüngung an einem nord-exponierten Steilhang im subalpinen Fichtenwald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, **140**(11): 1013–1022.
- Korpel, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda, 332 p.
- Kuchel, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier. (Vedecká štúdia). Zvolen, TU, 138 p.
- Mayer, H., Ott, E., 1991: Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 587 p.
- Moravčík, M., Ďurský, J., Grék, J., Jankovič, J., Kamenský, M., Štefančík, I., Konôpka, B., Petráš, R., Mecko, J., Šebeň, V., Tučeková, A., Vladovič, J., 2005: Zásady a postupy hospodárskej úpravy a obhospodarovania horských lesov smrekového vegetačného stupňa. (Lesnícke štúdie č. 58/2005). Zvolen, LVÚ, 143 p.
- Ott, E., 1988: Die Gebirgswaldpflege – eine Vielfalt sehr variationsreicher Optimierungsaufgaben, *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, **139**(1): 23–26.

- Ott, E., Frehner, M., Frey, H., Lüscher, P., 1997: Gebirgsnadelwälder. Bern, Verlag Paul Haupt, 287 p.
- Petráš, R., Pajtík, J., 1991: Sústava československých objemových tabuliek drevín, Lesnícky časopis, **37**(1): 49–56.
- Saniga, M., Vencurik, J., 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. (Vedecká štúdia). Zvolen, TU, 83 p.
- Stokes, M.A., Smiley, T. L., 1996: An introduction to tree-ring dating. Tucson, University of Arizona Press, 73 p.
- Šmelko, Š., 2000: Dendrometria. Zvolen, TU, 399 p.
- Trepp, W., 1981: Das Besondere des Plenterns im Gebirgswald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, **132**(10): 823–846.

VARIABILITA STRUKTURY MLADÝCH, PŘEVÁŽNĚ BŘEZOVÝCH POROSTŮ VZNIKLÝCH SUKCESÍ NA HOLINÁCH KALAMITNÍHO CHARAKTERU

Stand structure variability of young stands with birch dominance established by succession
on extreme clear-cut areas

Ondřej Špulák • Jiří Souček • Jiří Leugner

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, CZ – 517 73 Opočno,
e-mail: spulak@vulhmop.cz, soucek@vulhmop.cz, leugner@vulhmop.cz

Abstract

Analysis of birch dominated succession stands on extreme clear-cut areas confirmed great variability of stand parameters (species composition, stand characteristics), although perspective localities were selected. Birch dominated in upper stand layer of analyzed stands. Tree numbers in upper stand layers exceeded minimal numbers used by artificial regeneration. Occurrence of site specific target species is limited, there grow mostly in lower stand layers. Successional stands with sufficient stem density can be used as pioneer stands with potential biomass production and contribute to the future stand variability on former large clear-cut areas.

Keywords: succession, birch, rowan, pioneer species stands

Abstrakt

Studium porostů z přirozené obnovy s dominantním zastoupením břízy na holinách kalamitního charakteru potvrdilo značnou variabilitu druhového složení a porostních parametrů, a to i přesto, že byly vybrány lokality s perspektivními porosty. Bříza ve sledovaných porostech tvořila dominantní podíl horního stromového patra. Počty jedinců horního patra porostu překračují minimální počty používané při umělé obnově. Výskyt cílových druhů je omezený, většinou se vyskytují v podúrovni. Porosty s dostatečnou hustotou jedinců stromového patra mohou při minimálních nákladech na obnovu porostu sloužit jako porosty přípravné, mít svůj význam jako zdroj biomasy a napomoci rozčlenění rozsáhlých stejnověkých porostů vzniklých na kalamitní holině.

Klíčová slova: sukcese, bříza, jeřáb, porosty přípravných dřevin

Úvod

Vlivem kalamit přírodního charakteru dochází na mnohých lokalitách k plošnému výskytu a odrůstání přirozené obnovy dřevin s pionýrskou růstovou strategií. Za holinu kalamitního charakteru je v tomto příspěvku považována holina s plochou nad rámec díky lesního zákona (289/1995 Sb.), na které se díky orientaci projevují nepříznivé vlivy mikroklimatu (záření, teplota, vlhkost apod.).

Bříza bělokorá vykazuje díky široké ekologické amplitudě stanovištních podmínek rozsáhlý areál rozšíření na euroasijském kontinentu (Úradníček et al. 2001). Jako dřevina

s pionýrskou strategií růstu se přirozeně vyskytuje v porostních okrajích nebo na kalamitních holinách. V současné druhové skladbě bříza zaujímá necelé 3 % z celkové porostní plochy ČR, její podíl se mírně snižuje (MZe 2013). Nárůst zájmu o břízu v posledních letech souvisí s jejím produkčním a melioračním potenciálem. Enormní obnovní potenciál spolu s rychlým růstem v mládí i schopnost odrůstat v široké škále stanovištních podmínek z ní činí vhodnou domácí dřevinu využitelnou pro produkci dřevní biomasy pro energetické účely. Ve směsích zvyšuje druhovou biodiverzitu, případně i objemovou produkci smíšených porostů ve srovnání s monokulturami (např. Valkonen, Valsta 2001). V neposlední řadě dochází také k rehabilitaci břízy jako dřeviny přípravné (např. Kamenský, Štefančík 2010; Košulič 2010).

V současné době roste poptávka po zdrojích energeticky využitelné biomasy pro lokální topeniště a elektrárny. V našich podmínkách však dosud chybí dostatek údajů o produkčních možnostech porostů domácích pionýrských listnáčů (zejména bříz, topolů, vrb, olší, jeřábu) a jejich směsí, které bývají v zahraničí pro tyto účely využívány. Současné domácí poznatky pocházejí zejména z přípravných porostů omezené kvality v horských polohách. Analýza produkčního a energetického potenciálu obnovitelné biomasy těchto porostů pionýrských dřevin může přispět ke stanovení možnosti dočasného využití těchto porostů na kalamitních plochách. I v krátkém obmýtí mohou významně plnit produkční funkci.

Cílem příspěvku je popsat strukturu a stanovit potenciál vybraných mladých nadějných porostů s převahou břízy vzniklých sukcesí dřevin na holinách kalamitního charakteru.

Metodika

V příspěvku jsou prezentovány vybrané lokality ze středních nadmořských výšek východních Čech v různých stanovištních a porostních podmínkách, v stávajících porostech vzniklých přirozenou obnovou na holině dominuje bříza.

Porost na lokalitě Poběžovice (okres Pardubice, 275 m n. m., SLT 2I) vznikl na holině po nezákoně těžbě v porostu s vyšším zastoupením SM a BO provedené v roce 2003. V porostu bylo změřeno 50 zkusných plošek (viz níže). Při jižním okraji holiny navazuje porost DB, HB a BO. Porost na lokalitě Kozínek (okres Náchod, 440 m n. m., SLT 3S) pocházející z přirozené obnovy na JZ svahu o průměrném sklonu 22° vznikl po nezákoně těžbách provedených v letech 2000 – 2001. Bylo zde proměřeno 86 zkusných plošek. V původním porostu dominoval smrk, nad sukcesím porostem se vyskytuje skupinka dospělých javorů klenů. Porost na lokalitě Horní Bradlo (okres Chrudim, 540 m n. m., mírný JZ svah do 5 %) vznikl sukcesí na holině z roku 2002 s ponechanými smrkovými výstavky. Na lokalitě bylo změřeno 40 zkusných plošek. V sousedních porostech dominuje smrk s jednotlivým výskytem břízy, borovice a modřínu, na podmáčených místech s olší. Nižší část holiny je řazena do SLT 6V, mírně vyvýšená část do SLT 5K.

Měření na jednotlivých plochách bylo prováděno metodou inventarizace na kruhových ploškách o výměře 10 m², založených v pravidelných rozestupech, které byly voleny s ohledem na odhadovanou variabilitu porostu. Měření se na jednotlivých plochách soustředilo na stanovení variability hustoty porostu, druhového složení, základních dendrometrických charakteristik a četnosti kvalitních jedinců. Z hlediska kvality byl na ploškách sledován výskyt jedinců horního stromového patra s odpovídající kvalitou kmene a koruny mající předpoklad dopěstování do mytního věku. Při hodnocení mladých porostů vzniklých

sukcesí byly pro účely tohoto zpracování jako jedinci horního stromového patra hodnoceny stromky s výškou nad 1,5 m, jako podrost pak jedinci do 1,5 m.

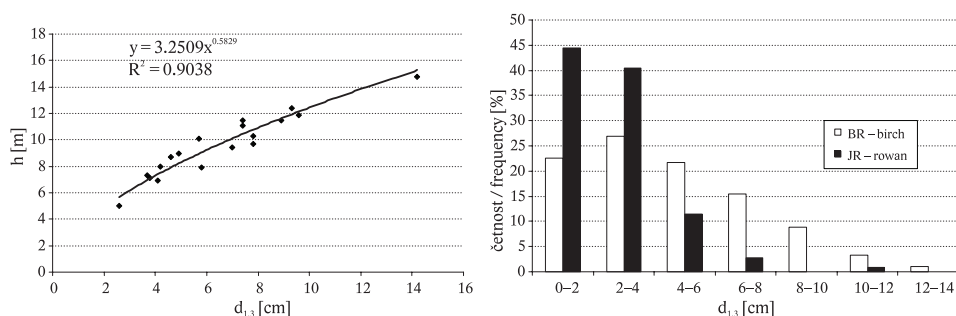
Výsledky

Lokalita Poběžovice

V jihovýchodní části cca 10letého porostu se prosadil habr, částečně původem z obnovy pod porostem, na větší části plochy dominovala bříza. V březové části byla v roce 2012 hustota porostu 3 až 50 tis. jedinců na ha (průměrně 20,4 tis.), zastoupení BR bylo 60 %, HB 23 %, 13 % porostu tvořila krušina a 3 % JR. V létě roku 2013 byl vlastníkem proveden výchovný zásah pozitivním výběrem. Po výchovném zásahu poklesla hustota porostu na 1 až 11 tis. na ha (průměrně 5,9 tis.), navýšilo se zastoupení BR a HB na úkor krušiny (71 a 24 %). Průměrná tloušťka BR po zásahu byla 4,1 cm a HB 2,5 cm, horní výška se pohybovala okolo 7 m a štíhlostí kvocient 20 % nejvyšších jedinců kolem 114. Minimálně jeden kvalitní dominantní jedinec na 10 m² se vyskytoval na 89 % plochy. Jedinci do 1,5 m výšky (opět převážně HB) se po zásahu vyskytovali na 86 % plochy s průměrnou hustotou 1,4 tis. na ha.

Lokalita Kozínek

Porost ve věku cca 12 let dosahoval horní výšky 14 m (obr. 1). Horní stromové patro bylo v roce 2013 tvořeno převážně břízou (60 %) a jeřábem (24 %), podíl dalších dřevin (SM, KL, BK, OS, DB, bez, krušina, jívka) se pohyboval do 3 %. Tloušťky stromů kolísaly v rozpětí 0 – 14 cm. Bříza měla nejvyšší zastoupení v tloušťkové třídě 2 – 4 cm (27 %), téměř 85 % jeřábů mělo tloušťku menší než 4 cm (obr. 1). Značná část jedinců horního patra byla přestihlená se sníženou stabilitou, štíhlostní kvocient 20 % nejvyšších jedinců byl v průměru 131.



Obr. 1: Výšková křivka břízy (vlevo) a histogram tloušťkových tříd břízy a jeřábu (vpravo) ve věku cca 12 let na lokalitě Kozínek

Fig. 1: Height curve of birch (left) and histogram of diameter classes of birch and rowan (right) at the age of 12 years on the Kozínek locality

Podrost (do 1,5 m výšky) tvořil ze 76 % SM, částečně pocházející z obnovy pod mateřským porostem předchozí generace lesa, více zastoupeny byly také KL (9 %) a JR (5 %). Podíl dalších dřevin (BK, bez, BR) nepřesáhl 3 %.

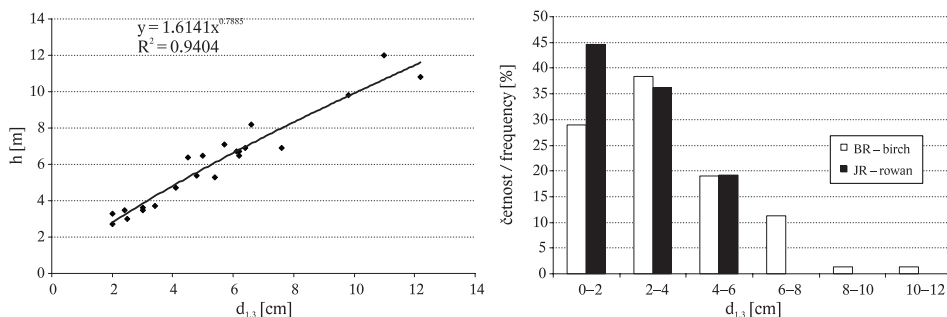
Hustota horního patra porostu na inventarizačních ploškách kolísala mezi 2 tis. a 36 tis. jedinci na ha (průměrně 10,5 tis. na ha), pouze 1,2 % plochy bylo bez jedinců obnovy vyšších než 1,5 m. Průměrná výčetní základna dosahovala 17,2 m² na ha. Na více jak polovině inventarizačních plošek se vyskytoval minimálně jeden kvalitní jedinec horního patra s předpokladem dopěstování do mytního věku. Na jedincích podrostu, jejichž hustota dosahovala až 58 tis. jedinců na ha (průměrně 9,4 tis.), byl místy patrný okus a loupání. Žádná kontrolní ploška nebyla zcela bez obnovy.

Kvalita jedinců horního stromového patra druhů s pionýrskou strategií byla lokálně omezená, naklonění nebo ohnutí části úrovňových jedinců negativně ovlivňuje i stabilitu okolních stromů. Dostatečná hustota a přiměřená rovnoměrnost jedinců podrostu s dominancí SM na lokalitě má při vhodném postupu následné výchovy předpoklad doplnění těchto míst. Celkově má tak sukcesí vzniklý porost potenciál dopěstování do kvalitního porostu.

Lokalita Horní Bradlo

V roce 2012 horní stromové patro cca 10letého porostu ve vlhké části (6V) tvořila směs tří dřevin – BR (39 %), OL (29 %) a JR (24 %), vtroušeně se vyskytovala také krušina, OL, OS a SM. Olše převážně výmladkového původu tvořila 60 % výčetní kruhové základny, která v průměru dosahovala 27,5 m² na ha. Hustota horního stromového patra se v této části pohybovala mezi 4 a 24 tis. na ha (průměrně 12,5 tis.).

Na mírně vyvýšené části na SLT 5K dominovala v porostu bříza (76 %), dále byl zastoupen JR (16 %), OL, OS a jívka. Jejich podíl na výčetní kruhové základně byl obdobný. Výčetní kruhová základna dosahovala v průměru 18,9 m² na ha. Hustota horního stromového patra se v této části pohybovala mezi 7 a 29 tis. na ha (průměrně 15,4 tis.). Horní výška (obr. 2) obou porostních částí byla obdobná (kolem 10 m), štiřlostní kvocient 20 % nejvyšších bříz byl v průměru 107.



Obr. 2: Výšková křivka břízy (vlevo) a histogram tloušťkových tříd břízy a jeřábu na SLT 5K (vpravo) ve věku cca 11 let na lokalitě Horní Bradlo

Fig. 2: Height curve of birch (left) and histogram of diameter classes of birch and rowan (right) at the age of 11 years on Horní Bradlo locality

V podrostu na SLT 6V o průměrné hustotě 3,7 tis. na ha dominoval SM (82 %), podíl BR a JR byl do 7 %, ojedinělý byl výskyt dalších dřevin (KL, krušina). Obnova se vyskytovala na 60 % plochy.

Také na SLT 5K měl SM nejvyšší zastoupení (54 %), podíl BR byl však vyšší (39 %), dále se zde vyskytovala OS a JR (do 4 %). Průměrná hustota podrostu v této části byla 4,0 tis. na ha, obnova se vyskytovala na 80 % plochy. Poškození jedinců bylo ojedinělé.

Diskuze

Porosty vzniklé přirozenou obnovou na kalamitních holinách vykazují značnou variabilitu porostních charakteristik (např. Fischer, Fischer 2009, 2012; Kamenský, Štefančík 2010; Martiník, Mauer 2012; Städtler 1998). Ještě výraznější rozdíly v porostních charakteristikách bývají popisovány u porostů vzniklých sukcesí na bývalých zemědělských plochách po ukončení obhospodařování (např. Johansson 1999, 2000; Špulák et al. 2010). Bříza na kalamitních holinách vykazuje svůj mimořádný potenciál přirozené obnovy a následného růstu v mládí, v porostních směsích zvyšuje biodiverzitu i celkový produkční potenciál (Hynynen et al. 2010).

Na sledovaných lokalitách vykazuje bříza vysoký potenciál obnovy a odrůstání. Počty jedinců přesahovaly minimální stanovené počty, cílové dřeviny se většinou vyskytovaly v nízkých počtech a v podúrovňovém postavení. Cílové druhy dřevin pod přípravným porostem mohou přežívat delší dobu, hustý porostní zástín a silné konkurenční působení se však může negativně projevit na morfologii jedinců. Stávající porosty lze považovat za porosty přípravné s výrazným krycím a výchovným potenciálem pro cílové dřeviny, nezanedbatelná je i stávající produkce dřevní biomasy. Prodloužení postupu obnovy na těchto holinách, ke kterému obnovou přes přípravné porosty dochází, může do budoucna přispět k jejich výraznější prostorové diferenciaci.

Úspěch přirozené generativní obnovy je limitován výskytem plodících stromů ve vzdálenosti odpovídající doletu semen. Suchockas (2002) zjistil odpovídající množství osiva břízy pro vznik zapojeného porostu až do vzdálenosti 110 m od zdroje osiva. Na sledovaných lokalitách se v okolních porostech plodící břízy vyskytují. Současný stav analyzovaných porostů naznačuje úspěšné načasování vzniku holiny z hlediska výskytu buřeně, rozhodující je zejména stupeň zabuřnění při vzniku holiny a postup jejího zarůstání v závislosti na úživnosti stanoviště. Z klimatických podmínek může vznik březových porostů negativně ovlivnit výskyt klimatických extrémů v době klíčení (výskyt sucha nebo naopak silné deště), v dalších obdobích je bříza schopna snášet extrémní klimatické podmínky (Hynynen et al. 2010).

Průběh výškového růstu břízy je typický pro pionýrský typ dřeviny. Výškový růst břízy kulminuje velice záhy (zpravidla do věku 15 let), v dalších letech se výškový růst postupně snižuje. Dosažená horní výška na jednotlivých lokalitách odpovídá I. výškové bonitě (34 m horní výšky) podle růstových tabulek (Lockow 1996). Značná porostní hustota negativně ovlivňuje tloušťkový růst a tím i štihllostní kvocient. Výskyt obnovy ve skupinách s proměnlivou hustotou vede často k tvorbě jedinců s nepříznivým štihllostním kvocientem nebo nepravidelnou korunou. Jedinci se sníženou stabilitou představují potenciální riziko narušení nebo rozpadu březového porostu. Martiník, Mauer (2012) zjistili ve srovnatelných stanovištních podmínkách výrazné škody sněhem v březových porostech s horní výškou

8 – 15 m, poškozené stromy tvořily 67 – 95 % z celkového počtu stromů. Nejčastějším poškozením bylo nevratné ohnutí kmene.

Rychlý růst a vysoká porostní hustota vytváří z přípravných porostů i zajímavý zdroj biomasy. Nejvyšší produkce je zjištěna u nevychovávaných nebo slabě vychovávaných porostů, slabá výchova může zajistit nižší mortalitu spolu s předmýtní výtěží (Niemistö 2013; Zálitis, Zálitis 2007). Někteří autoři upozorňují na riziko poklesu produkce mladých porostů břízy při rostoucí porostní hustotě z důvodu zvýšeného konkurenčního působení.

Závěrem

Při odpovídajícím načasování vzniku holiny a splnění základních předpokladů pro nástup a odrůstání obnovy, z nichž některé jsou náhodného charakteru (vývoj počasí), mohou přirozenou obnovou pionýrských dřevin s minimálními náklady vzniknout porosty s vysokým produkčním potenciálem, jako k tomu došlo u námi analyzovaných porostů. Jako porosty přípravné mohou upravovat růstové prostředí pro dřeviny cílové obnovované většinou pod porostem, mohou představovat zdroj biomasy v krátkém či delším obmětí a celkově napomoci rozčlenění rozsáhlých stejnověkových porostů vzniklých na kalamitních holinách. V případě lokálního neúspěchu obnovy je nutné její včasné doplnění výsadbou, nejlépe druhy cílových dřevin, které budou schopny konkurovat dřevinám z přirozené obnovy (prosadby).

Poděkování:

Příspěvek vznikl díky podpoře výzkumného projektu KUS QJ1230330 Stabilizace lesních ekosystémů vyváženým poměrem přirozené a umělé obnovy lesa.

Literatura:

- Fischer, A., Fischer, H.S., 2009: 25 Jahre Vegetationsentwicklung nach Sturmwurf - Eine Dauerbeobachtungsstudie im Bayerischen Wald. *Forstarchiv*, **80**(5): 163–172.
- Fischer, A., Fischer, H.S., 2012: Individual-based analysis of tree establishment and forest stand development within 25 years after wind throw. *Eur J Forest Res*, **131**: 493–501.
- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S., Velling, P., 2010: Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, **83**(1): 103–119.
- Johansson, T., 1999: Biomass equations for determining fractions of pendula and pubescens birches growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass Bioenergy*, **16**: 223–238.
- Kamenský, M., Štefančík, I., 2010: Breza ako prípravná drevina v hospodárskych lesoch? In: Prknová, H., (ed.): *Bříza – strom roku 2010*. Praha, ČZU FLD, s. 66–71.
- Košulič, M., 2010: Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. Brno, FSC, 449 p.
- Kompa, T., Schmidt, W., 2006: Zur Verjüngungssituation in südniedersächsischen Buchen-Windwurfgebieten nach einem lokalen Orkan von 1997. *Forstarchiv*, **77**(1): 3–19.
- Lockow, K-W., 1997: Die neue Ertragstafel für Sandbirke-Aufbau und Bestandesbehandlung. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, **31**: 75–84.

- Martiník, A., Mauer, O., 2012: Snow damage to birch stands in Northern Moravia. *Journal of Forest Science*, **58**(4): 181–192.
- MZe 2013: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. Praha, MZe, 132 p.
- Niemistö, P., 2013: Effect of growing density on biomass and stem volume growth of downy birch stands on peatland in Western and Northern Finland. *Silva Fennica*, **47**(4): 24.
- Städtler, H., 1998: Begleitende Pionierbaumarten des südniedersächsischen Berglandes. *AFZ/Der Wald*, **53**(18): 959–961.
- Suchockas, V., 2002: Seed dispersal and distribution of silver birch (*Betula pendula*) naturally regenerating seedlings on abandoned agricultural land at forest edges. *Baltic Forestry*, **8**(2): 71–77.
- Špulák, O., Souček, J., Bartoš, J., Kacálek, D., 2010: Potenciál mladých porostů s dominancí břízy vzniklých sukcesí na neobhospodařované orné půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, **55**(3): 165–170.
- Úradníček, L. et al., 2001: Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická, 333 p.
- Valkonen, S., Valsta, L., 2001: Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management*, **140**(2–3): 133–149.
- Zālītis, T., Zālītis, P., 2007: Growth of Young Stands of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) depending on Pre-Commercial Thinning Intensity. *Baltic Forestry*, **13**(1): 61–67.

VYBRANÉ ZNAKY ŠTRUKTÚRY A DYNAMIKA REGENERAČNÝCH PROCESOV BUKOVÉHO PRALESA NPR OBLÍK

Selected structural parameters and natural regeneration of the beech-dominated natural
forest in NNR Oblík

Milan Saniga • Ján Pittner • Miroslav Balanda

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: saniga@tuzvo.sk, pittner@tuzvo.sk, miroslav.balanda@tuzvo.sk

Abstract

Structural pattern and natural regeneration were analyzed in the beech-dominated natural forest in natural nature reserve Oblík. Three permanent plots of 0.25 ha were established and repeatedly monitored after 14 years. Obtained results confirmed markedly small-scale texture of beech-dominated natural forests that has persisted during the whole monitored period. Mentioned was confirmed by typical rotated-sigmoid diameter distribution of trees. Analysis of spatial structure revealed substantial vertical and diameter differentiation of monitored stand. Evaluation of natural regeneration points on the fact that the beech was almost exclusively able to grow into higher category of natural regeneration, while the sycamore maple dominated usually in initial stages of natural regeneration, what directly corresponds with its ecological demands.

Keywords: *natural forest, Fagus sylvatica L., spatial structure, natural regeneration, structural indexes*

Abstrakt

Predložená práca sa zaoberá analýzou štruktúry a prirodzenej obnovy bukového pralesa v NPR Oblík. Na ploche pralesa boli založené tri trvalé výskumné plochy o výmere 0,25 ha na ktorých bola vykonaná opakovaná inventarizácia po 14 rokoch. Získané poznatky potvrdili výraznú maloplošnosť textúry bukových pralesov. Tomuto tvrdeniu zodpovedá hrúbková štruktúra, ktorá je charakterizovaná typickým obráteným sigmoidom, ktorá pretrvala počas celého monitorovacieho obdobia. Analýza priestorovej štruktúry potvrdila výraznú mieru výškovej a hrúbkovej diferenciácie porastu. Rozbor výsledkov prirodzenej obnovy za celý vývojový cyklus poukazuje na skutočnosť, že do vyšších výškových kategórií sa dostáva buk, pričom v skorých štádiách prirodzeného zmladenia dominuje javor horský, čo súvisí ekologickými nárokmi tejto dreviny.

Kľúčové slová: *prales, Fagus sylvatica L., priestorová štruktúra, prirodzená obnova, štruktúrne indexy*

Úvod a problematika

Poznanie základných znakov štruktúry prírodných lesov nám umožní stanoviť a poznať ich určitý stav, ktorý sa vyznačuje maximálnou funkčnou účinnosťou (Korpeľ 1989). Pri riešení uvedených problémov má veľký význam štruktúrna diverzita týchto lesných ekosystémov. Jej kvantifikácia a pochopenie môže významne napomôcť k objasneniu zlo-

žitých ekologických problémov hlavne ich disturbančný režim. Kvantifikácia diverzity cez matematické formuly umožňuje tento problém objektívne zhodnotiť a lepšie pochopiť vzťahy príslušného lesného ekosystému. Významnou zložkou ich diverzity je štruktúrna diverzita, ktorú niektorí autori definujú ako zloženie biotických a abiotických prvkov v lesných ekosystémoch (Lexer et al. 2000), špecifické usporiadanie prvkov v systéme (Gadow 1999) až po ich umiestnenie a vzájomné prepojenie (Heupler 1982 ex Lübberts 1999). Podľa Zennera (1999) možno štruktúru porastov charakterizovať v polohe horizontálnej, t. z. rozmiestnenia stromov na ploche a vertikálnej v ich výškovej diferenciacii. Lübberts (1999) k týmto znakom pridáva množstvo a formu moderového dreva. Gadow (1999) definujú štruktúru ako plošné rozmiestnenie, vzájomnú pozíciu a výškovú diferenciaciu stromov v lesnom ekosystéme.

Ak chceme tento problém matematicky popísať a kvantifikovať, väčšinou sa používajú indexové metódy (indexy). Najznámejším pri popise horizontálneho rozmiestnenia stromov na ploche porastu je index Clark, Evans (1954), ktorý je založený na poznaní skutočnej vzdialenosti susediacich stromov k ich očakávanej vzdialenosti v Poissonovom lese, t. z. v lese, kde sú stromy rozmiestnené náhodne na ploche lesného ekosystému (Tomppo 1986). Okrem tohto pohľadu existujú indexy, ktoré popisujú hrúbkovú, výškovú, resp. objemovú diferenciaciu (Füldner 1995), resp. indexy, ktoré komplexne popisujú viac zložiek štruktúrnej diverzity (Pretsch 1996, 1998; Jaehne, Dohrenbusch 1997; Zenner 1999; Lähde et al. 1999). Pomocou nich je možné doplniť ďalšie hierarchické úrovne diverzity lesných ekosystémov.

Zmena štruktúry lesného ekosystému je determinovaná disturbančnými procesmi. Veľký význam v dynamike ekosystému zohrávajú porastové medzery (Runkle 1982). Medzery vznikajú odumretím jedného alebo niekoľkých úrovňových stromov v poraste v dôsledku disturbancií abiotickými, biotickými činiteľmi malého rozsahu alebo dosiahnutím fyzického veku. Medzery sú z dôvodu zvýšenia prísunu svetelného žiarenia a zmeny porastovej mikroklimy postupne vyplňané inými jedincami (Watt 1947). Priestorové vzťahy medzi porastovými otvormi a výskytom prirodzenej obnovy pomohlo koncipovať ideu dynamiky porastových medzier (Watt 1947; Yamamoto 2000; Runkle, Yetter 1987). Jedná sa o proces, ktorý je typický pre disturbančné režimy v klimaxovom lese (Lewis, Lindgren 2000).

Bukové pralesy sa vyznačujú maloplošnou textúrou (Korpel 1989, 1995; Saniga 2002, 2003). Rozbor hrúbkovej štruktúry bukových pralesov potvrdil, že vhodným typom matematickej funkcie pre popis priebehu hrúbkovej štruktúry tohto pralesa bez prihliadania na vývojové štádiá je Weibullova funkcia (Zhang et al. 2001; Westphal et al. 2006; Kuchel et al. 2012).

Cieľom príspevku je prezentácia poznatkov vybraných znakov štruktúry a dynamiky regeneračných procesov získaných 14-ročným výskumom bukového pralesa Oblík.

Materiál a metodika

Chránené územie NPR Oblík o výmere 90,0 ha patrí do orografického celku Slánske vrchy. Rezervácia bola vyhlásená Komisiou SNR pre školstvo a kultúru č. 58/908 v roku 1964. Geologické podložie je tvorené andezitom. Nachádza sa v nadmorskej výške 500 – 932 m. Prevládajúcim pôdnym typom je rankrová pôda andosolová. Priemerná teplota sa pohybuje v rozpätí 5,7 – 6,4 °C, s ročným úhrnom zrážok 600 – 1 000 mm. Lesné spoločen-

stvá národnej prírodnej rezervácie patria do 4. lesného vegetačného stupňa s absolútnou prevahou buka (90 %). Dominantnou prímiesou je javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) a jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.).

Trvalé výskumné plochy sa nachádzajú v porastoch 508a a 508b s prevládajúcou skupinou lesných typov *Fagetum pauper* vyšší stupeň a *Fagetum typicum*. Bylinný porast má malú pokryvnosť s typickým druhom *Dryopteris filix-mas*. V roku 2000 bola v pralese založená séria 3 trvalých výskumných plôch (TVP) s výmerou 0,25 ha v nasledovnej štruktúre: TVP-1 – počiatočné štádium rozpadu, TVP-2 – štádium optima, TVP-3 – štádium dorastania. V roku 2013 sa na založených plochách vykonalo opakované meranie.

Na TVP boli stabilizované tranzekty 10 × 50 m. Merania sa vykonali osobitne na tranzektoch a na ostatnej ploche.

Biometrické znaky stromov merané na tranzektoch:

- vektory rozmiestnenia stromov hrubších $d_{1,3}$ ako 8 cm x , y s presnosťou na 0,1 m (technológia FieldMap),
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m,
- projekcia korún stromov $x_1 - x_4$ s presnosťou na 0,1 m,
- situácia padnutých stromov, ich meranie a určenie objemu podľa Huberovho vzorca, v prípade stojacich odumretých stromov sa zmerala ich hrúbka $d_{1,3}$ a objem sa počítal podľa rastových tabuliek pre buk (Petráš, Pajtík 1991),
- hrúbka stromov $d_{1,3}$ s presnosťou na 1 mm.

Evidencia prirodzenej obnovy na tranzekte sa podľa drevín uskutočnila nasledovne:

- 1) jedince do výšky 20 cm, 2) jedince vo výške 21 – 50 cm, 3) jedince vo výške 51 – 80 cm, 4) jedince vo výške 81 – 130 cm, 5) jedince nad 131 cm výšky do hrúbky 2 cm v $d_{1,3}$
- 6) jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 2,1 – 4,0 cm 7) jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 4,1 – 8,0 cm.

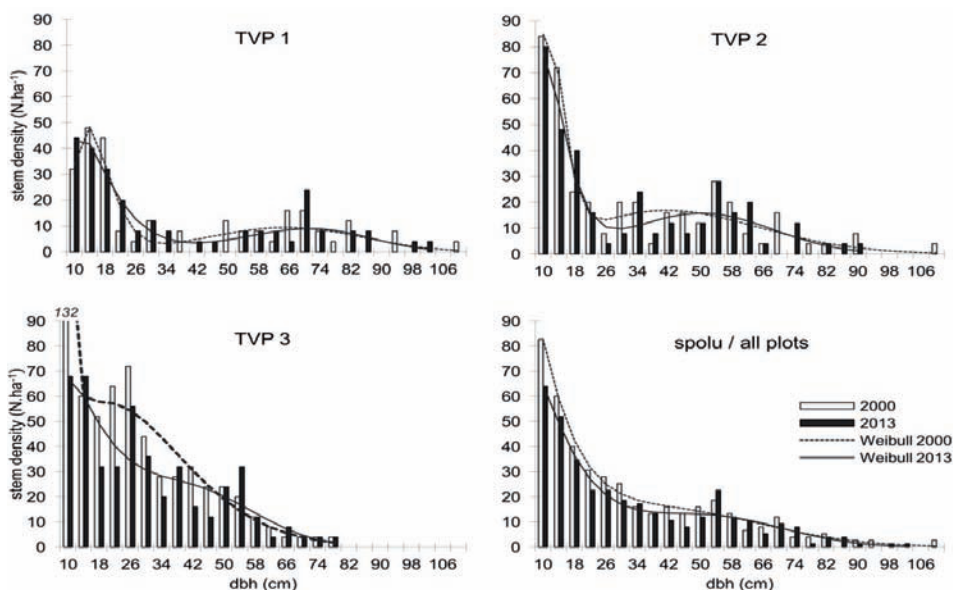
Pre charakteristiku štruktúrálnej diverzity na jednotlivých pokusných plochách boli okrem kvantifikácie základných dendrometrických veličín využité aj nasledujúce štruktúrne indexy: index agregácie (Clark, Evans 1954), index hrúbkovej diferenciacie (Füldner 1995), Giniho koeficient (Dixon et al. 1987), index porastovej denzity (Reineke 1933), koeficient homogenity (Camino 1976) a index štruktúrálnej komplexnosti (Zenner, Hibbs 2000).

Výsledky

Hrúbková štruktúra a štruktúrna diverzita

Hrúbkovú štruktúru na všetkých troch TVP pralesa Oblík charakterizuje obrázok 1. Hrúbková štruktúra stromov bez prihliadnutia na vývojové štádium bola vyrovnávaná viacerými matematickými funkciami. Ich analýzou a overením sa na vyrovnanie rozdelenia hodnôt ako najvhodnejšia potvrdila bimodálna sedemparametrická Weibullova funkcia (Zhang et al. 2001; Westphal et al. 2006). Výrazný vrchol bol zaznamenaný v ľavej časti variačného rozpätia hrúbok v hrúbkovom stupni 10 cm, pričom druhý vrchol dosiahlo toto rozdelenie v hrúbkovom stupni 54 cm. Charakter poklesu exponenciálnej krivky smerom k hrúbkovému stupňu 22 cm naznačuje výraznú redukciu jedincov buka. Mierny vzostup stromov v hrúbkovom rozpätí 26 – 58 cm potvrdzuje toleranciu tejto dreviny na svetlo, jej vysokú vitalitu aj napriek vysokej vnútrodruhovej konkurencii. Svoju úlohu tu zohráva

aj dobrá produkčná schopnosť stanovišťa. Následne dlhá nivelizácia početností v hrúbkových stupňoch nad 58 cm prechádza do pozvoľného odumierania jedincov z najhrubšej kategórie.



Obr. 1: Polygón hrúbkových početností živých stromov v prepočte na 1 ha v NPR Oblik vyrovnaný bimodálnou sedemparametrickou Weibullovou funkciou

Fig. 1: Tree diameter distribution in NNR Oblik with predicted distribution of the bimodal seven-parameter Weibull function

Rastové vzťahy a vnútroduhová kompetícia tohto bukového pralesa vo vektore 14 rokov je popísaná štruktúrnymi indexami (tab. 1). Hrúbkovú diferenciáciu popisuje Földnerov index. Rozbor štruktúry podľa vývojových štádií pralesa za obdobie 14 rokov poukazuje na skutočnosť, že hrúbková štruktúra sa významne nezmenila. Priemerné hodnoty 0,44, resp. 0,46 identifikujú strednú diferenciáciu. Podobne môžeme povedať o hrúbkovej štruktúre podľa vývojových štádií.

Tabuľka 1: Hodnoty štruktúrnych indexov bukového pralesa Oblik podľa TVP a rokov merania

Table 1: Values of structural indexes calculated for beech-dominated natural forest Oblik according to years of measurement

Rok ¹	TVP ²	Fuldner	Clark- Evans		Gini	H index	SDI	SCI
			Donnelly	T test				
2000	TVP 1	0,50	1,11	0,61	0,33	1,58	594	4,58
	TVP 2	0,54	1,06	0,54	0,24	1,74	656	6,38
	TVP 3	0,41	0,87	-1,31	0,17	2,25	714	5,31
	Spolu ³	0,46	0,99	-0,22	0,25	2,06	654	4,25
2013	TVP 1	0,57	0,85	-0,85	0,26	1,78	630	6,68
	TVP 2	0,52	0,99	-0,07	0,24	2,09	748	5,90
	TVP 3	0,38	0,93	-0,74	0,19	2,27	825	4,86
	Spolu ³	0,44	0,95	-0,82	0,25	2,22	734	4,50

¹Year, ²Permanent research plot, ³Together

Hodnoty indexu Clark, Evans v oboch rokoch merania podľa vývojových štádií, ale aj v hodnote, ktorá charakterizuje celý vývojový cyklus bukového pralesa poukazujú na stav, že stromy sú na ploche rozmiestnené náhodne, čo potvrdil aj t-test. Výšková diferenciácia bola popísaná Giniho koeficientom. V lesníckom výskume sa používa hlavne na tento faktor štruktúrálnej diverzity. Hodnoty tohto ukazovateľa s prihliadnutím na vývojové štádium, ale aj na celý vývojový cyklus potvrdili strednú výškovú diferencovanosť pralesa.

Štruktúrna homogenita bola analyzovaná pomocou H-indexu. Je to modifikácia Giniho koeficientu charakterizujúca nerovnomernosť štruktúry porastov. Rozbor hodnôt podľa vývojových štádií a za celý vývojový cyklus pralesa potvrdil vertikálnu štruktúru, ktorá je typická pre stromovú formu výberkového lesa (Bachofen, Zingg 2001, 2005).

Doplňkovou charakteristikou štruktúrálnej komplexnosti je SCI index (Zenner, Hibbs 2000), ktorý vychádza z horizontálneho rozmiestnenia stromov na ploche. Hodnoty vypočítané v jednotlivých rokoch merania, vývojových štádiách ako aj za celý vývojový cyklus potvrdzujú veľkú plošnú diferenciáciu.

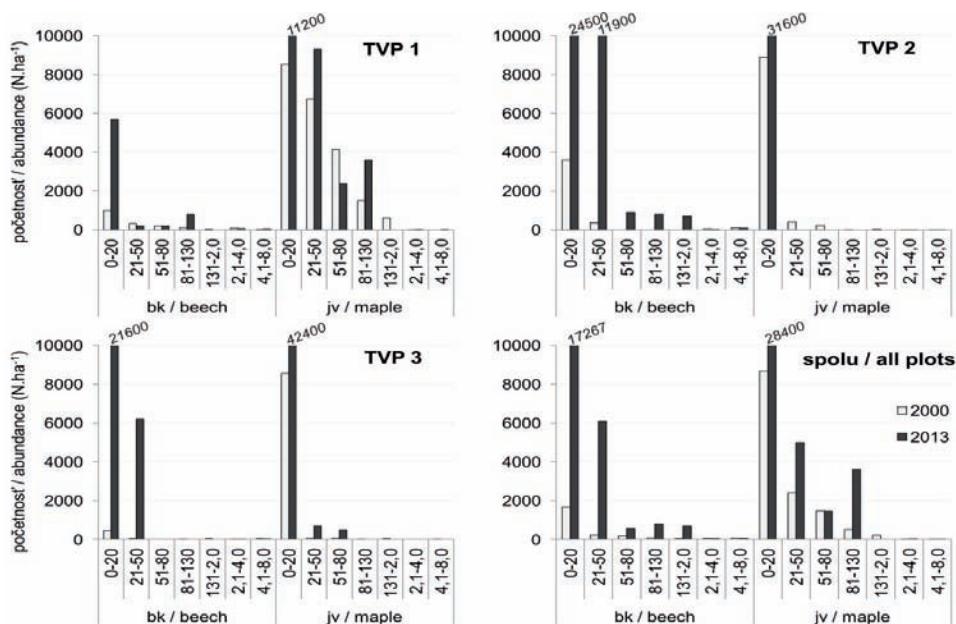
SDI – index porastovej denzity je všeobecne použiteľnou mierou hustoty lesného ekosystému, ktorý vychádza z počtu stromov na 1 ha a strednej hrúbky. Nakoľko bukový prales Oblík, je na rankových pôdach, kde hrozí zosuv, použili sme tento index na určenie miery ochranného pôsobenia lesa proti zosúvaniu a podaniu kameňov. Podľa Brassela et al. in Bachofen, Zingg (2005) je táto účinnosť pralesa charakterizovaná ako priemerná (rozpätie 400 – 800).

Regeneračné procesy

Dynamika zmien zastúpenia hlavných drevín v pralesi podľa vývojových štádií je charakterizovaná v obrázku 2. Regeneračné procesy na TVP 1, ktorá je charakterizovaná ako počiatočná fáza štádia rozpadu sú skôr doménou javora horského. V oboch meraniach prevláda vo všetkých výškových kategóriách do 1,3 m. Vytvorené medzery, ktoré vznikli odumretím resp. zlomením stromov hornej vrstvy vytvárajú lepšie podmienky pre prirodzenú obnovu javora horského (obr. 2).

Iný priebeh dynamiky regeneračných procesov je na TVP 2, ktorá charakterizuje štádium optima. V roku 2000 bol zistený podobne ako na TVP 1 dominantný javor horský no jeho početnosť bola v porovnaní s predchádzajúcou plochou významne nižšia. Nebol zaznamenaný stav jedincov vo vyšších kategóriách ako 50 cm. V roku merania 2013 sa v týchto ekologických podmienkach viac presadzuje buk, ktorý je početne zastúpený aj vo vyšších výškových kategóriách. V štádiu dorastania (TVP 3) je proces prirodzenej obnovy oboch skúmaných drevín zabrzdený (obr. 2). V roku 2000 sa vyskytovali jedince len vo výškovej kategórii do 20 cm, v roku 2013 bol zaznamenaný nárast do výšky 80 cm, kde sa sporadicky vyskytoval javor horský.

Rozbor výsledkov prirodzenej obnovy za celý vývojový cyklus (obr. 2) poukazuje na skutočnosť, že do vyšších výškových kategórií sa dostáva buk. Významný poznatok je aj skutočnosť lepšej dynamiky prirodzenej obnovy javora horského vo vývojovom štádiu rozpadu, čo súvisí s ekologickými podmienkami pre klíčenie, ujímanie a odrastanie pre túto drevinu.



Obr. 2: Štruktúra prirodzenej obnovy buka a javora na skúmaných TVP v jednotlivých rokoch merania po výškových a hrúbkových kategóriách (prepočet na 1 ha)

Fig. 2: Structure of beech and maple natural regeneration on monitored research plots according and years of measurement and height (diameter) categories (calculated for 1 ha)

Diskusia a záver

Získané poznatky potvrdili výskumy Korpela (1989, 1995) ako aj Sanigu (2003) týkajúce sa maloplošnej textúry bukových pralesov. Rozbor štruktúry skúmaného pralesa s prihliadnutím na túto skutočnosť korešponduje s časovým vymedzením jednotlivých štádií podľa Korpela (1989, 1995). Príspevok potvrdil, že vhodným typom matematickej funkcie pre popis priebehu hrúbkovej štruktúry tohto pralesa bez prihliadania na vývojové štádiá je Weibullova funkcia (Zhang et. al. 2001; Westphal et al. 2006; Kuchel et al. 2012).

Z pohľadu dosiahnutia maximálnej hodnoty priemernej hrúbky $d_{1,3}$ boli tieto hodnoty vo všetkých vrstvách pralesa zistené v štádiu optima, pričom rozsah medzikvartilového rozpätia je najnižší v štádiu rozpadu. Výskum počiatkových fáz prirodzenej obnovy drevín buk lesný a javor horský potvrdil, že pri vytvorení medzery v štádiu rozpadu sú lepšie podmienky pre klíčenie, ujímanie a odrastanie javora horského, ktorý sa aj napriek vysokej kompetícii buka a jednotlivému zmiešaniu v tejto fáze vyznačuje vyššou početnosťou ako buk lesný. K rovnakému výsledku dospeli aj Saniga, Sklenár (2003) a Vencurik et al. (2012). V ďalšom vývoji, pri zhoršených svetelných podmienkach ustupuje buku ako dominantnej a kompetične veľmi silnej drevine tohto lesného ekosystému (Klímaš, Vencurik 2009).

Štruktúrna diverzita vypočítaná pomocou vybraných indexov bola v bukových pralesoch Slovenska skúmaná po prvý raz. Z celej ponuky indexov, ktoré charakterizujú hrúbkovú a výškovú diverzitu vychádza ako najadresnejší H-index. Je to modifikácia Giniho koeficientu charakterizujúca nerovnomernosť štruktúry porastov. Rozbor hodnôt podľa

vývojových štádií a za celý vývojový cyklus pralesa potvrdil vertikálnu štruktúru, ktorá je typická pre stromovú formu výberkového lesa (Bachofen, Zingg 2001, 2005).

Podakovanie

Práca bola podporená vedeckým projektom APVV-0286-10.

Literatúra

- Bachofen, H., Zingg, A., 2001: Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands. For. Ecol. Manage., **145**: 137–149.
- Bachofen, H., Zingg, A., 2005: Auf dem Weg zum Gebirgspflanzwald: Kurzzeiteffekte von Durchforstungen auf die Struktur subalpiner Fichtenwälder. Schweiz. Z. Forstwes., **156**: 456–466.
- Camino, R., 1976: Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. AFJZ, **147**: 54–58.
- Clark, P. J., Evans, F. C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. Ecology, **35**: 445–453.
- Dixon, P. M., Weiner, J., Mitchell-Olds, T., Woodley, R., 1987: Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality. Ecology, **68**: 1548–1551.
- Földner, K., 1995: Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. Forstarchiv, **66**: 235–240.
- Gadow, K., 1999: Waldstruktur und Diversität. AFJZ, **170**(7): 117–121.
- Jahne, S., Dohrenbusch, A., 1997: Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. Forstw. Centralblatt, **116**: 333–345.
- Klímaš, V., Vencurik, J., 2009: Analýza štruktúry prirodzenej obnovy Národnej prírodnej rezervácie Badínsky prales. In: Štefančík, I., Kamenský, M. (eds.): *Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov*, s. 60–66.
- Korpeľ, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Bratislava, Vydavateľstvo SAV – Veda, 329 p.
- Korpeľ, Š., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 310 p.
- Kuchel, S., Saniga, M., Jaloviar, P., Vencúrik, J., 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of northwestern Carpathians: A 40-years perspective. For. Ecol. Manage., **264**: 125–133.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., Saksa, T., 1999: Stand structure as the basis of diversity index. For. Ecol. Manage., **115**: 213–220.
- Lewis, K. J., Lindgren, B. S., 2000: A conceptual model of biotic disturbance ecology in the central interior of B.C.: How forest management can turn Dr. Jekyll into Mr. Hyde. For. Chron., **76**: 433–443.
- Lexer, M. J., Lexer, W., Hasenauer, H., 2000: The Use of forest Models for Biodiversity Assessments at the Stand Level. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n.º1: 297–316.
- Lübbers, P., 1999: Diversitätsindizes und Stichprobenverfahren. Universität Freiburg, 101 p.

- Petráš, R., Pajtík, J., 1991: Sústava československých objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, **37**(1): 49–56.
- Pretzsch, H., 1996: Strukturvielfalt als Ergebnis Waldbaulichen Handels. *AFJZ*, **167**: 213–221.
- Pretzsch, H., 1998: Struktural diversity as a result of silvicultural operations. *Lestnictví-Forestry*, **44**(10): 429–439.
- Reineke, L. H., 1933: Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal Agric. Res.*, **46**: 627–638.
- Runkle, J. R., 1982: Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, **63**: 1533–1546.
- Runkle, J. R., Yetter, T. C., 1987: Treefalls Revisited: Gap Dynamics in the Southern Appalachians. *Ecology*, **68**: 417–424.
- Saniga, M., Sklenár, P., 2003: Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Oblík. *Acta facultatis forestalis Zvolen*, **XLV**: 169–178.
- Saniga, M., 2002: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. *Ochrana prírody*, **21**: 202–218.
- Saniga, M., 2003: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Havešová. *Ochrana prírody*, **22**: 179–190.
- Tomppo, E., 1986: Models and methods for analysing spatial patterns of trees. *Communicationes Instituti forestalis fenniae*, **138**: 65.
- Vencurik, J., Kuchel, S., Jaloviar, P., 2012: Typizácia porastových štruktúr a analýza stavu prirodzenej obnovy zmiešaného lesa v Národnej prírodnej rezervácii Mláčik. *Zprávy lesníckeho výzkumu*, **57**(2): 93–100.
- Watt, A.S., 1947: Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.*, **35**: 1–22.
- Westphal, C., Tremer, N., Oheimb, G., V., Hansen, J., Gadow, K. V., Härdtle, W., 2006: Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *Forest Ecology & Management*, **223**: 75–83.
- Yamamoto, S., 2000: Forest gap dynamics and tree regeneration. *J. For. Res.*, **5**: 223–229.
- Zenner, E. K., 1999: Eine neue Methode zur Untersuchung der Dreidimensionalität in Waldbeständen. *Universität Freiburg*, 11 p.
- Zenner, E., Hibbs, D. E., 2000: A new method for modeling the heterogeneity of forest structure. *For. Ecol. Manage.*, **129**: 75–87.
- Zhang, L. J., Gove J. H., Liu, C. M., Leak, W. B. 2001: A finite mixture of two Weibull distributions for modeling the diameter distributions of rotated-sigmoid, uneven-aged stands. *Can. J. For. Res.*, **31**(9): 1654–1659.

DYNAMIKA RADIÁLNEHO RASTU VYBRANEJ POPULÁCIE JELŠE SIVEJ (*ALNUS INCANA* [L.] MOENCH.) V OBLASTI VÝCHODNÝCH KARPÁT

Dynamics of radial growth of the selected grey alder population
(*Alnus incana* [L.] Moench.) in the area of Eastern Carpathians

Michal Bugala • Miroslav Balanda

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: bugala@tuzvo.sk, miroslav.balanda@tuzvo.sk

Abstract

Submitted paper analyzes the dynamics of radial increment of the natural population of Gray alder in the area of Eastern Carpathians. Study was performed on the eight localities; the plot location followed the systematical coverage of the whole river-basin of the Cirochariver. We calculated basic statistical characteristics of each tree ring series. The values of sensitivity varied from 0.207 to 0.384, with an average value of 0.288, what represents the medium level of sensitivity to exogenous factors of the environment. The highest values of autocorrelation connected with low level of sensitivity and the highest average annual increment were recorded by analysis of J11 series. This fact suggests that the trees were able to eliminate exogenous factors in the best way on the above-mentioned plot. After the detrending of increment series using the Hegershoff curve, we created standard increment chronology of the Gray alder.

Keywords: *Alnus glutinosa, radial increment, dendrochronology, tree ring*

Abstrakt

Predkladaná práca v základných rysoch analyzuje dynamiku hrúbkového rastu prírodných populácií jelše sivej v oblasti Východných Karpát. Štúdiá bola vykonaná na ôsmich lokalitách, pričom plochy pre odber vývrvtov boli navrhnuté tak, aby bolo pokryté celé povodie horného toku rieky Cirochy. Pre jednotlivé dendrochronologické série vývrvtov boli vypočítané základné štatistické parametre. Hodnoty citlivosti priemeru v sérii sa pohybovali od 0,207 po 0,384 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,288 predstavuje strednú úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na exogénne faktory prostredia. Najvyššie hodnoty autokorelácie spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyššou priemernou šírkou ročného kruhu boli zaznamenané v letokruhovej sérii J11 na ploche 5, čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Po detrendácii letokruhových radov pomocou Hegershoffovej rastovej funkcie bola prostredníctvom programu ARSTAN pre každú plochu vytvorená štandardizovaná chronológia jelše sivej.

Kľúčové slová: *Alnus incana, radiálny prírastok, dendrochronológia, letokruh*

Úvod a problematika

V poslednom období sa pozornosť lesníckeho výskumu v oblasti základných biologických disciplín venuje štúdiu populácií drevín dôležitých predovšetkým z hľadiska plnenia

iných, celospoločenských funkcií. Patrí k nim aj jelša sivá (*Alnus incana*), ktorá je významnou zložkou brehových porastov s veľkou regulačnou a retenčnou schopnosťou pri vysokých vodných stavoch, ale je i dôležitou melioračnou drevinou, ktorá priaznivo pôsobí na vlastnosti pôd, na ktorých rastie. Ako rýchlorastúca drevina má skrátenú životnosť. Dožíva sa 50 – 60 rokov, zriedkavo semenné jedince presahujú 120 rokov veku (Pagan 1996). Jej porasty ovplyvňujú nielen ustálenosť vodných tokov a zachovávajú ich prirodzený ráz, ale sú aj výrazným krajinotvorným prvkom (Lukáčik 2002; Jakubisová 2009). V poslednom období sa stávajú zaujímavými aj z hospodárskeho hľadiska ako producent drevnej suroviny pre produkciu biomasy, ale i nábytkársky priemysel. Cenené sú predovšetkým rôzne technické formy (svalcovité, očkové), ktoré poskytujú kvalitné a esteticky vysoko hodnotné drevo. Pri správnom obhospodarovaní môžu jelše vytvárať rovné a plnodrevné kmene na stanovištiach, na ktorých by sa iné hospodárske dreviny len ťažko uplatnili (Lukáčik, Bugala 2005). Narastajúci lesnícky a krajinársky záujem o jelšu, ako aj dopyt po kvalitnom jelšovom dreve, podnietili odborníkov z rôznych lesníckych inštitúcií venovať zvýšenú pozornosť záchrane genetiky vysoko hodnotných populácií. Hľadajú sa vhodnejšie spôsoby jej obnovy a pestovania (Šmelková, Sarvašová 2007).

Okrem biologických a ekologických aspektov sa zvýšená pozornosť začína venovať aj rastovým zákonitostiam a produkčným schopnostiam jelší s ohľadom ich lepšieho hospodárskeho využitia (Lukáčik, Bugala 2005).

Štruktúra a rastové vlastnosti porastov sa neustále menia spolu s diverzifikovanými podmienkami stanovišta a pri ich štúdiu je potrebné mať meniacu sa dynamiku neustále na zreteli (Pittner, Saniga 2008). Riešením môžu byť v niektorých prípadoch dendrochronologické štúdie, ktoré umožňujú do istej miery popísať dynamiku porastu v minulosti pomocou merania širok letokruhov a ďalších parametrov prírastku (Schweingruber 1996). Toto problematikou sa zaoberá veľké množstvo dendrochronologických štúdií, napr. vplyv teploty na dynamiku prírastku (Sander et al. 1995), vplyv meniacej sa klímy a gradientu nadmorskej výšky (Norton 1984; Lingg 1986) prípadne hodnotia dynamiku radiálneho prírastku v závislosti od vplyvu komplexu vonkajších (stresových) faktorov (Kucbel et al. 2009), atď.

Cieľom predkladanej práce bolo v povodí rieky Cirochy na ôsmych výskumných plochách posúdiť premenlivosť rastových vlastností prirodzených populácií jelše sivej s meniacim sa gradientom nadmorskej výšky. Následne po odstránení biologického trendu pomocou Hegershoffovej funkcie, vytvoriť pre plochy štandardizovanú chronológiu a na základe štatistických parametrov dendrochronologických meraní posúdiť rastový potenciál hodnoteného taxónu v sledovanom povodí.

Materiál a metodika

Materiál pre predkladanú prácu bol získaný z 8 lokalít v povodí horného toku rieky Cirochy, ležiaceho v orografickom celku Bukovské vrchy.

Bukovské vrchy patria do Alpsko-himalájskej sústavy, podsústavy Karpaty, provincie východných vonkajších Karpát, oblasti Poloniny. Východné Karpaty budujú výlučne flyšové horniny vrchnej kriedy a paleogénu magurského a vonkajšieho flyšu. Flyšové horniny sú často prekryté kvartérnymi horninami rôzneho charakteru a hrúbky. Dná údolí väčších tokov vyplňajú fluvialne sedimenty. Dominantným pôdnym typom sú kambizeme s lokálnym výskytom kambizemí andozemných až andozemí. Bukovské vrchy patria do mierne teplej

až chladnej oblasti. Priemerná ročná teplota sa pohybuje od 5 do 8 °C. Priemerná relatívna vlhkosť vzduchu je 80 %. Priemerný úhrn zrážok je 800 – 850 mm, v najvyšších polohách Nízkyh Beskyd a Bukovských vrchov je to nad 1000 mm ročne. Priemerný počet dní zo snehovou pokrývkou je v nižších polohách na juhu územia okolo 70, v dolinách na severe 80 a v hrebeňových polohách je to až 120 dní (Vološčuk 1988).

Tabuľka 1: Základné stanovištné charakteristiky skúmaných plôch

Table 1: Basic site characteristics of research plots

Plocha ¹	Nadmorská výška ² [m n. m.]	Expozícia ³	Sklon ⁴ [%]	Priemerný vek ⁵ [r.]
PL 1	770	SZ	7	35
PL 2	455	JZ	10	25
PL 3	430	JZ	5	30
PL 4	400	JZ	7	25
PL 5	370	JZ	5	30
PL 6	345	Z	4	35
PL 7	295	J	3	25
PL 8	270	J	4	30

¹ Plot, ² Altitude, ³ Slope orientation, ⁴ Slope, ⁵ Average age

Zber materiálu určeného pre dendrochronologickú analýzu prebiehal v roku 2012 počas vegetačného obdobia. Výberový dizajn plôch určených pre odber výrvtov bol navrhnutý tak, aby bolo pokryté celé povodie horného toku Cirochy. Vzhľadom na vertikálny gradient nadmorskej výšky tohto povodia bol pre odber materiálu zvolený krok 25 – 35 výškových metrov. Týmto spôsobom bol pozdĺž celého povodia odobraný materiál z celkovo ôsmich plôch. Na každej ploche boli vybrané tri jedince, ktoré si navzájom v korunovej vrstve nekonkurovali a svojimi dendrometrickými charakteristikami reprezentovali odhadom stanovený stredný kmeň konkrétneho porastu. Samotné vývrty boli odoberané vo výške $d_{1,3}$ pomocou Presslerovho nebožieca v dvoch na seba kolmých smeroch. Smer odoberania prvého vývrty bol priebežne menený s cieľom zamedziť systematickej chybe (Šmelko 1982). Z každej plochy boli hore uvedeným spôsobom odobraté vývrty z troch jedincov ($N=24$). Odoberaté vývrty boli vysušené a nalepené do 2 mm hlbokých drážok dreveného vzorkovníka. Následne boli manuálne prebrúsené brúsnym papierom so zrnitosťou 200 (Cook, Kairiukstis 1990), digitalizované skenerom Epson Expression 10000 XL s rozlíšením 1 200 dpi a spracované v programe WinDendro™ 2009b (Régent Instruments, Inc.). Šírka samotných letokruhov bola meraná s presnosťou 0,001 mm. Nakoľko vek mnohých jedincov nepresiahol 50 rokov, na krížové datovanie jednotlivých letokruhových sérií bola použitá metóda skeletonových diagramov (Cropper 1979), pre stanovenie miery podobnosti časových radov neparametrický tzv. *Gleichlaufigkeit* (GI) *sign* test (Kaennel, Schweingruber 1995). Kritériom pre zaradenie letokruhovej série do priemernej chronológie na každej ploche bola hodnota GI koeficientu väčšia než 75 %. Po revízií falošných a chýbajúcich letokruhov na základe porovnávania jednotlivých sérií spĺňalo uvedené kritérium 19 letokruhových sérií. Tieto boli použité pre kalkuláciu deskriptívnych štatistík ako i vytvorenie štandardnej letokruhovej série pre jelšu sivú na danej lokalite. Pre odstránenie trendu ktorý je následkom prirodzeného poklesu rastovej energie každého jedinca bola použitá Huger-shoffova rastová funkcia:

$$f(t) = a \cdot t^b \cdot e^{(-c \cdot t)} + d$$

kde

$f(t)$ – šírka letokruhu,

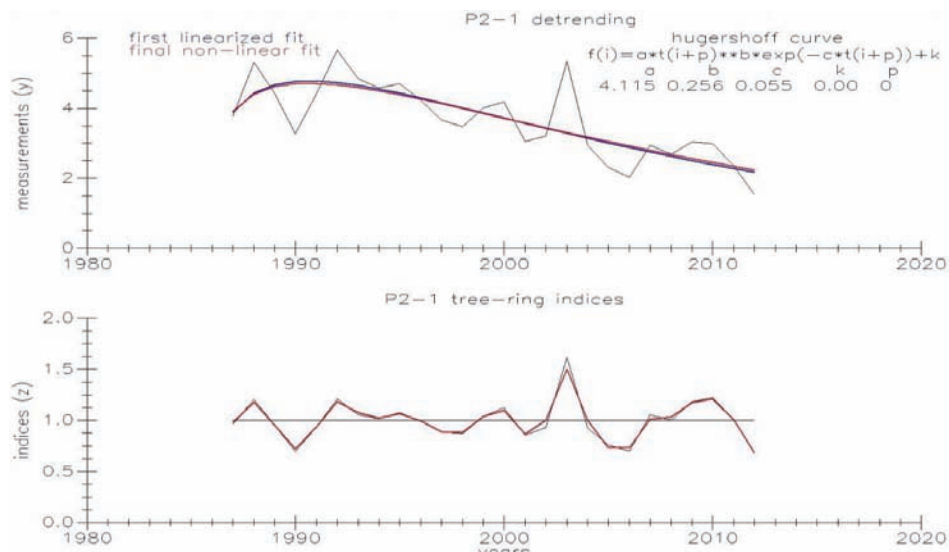
t – vek,

b, c, d – parametre funkcie.

Pre odstránenie biologického trendu ako aj konštrukciu štandardizovanej chronológie bol použitý program ARSTAN ver. 41 (Cook 1985).

Výsledky a diskusia

Každý hodnotený strom skúmanej série vykazuje postupný pokles šírky letokruhov. Pre odstránenie rastového trendu vyplývajúceho z prirodzeného poklesu šírky letokruhu s rastúcim vekom stromu (spôsobeného zväčšovaním jeho priemeru a ďalšími endogénnymi príčinami), boli jednotlivé časové rady pred analýzou ročných kruhov detrendované. Detrendácia je potrebná najmä vtedy, keď rovnako ako v tomto prípade, je spracovávaný súbor rôznovekých stromov a kde na veku závislý rastový trend môže výrazne ovplyvniť výsledok (Cook, Kairiukstis 1990). Stredná šírka ročných kruhov v jednotlivých rokoch, detrendácia pomocou Hugershoffovej rastovej funkcie a vyrovnanie chronológie letokruhovej rady je znázornené na obrázku 1, na príklade jedince J7 na ploche 4.



Obr. 1: Odstránenie biologického trendu pomocou Hugershoffovej funkcie, jedinec J7 – PL4

Fig. 1: Removing of biological growth trend using the Hugershoff curve, specimen J7 – PL4

Základné štatistické údaje pre skúmané série časových radov sú pre jednotlivé plochy uvedené v tabuľke 2.

Priemer kmeňa analyzovaných jedincov vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$) sa pohyboval v intervale od 16,4 do 23,9 cm a ich vek (podľa počtu letokruhov jednotlivých analyzovaných stromov) od 23 do 45 rokov. Priemerná šírka letokruhu v sérii plôch dosiahla 3,09 mm s pomerne

vysokou priemernou variabilitou na úrovni 46 %. So zmenou nadmorskej výšky sa výrazne menila i priemerná šírka ročných kruhov. Najnižšia zaznamenaná priemerná šírka letokruhu v sérii predstavuje 2,070 mm (J1) a naopak najvyššia 3,858 mm (J12).

Citlivosť priemeru je mierou relatívnych rozdielov širok po sebe nasledujúcich ročných kruhov. Jej hodnota sa môže pohybovať od nuly, keď neexistuje rozdiel v šírkach po sebe nasledujúcich letokruhov po 2,0, kedy sa nulové hodnoty pravidelne striedajú s nenulovými hodnotami širok (Fritts 1976). Vyjadruje teda mieru citlivosti stromov na exogénne faktory prostredia. Citlivosť bola vypočítaná pre každú letokruhovú sériu z priemeru dvoch na seba kolmých vývrtov troch jedincov. Táto štatistická charakteristika spolu s autokoreláciami prvého rádu dokumentuje rozdielnosť sérií z hľadiska hrúbkových prírastkov (Jaloviar et al. 2011). Hodnoty citlivosti v sérii varírovali v intervale od 0,207 po 0,384 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,288 predstavuje strednú úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na vonkajšie faktory prostredia.

Hodnoty autokorelácie prvého rádu v sérii varírovali od 0,310 po 0,905. Čím vyššie sú rozdiely v striedaní nadpriemerných a podpriemerných ročníkov, tým nižšie sú hodnoty autokorelácie. Najvyššie hodnoty autokorelácie spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyšším priemerným prírastkom boli zaznamenané v letokruhovných sériách J10 - J12 čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Naopak najvýraznejšie reagovali jedince v sériách J1, J2 a J15, kde sa vplyv endogénnych faktorov výrazne prejavil i na nízkom priemernom prírastku.

Tabuľka 2: Základné štatistické parametre dendrochronologických sérií jelše sivej

Table 2: Basic statistical characteristics of the Grey alder chronologies

Plocha ¹	Séria ²	Rok začiatku ³	Počet rokov ⁴	Šírka letokruhu ⁵	$\pm s_x$ ⁶	Citlivosť priemeru ⁷	Autokorelácia 1. rádu ⁸
PL1	J1	1972	39	2,070	0,79	0,347	0,310
	J2	1972	39	2,360	0,97	0,334	0,568
PL2	J3	1983	28	2,670	1,52	0,384	0,649
	J4	1984	27	2,861	1,72	0,289	0,717
PL3	J5	1987	26	3,149	2,03	0,329	0,650
	J6	1979	34	2,800	1,14	0,208	0,797
PL4	J7	1987	26	3,653	1,07	0,215	0,644
	J8	1988	25	3,614	2,75	0,246	0,875
	J9	1986	27	3,369	2,41	0,270	0,744
PL5	J10	1985	28	3,628	3,37	0,237	0,888
	J11	1984	29	3,858	2,28	0,207	0,905
	J12	1985	28	2,831	1,41	0,245	0,772
PL6	J13	1982	31	3,050	1,35	0,293	0,789
	J14	1968	45	2,532	1,14	0,312	0,671
	J15	1979	34	2,675	1,22	0,375	0,523
PL7	J16	1987	26	3,377	2,13	0,294	0,679
	J17	1989	24	3,227	1,72	0,285	0,584
PL8	J18	1990	23	3,761	1,54	0,236	0,649
	J19	1982	31	2,679	1,48	0,366	0,640

¹Plot, ²Series, ³Year of beginning, ⁴Number of years, ⁵Ring width, ⁶Standard deviation, ⁷Mean sensitivity, ⁸1st order autocorrelation

Program ARSTAN (Cook 1985) bol použitý na základe detrendovania na vytvorenie štandardnej chronológie jelše sivej na každej sledovanej ploche (Cook, Kairiukstis 1990). Štandardizovaná chronológia vznikla ako priemer indexu širok letokruhu po odstránení rastového trendu pomocou Hughschoffovej funkcie.

Záver

Na záver možno konštatovať, že rozdielny hrúbkový rast jednotlivých letokruhových sérií jelše sivej v sledovanej oblasti je ovplyvnený kombináciou rôzne veľkých hrúbkových prírastkov na začiatku ich rastu a rozdielne rýchleho poklesu prírastku s rastúcim vekom výrazne vekovo diferencovaného súboru stromov. Tvar priebehu časových radov bol pri väčšine skúmaných letokruhových sérií veľmi podobný. Série s najväčším priemerným prírastkom (J10 – J12) sa na rozdiel od ostatných rôznia jednak miernejším poklesom prírastku, zároveň najvyššou hodnotou autokorelácie a pomerne nízkou hodnotou citlivosti priemeru na exogénne faktory prostredia. Analyzované série zároveň vykazujú väčšie šírky letokruhov ako celkový priemer. Dosiahnutá vysoká hodnota hrúbky je teda pravdepodobne výsledkom rýchlejšieho rastu na začiatku sledovaného obdobia a následného pomerne vyrovnaného trendu hrúbkových prírastkov. Môžeme teda konštatovať, že zistené výsledky poukazujú na najpriaznivejšie rastové podmienky hodnotených jedincov na ploche 5 (nadmorská výška 370 m n. m.) a tým i rastové optimum jelše sivej v sledovanom povodí.

Podakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu VEGA 1/0521/13.

Literatúra

- Cook, E. R., 1985: A time-series analysis approach to tree ring standardization. (Ph.D. Dissertation), University of Arizona, Tucson, 171 p.
- Cook, E. R., Kairiukstis, L. A., 1990: Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Kluwer academic publishers, 394 p.
- Cropper, J. P., 1979: Tree-Ring Skeleton Plotting by Computer. Tree-Ring Bulletin, **39**: 47–59.
- Fritts, H. C., 1976: Tree rings and climate. New York, Academic Press, 579 p.
- Jaloviari, P., Lukáčik, I., Kuchel, S., Varga, M., 2011: Porovnanie hrúbkového rastu vybraných proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies septentrionalis* Svob.) vysadených v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, **53**(1): 29–39.
- Jakubisová, M., 2009: Význam brehovej vegetácie v protieróznej ochrane krajiny. In: Dreslerová, J. (ed.): *Venkovská krajina 2009*. Zborník zo 7. ročníka medzinárodnej medziodborovej konferencie. Brno, MZLU, LDF, s. 70–77.
- Kaennel, M., Schweingruber, F. H. (eds.), 1995: Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 467 p.

- Kucbel, S., Vencúrik, J., Jaloviari, P., Berešík, A., 2009: Radial growth dynamics of Norway spruce in Kysucké Beskydy Mts. Beskydy, **2**(2): 141–148.
- Lingg, W., 1986: Dendroökologische Studien an Nadelbäumen in Alpenen Trockental Wallis (Schweiz). Ber. Eidgenöss. Forsch. Wald Schnee Landsch., **287**: 1–81.
- Lukáčik, I., 2002: Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen – Banská Bystrica. In: Benčať, T., Soroková, M. (eds.): Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen – Banská Bystrica. Banská Bystrica, PARTNER z., p. 103–108.
- Lukáčik, I., Bugala, M., 2005: Premennivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) na Slovensku. Vedecké štúdie 13/2004/A. Zvolen, Technická univerzita, 68 p.
- Norton, D. A., 1984: Phenological growth characteristics of *Nothofagus solandri* trees at three altitudes in the Creibierburn Range, New Zealand. N. Z. J. Bot., **22**: 413–424.
- Pagan, J., 1996: Lesnícka dendrológia. Zvolen, TU, 377 p.
- Pittner, J., Saniga, M., 2008: A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). Journal of Forest Science, **54**(12): 545–553.
- Sander, C., Eckstein, D., Kyncl, J., Dobrý, J., 1995: The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonoše Mountains as indicated by a ring width and wood density. Ann. Sci. For., **52**: 401–410.
- Schweingruber, F. H., 1996: Tree rings and environmental dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research. Bern, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 p.
- Šmelko, Š., 1982: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov. Bratislava, Vydavateľstvo SAV, 184 p.
- Šmelková, L., Sarvašová, I., 2007: Kličenie a rast semenáčikov rodu *Alnus* z peletizovaného semena. In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds): *Aktuálne problémy lesného škôlkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*. Zvolen, NLC, s. 123–129.
- Vološčuk, I., 1988: CHKO Východné Karpaty. Bratislava, Príroda, 333 p.

RŮSTOVÉ ZMĚNY TLOUŠTKY DOSPĚLÝCH DUBŮ V RŮZNÝCH VÝŠKÁCH NA KMENI V REAKCI NA UVOLNĚNÍ A SRÁŽKY

Diameter growth changes in mature oaks stems at different heights as a response
to release and precipitation

Robert Knott¹ • Jan Kadavý² • Michal Kneifl²

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesa, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno, e-mail: knott@mendelu.cz

²Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno

Abstract

We observed diameter growth dynamics on three released and three unreleased sessile oak trees for in two consecutive growing seasons. The precipitation of the first season was substantially lower than that of the second one. Diameter increment was recorded in three different heights (1.3, 4.5 and 9 m) in one-hour intervals using digital diameter increment measurement devices. Mature oak trees responded to release with increased diameter increment while the time of diameter increment culmination remained the same. The growth response was stronger and the increment peaked later in the second season with substantially higher precipitation. With increasing diameter (and thus with increasing social status of the tree) both diameter growth asymptote value and time of diameter increment culmination increased; this trend was more obvious in the second, wetter growing season.

Keywords: sessile oak, diameter increment, release

Abstrakt

Na třech uvolněných a třech neuvolněných vzornících dubu zimního byla po dvě růstové sezóny sledována dynamika tloušťkového růstu v 1,3; 4,5 a 9 m výšky na kmeni. První růstová sezóna byla srážkově chudá, druhá bohatá. Přírůst tloušťky byl měřen v hodinovém intervalu digitálními dendrometry. Konstatujeme, že dospělé duby zimní reagují na uvolnění zvýšeným přírůstem, přičemž doba kulminace přírůstu vyjádřená pořadovým číslem dne roku se uvolněním významně nezměnila. Růstová odezva byla ve srážkově bohatém roce silnější a přírůst stromů kulminoval později, než v roce srážkově chudém, který předcházel. Se stoupající tloušťkou a tím i sociálním postavením stromu stoupala hodnota asymptoty růstu a doba kulminace růstu; tento trend byl výraznější ve srážkově bohatém roce.

Klíčové slova: dub zimní, tloušťkový přírůst, uvolnění

Úvod a problematika

Po uvolnění stromu je tloušťkový přírůst největší ve spodní části kmene (Gura 2010). Směrem nahoru se zmenšuje až do určité výšky, kde je jeho hodnota minimální. Od této výšky se pak zase zvětšuje až do prostoru báze koruny. U některých dřevin (např. buk, dub) velikost tloušťkového přírůstu směrem do oblasti koruny opět klesá (Wenk et al. 1990). Po

několika letech od provedených těžebních zásahů se tloušťkový přírůst uvolněných stromů začne opět přesouvat do horních částí kmene (Peltola et al. 2002; Tasissa, Burkhart 1997). Růstovou odezvu radiálního přírůstu buku na clonné zásahy rozdílné intenzity studovali na Slovensku Barna et al. (2010). Změny radiálního růstu a tím i tvaru a sbíhavosti kmene jsou velmi ovlivněny velikostí koruny stromu. Ta se modifikuje v závislosti na růstovém postavení stromu a hustotě okolního porostu. Obecně platí, že sbíhavost stromů rostoucích ve volném zápoji je ve srovnání se stromy v zápoji (Kozłowski et al. 1991) větší pro zajištění mechanické stability proti větru (Meng et al. 2006; Mitchell 2000). Hodnoty tloušťkového přírůstu v různých výškách kmene závisí na věku stromu, sociálním postavení a kvalitě stanoviště (Šmelko 1982).

Na zvětšování tloušťkového přírůstu ve spodní části kmene se rovněž může podílet dostupnost půdní vody (Wiklund et al. 1995). Petráš et al. (2007) se zabývali vztahem klimatu a tloušťkového přírůstu u porostu dubu zimního v oblasti středního Slovenska. Obdobně se problematice přírůstu v různých výškách kmene věnovali van der Maaten-Theunissen a Bouriaud (2012) u jedle a smrku nebo Bošela et al. (2013) u smrku a buku.

Cílem předkládaného příspěvku je srovnání tloušťkového přírůstu velmi silně uvolněných dubů zimních v různých výškových úrovních kmene ve srovnání s neuvolněnými stromy na příkladu dvou vegetačních sezon s odlišným průběhem počasí.

Tabulka 1: Popisné charakteristiky vzorníkových stromů. Datum měření: jaro 2010

Table 1: Basic characteristic of sample trees. Measurement date: spring 2010

Typ vzorníku ¹	Etáž ²	Věk ¹¹	Tloušťka (d _{1,3}) ³	Tloušťka (d _{4,5}) ³	Tloušťka (d _{9,0}) ³	Výška (h) ⁴	Báze koruny (h _{bk}) ⁵
		[roky]	[mm]			[m]	
R ⁶	1 ⁸	73	192,6	169,0	147,4	15	8
	2 ⁹	73	262,3	224,4	184,0	16	9
	3 ¹⁰	125	369,9	340,0	276,9	16,5	9
C ⁷	1 ⁸	73	181,4	159,2	119,4	19,5	10,5
	2 ⁹	73	242,6	224,7	197,4	19	10,5
	3 ¹⁰	125	367,3	332,0	297,6	19	9

¹Type of sample tree, ²Storey, ³Diameter at 1,3; 4,5 and 9,0 height (mm), ⁴Height (m), ⁵Height of crown base (m), ⁶Released trees,

⁷Control, ⁸Thin, ⁹Moderate thick, ¹⁰Thick, ¹¹Age (years)

Materiál a metodika

Experimentální porost je situován cca 2 km JZ od obce Soběšice (49°14'42.629" s.š. a 16°35'59.736" v.d.) na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny v 77 let staré dubové (*Quercus petraea* agg.) nepravé kmenovině s ojedinělým výskytem cca o 50 let starších výstavkových dubů (Gura 2010). Jde o bývalý střední les, který byl posledních cca 60 let vychováván jako les vysoký. Přesto, že byl porost v době zakládání experimentu podle lesního hospodářského plánu (LHP 2003 – 2012) popsán jako plně zakmeněný a jednoetážový, byly v porostu vylišeny tři etáže. Základním kritériem použitým při jejich stanovení v porostu byla střední tloušťka reprezentativních vzorníkových stromů. Takto byla identifikována etáž tvořená z tenkých (1), středně silných (2) a silných (3) stromů porostu (viz tabulka 1). Převládajícím lesním typem je zde 1B1 (Viewegh et al. 2003). V únoru 2010 byla část porostu silně proředěna (blíže viz Kadavý et al. 2011) a na 6 ks vzorníkových stromů (3

silně uvolněné – označeny R, 3 neuvolněné – označeny C) byly ve výškách 1,3; 4,5 a 9 m nainstalovány automatické dendrometry DR26 (EMS Brno, CZ). Přírůsty byly automaticky zaznamenávány na dataloger Microlog SP (EMS Brno, CZ). Pro analýzu byly vybrány růstové sezóny s výrazně odlišným úhrnem srážek (577 mm v roce 2012 a 420 mm v roce 2013). Popisné charakteristiky vzorníkových stromů jsou uvedeny v tabulce 1.

Sumární denní hodnoty přírůstů tloušťky pro každý strom, měříště a růstovou periodu (2012: 100. – 314. den roku a 2013: 109. až 314. den roku) byly pomocí funkce `nlsList` balíčku `nlme` (Pinheiro et al. 2013) v programu R (R Core Team 2013) proloženy Michajlovovou růstovou křivkou

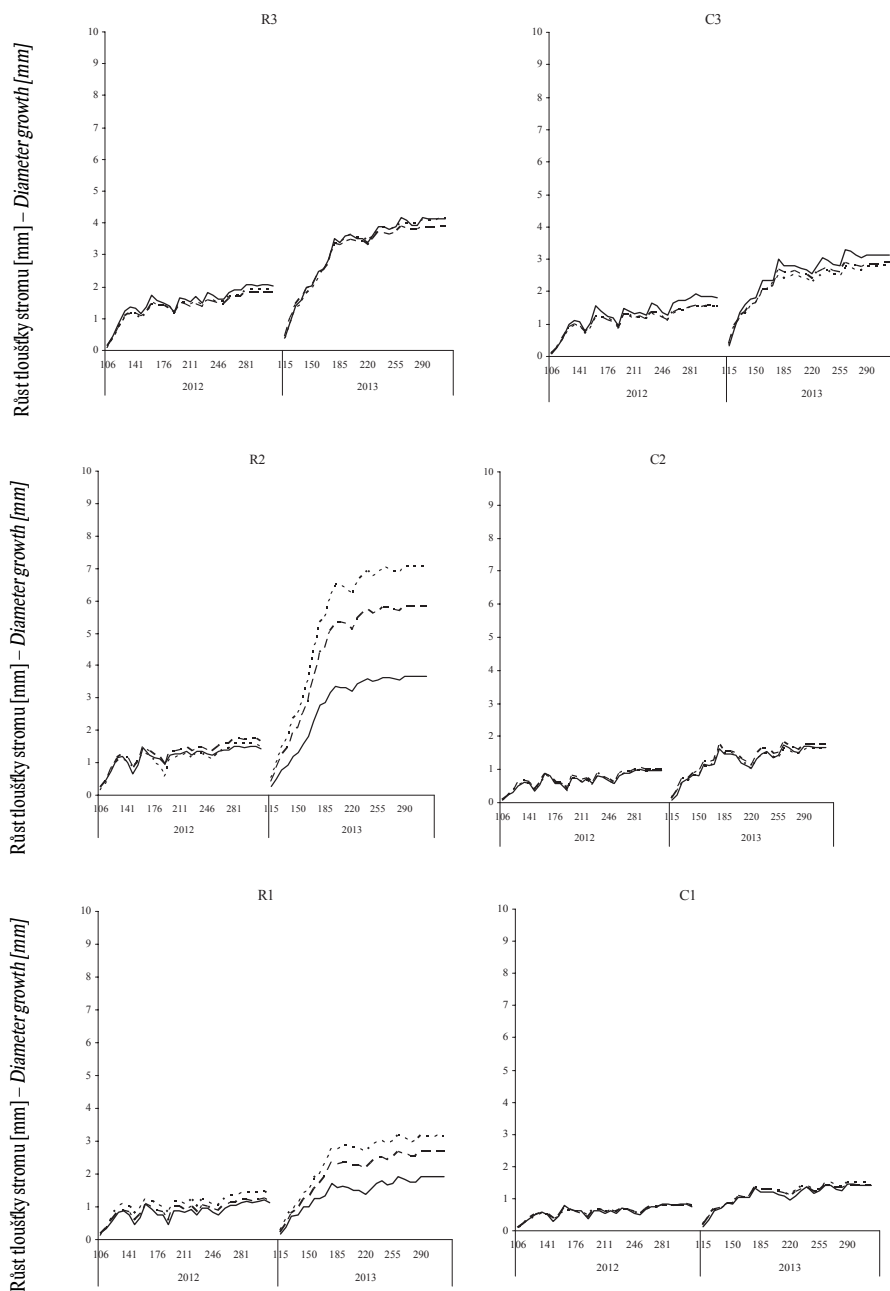
$$d_{ih} = A \cdot e^{(-k/doy)} \quad [1]$$

kde d_{ih} – tloušťka i -tého stromu ve výšce h , doy – pořadí kalendářního dne roku; A , k – koeficienty. Průběhy křivek byly porovnány na základě odhadů parametrů A a k a jejich intervalů spolehlivosti. Parametr k byl převeden na hodnotu polohy inflexního bodu růstové křivky ($t_{inf} = k/2$) a výsledek byl přičten k počátečnímu dni růstové sezóny daného roku.

Výsledky a diskuse

Přírůst uvolněných dubů byl v obou růstových sezónách a ve všech třech měřených výškách vyšší, než přírůst stromů neuvolněných. Rozpětí růstové difference tloušťky kmene činil v roce 2012 od +12 % (vzorník R3 vůči C3 ve výšce 9 m) po +77 % (vzorník R1 vůči C1 ve výšce 1,3 m). V roce 2013 toto rozpětí činilo již od +31 % (vzorník R3 vůči C3 ve výšce 9 m) po +332 % (vzorník R2 vůči C2 ve výšce 1,3 m). Stromy silné (kategorie vzorníků 3) reagovaly na uvolnění ve srážkově chudém roce 2012 méně než stromy středně silné (kategorie vzorníků 2) a slabé (kategorie 1). Slabší reakce na uvolnění byla u stromu kategorie 2 a nejslabší u kategorie vzorníku 3. Obrázek 1 prezentuje růstovou dynamiku všech šesti vzorníků v obou růstových sezónách. Z obrázku je na první pohled patrný rychlejší růst všech uvolněných vzorníků oproti neuvolněným v roce 2013, kdy na počátku růstové sezóny měly stromy k dispozici dvojnásobný úhrn srážek, než v roce 2012.

Tento rozdíl je nejmarkantnější u všech tří výšek u stromu R2 (středně tlustý uvolněný strom). U tenkých a středně tlustých uvolněných stromů (R1 a R2) je v roce 2013 navíc patrný výrazný rozdíl v tloušťkovém růstu různých výškových úrovní kmene. Oba vzorníky přirůstaly nejvíce na bázi kmene (1,3 m), méně uprostřed (4,5 m) a nejméně pod korunou (9 m). V roce 2013 oproti tomu přirůstal tenký uvolněný vzorník (R1) méně ve střední části kmene (4,5 m) a shodně na bázi kmene (1,3 m) a pod korunou (9 m). V roce 2012 nebyly rozdíly v růstu vzorníků tak markantní a rozložení přírůstu po kmeni nemá jednoznačný charakter. V literatuře jsou informace o pozitivním účinku těžebních zásahů na tloušťkový přírůst v dospělých, především starých porostech velmi vzácné (Barna et al. 2010) a zejména pro listnáče velice sporadické. O to cennější je např. výsledek práce autorů Nowacki, Abrams (1997), která doložila cca 25 % zvýšení tloušťkového přírůstu u starobylých porostů dubu (starých 300 let a více) z oblasti střední Pensylvánie (USA). V případě naší práce jsou srovnatelné z tohoto pohledu stromy nejtlustší etáže, tj. bývalé výstavkové stromy středního lesa, jejichž věk byl dendrochronologickou analýzou stanoven na cca 125 let (Gura 2010). Tloušťkový přírůst uvolněného stromu této etáže byl ve výškách 1,3 m, 4,5 m a 9 m oproti neuvolněnému stromu nejtlustší etáže v roce 2012 vyšší o 24 % (0,38 mm), 19 % (0,29 mm) a 12 % (0,21 mm) a v roce 2013 vyšší o 47 % (1,32 mm), 35 % (1,0 mm) a 31 % (0,98 mm) oproti stromu neuvolněnému. Podle Utschiga (2002) se tloušťkový pří-



Pořadí kalendářního dne roku – Day of year

Legenda – Legend: měřístě 9 m – plná čára; 4,5, – čárkovaná čára; 1,3 m – tečkovaná čára – measuring points 9 m – solid line, 4.5 m – dashed line, 1.3 m – dotted line

růst stromu zvyšuje se zvětšujícím se růstovým prostorem až do okamžiku, kdy dosáhne určitého bodu nasycení (saturation). Po dosažení tohoto stavu již strom dále nepřirůstá a ne-

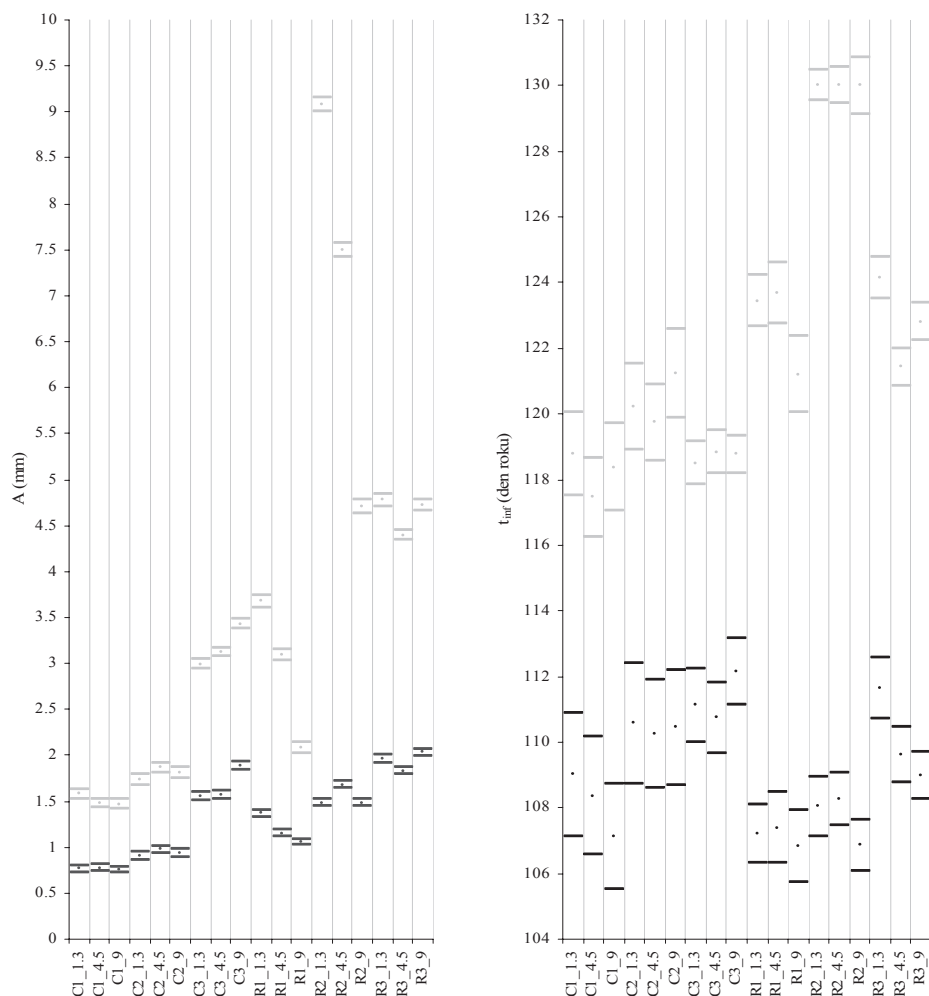
mění hodnotu přírůstu. Za tohoto stavu je mu poskytována maximální energie zásobování. Paradoxně však relativní hodnota jeho přírůstu může klesat s rostoucí velikostí koruny, zejména v případě, že jeho koruna je již dostatečně velká. Tento efekt lze potvrdit našimi výsledky, kdy uvolnění u silných, nadúrovňových stromů s velkými korunami mělo menší efekt, než u stromů úrovňových středně silných, především v roce bez srážkového deficitu (2013).

Zvětšování tloušťkového přírůstu jako reakce na těžební zásah je obecně známe a v literatuře je označováno jako světlostní přírůst (Assmann 1961; Nyland 2002). Podle Šmelka (1982) je relativní tloušťkový přírůst vztažený k tloušťkovému přírůstu ve výčetní výšce (1,3 m) největší uvnitř koruny a v oblasti kořenového náběhu. U potlačených stromů se tloušťkový přírůst naopak více ukládá v horní než ve spodní části kmene (Wenk et al. 1990). Po prosvětlovacích (clonných) sečích se tloušťkový přírůst více ukládá ve spodní části kmene (Šmelko 1982). Výsledky studie je možno částečně konfrontovat s výsledky obdobně zaměřené práce na reakci tloušťkového přírůstu po clonných sečích různé intenzity u buku lesního (Barna et al. 2010), kdy byla signifikantní pozitivní reakce tloušťkového přírůstu identifikována ve spodních částech kmenů u potlačených stromů. Úrovňové stromy podstatnou část přírůstu alokovaly do střední a rovněž do spodní části kmene, naopak nadúrovňové stromy uniformně distribuovaly tloušťkový přírůst do všech úrovní kmene. Uvedená konstatování se shodují s výsledky naší práce. Rozdíly v růstu tloušťky tří uvolněných a tří neuvolněných stromů jsou analyzovány v obrázku 2. U slabých a středně silných uvolněných stromů (R1 a R2) klesal parametr A (asymptota) proložené růstové funkce statisticky významně se stoupající výškou měřistiště. Největší byl tedy přírůst na bázi kmene, menší v 4,5 m a nejmenší v 9 m. U nejsilnějšího uvolněného stromu (R3) byla asymptota pro měřistiště 4,5 m statisticky významně nižší, než pro výšky 1,3 m a 9 m (tyto se navzájem významně nelišily). Ve srážkově chudém roce jsou významně odlišné hodnoty asymptot tloušťkového růstu u všech tří výšek na kmeni pouze u uvolněného nejslabšího stromu (R1) a hodnota asymptoty zde klesá se zvětšující se výškou měřistiště. Středně tlustý strom v roce 2012 měl přírůst ve výšce 4,5 m významně vyšší, než v 1,3 m a v 9 m. Nejtlustší uvolněný strom měl ve srážkově chudém roce charakter rozložení přírůstu stejný, jako v roce 2013, tedy přírůst ve výšce 1,3 a 9 m byl významně vyšší, než ve 4,5 m.

U neuvolněných stromů nebyly v hodnotě asymptoty statisticky významné rozdíly u tenkého (C1) a středně tlustého stromu (C2) v žádné z obou růstových sezon. U nejtlustšího stromu (C3) byla v roce 2012 statisticky významně vyšší asymptota tloušťkového růstu v 9 m (růst v 1,3 a 4 m se významně nelišil). V roce 2013 se asymptoty růstu ve všech výškách významně lišily a hodnoty asymptot stoupaly se stoupající výškou měřistiště.

Co se druhého parametru růstové funkce týče, lze na první pohled konstatovat výrazně širší intervaly spolehlivosti, než pro parametr asymptoty. V roce 2012 nebyl kromě nejtlustšího uvolněného stromu shledán a u jednotlivých vzorníků a jejich měřišť nalezen významný rozdíl v době kulminace tloušťkového růstu. U zmíněného vzorníku R3 kulminoval tloušťkový přírůst v 1,3 m statisticky významně později, než u výšek 4,5 a 9 m. Lze rovněž vysledovat trend posunu kulminace tloušťkového přírůstu od stromů tenkých kulminujících dříve po stromy tlusté kulminující později.

Významnější rozdíly v době kulminace tloušťkového přírůstu lze najít ve srážkově bohatším roce 2013, kdy byly nalezeny dva významné rozdíly, a sice u tenkého uvolněného stromu (R1) a u tlustého uvolněného stromu (R3). U stromu R1 kulminoval přírůst statisticky významně dříve v 9 m, než v 1,3 a 4,5 m. U stromu R3 se statisticky významně lišily pa-



R1,2,3 – uvolněné vzorníky; C1,2,3 – neuvolněné vzorníky; 1,3, 4,5, 9 – výšky měříšť – R1,2,3 – released trees; C1,2,3 – not released trees; 1,3, 4,5, 9 – heights of increment measuring points

Obr. 2: Střední hodnoty a 99 % intervaly spolehlivosti pro asymptoty (A) a polohy inflexních bodů (t_{inf}) růstových křivek vzorníků v různých výškách v růstové sezoně 2012 (černě) a 2013 (šedě)

Fig. 2: Mean values and 99% confidence intervals for asymptotes (A) and inflex point positions (t_{inf}) of individual sample tree growth curves at different heights in growing seasons 2012 and 2013

rametry všech tří měříšť, kdy nejdříve kulminoval přírůst v 4,5 m (ve 121 dni), pak v 9 m (123 den) a naposled v 1,3 m (124 den). Rovněž zde je patrný trend posunu kulminace tloušťkového přírůstu od tenkých stromů, které kulminují dříve, po tlusté, které kulminují později.

Podle Frittse (1976) je růst spodní části kmene zpravidla negativně ovlivňován teplým a suchým obdobím pozdního léta předcházejícího roku. Naproti tomu, růst horní části kmene stromu je limitován teplým a suchým obdobím na začátku léta dané vegetační sezóny, což lze potvrdit i našimi výsledky. Corona et al. (1995) pro dub cer (*Quercus cerris* L.) uvádějí, že růst kmene byl negativně ovlivňován vyššími než průměrnými teplotami léta daného roku, zatímco růst kmene ve výčetní výšce nebyl teplotami ovlivňován vůbec. Dalším významným faktorem podle stejných autorů byly srážky v červenci roku, ve kterém se vytvářely letokruhy. V našem případě tomu tak nebylo, protože převážná většina tloušťkového přírůstu bylo vytvořeno již okolo 180 dne roku, což odpovídá konci června.

Obdobně van der Maaten-Theunissen a Bouriaud (2012) konstatují, že růst tloušťky ve výčetní výšce nebyl tak citlivý na klimatické podmínky jako ve vyšších výškových úrovních kmene. Alokace přírůstu byla především závislá na teplotě. Teplá léta způsobovala větší redukci růstu kmene ve výčetní výšce než v horních partiích kmenů smrku a buku. Chhin et al. (2010) zformulovali hypotézu, podle které růst v horní části kmene ovlivňují klimatické podmínky roku, ve kterém se formují letokruhy. Naopak růst kmene ve výčetní výšce je regulován klimatickými podmínkami roku předcházejícímu formování letokruhů. Ke zvýšené alokaci do spodní části kmene tak podle Chhin et al. (2010) dochází tehdy, když pozdní léto předcházejícího roku bylo chladné a vlhké, předcházející zimy byly teplé s malým množstvím sněhu a na počátku léta v roce, kdy se vytvářely letokruhy, bylo teplo a sucho. Dostupnost půdní vody hraje v procesu ukládání asimilátů rovněž svoji roli. Vyšší úroveň stromem využitelné půdní vody měla u smrku ztepilého pozitivní efekt na růst tloušťky ve výčetní výšce (Wiklund et al. 1995). V předložené práci dokazujeme pozitivní vliv vyššího srážkového úhrnu daného roku na absolutní hodnotu tloušťkového přírůstu (vyjádřeného pro možnost statistického testování hodnotou modelové asymptoty) a na dobu kulminace tloušťkového přírůstu. Konstatujeme mimo jiné vyšší dosažené hodnoty tloušťkového přírůstu ve srážkově bohatém roce, následujícím po roce srážkově chudém. Rovněž konstatujeme pozdější kulminace tloušťkových přírůstů ve srážkově bohatším roce.

Závěr

Obecně lze výsledky práce uzavřít následovně konstatováním, že:

- uvolněné duby ve věku 83 a 125 let reagovaly na uvolnění zvýšením tloušťkového přírůstu, přičemž doba kulminace přírůstu se významně nezměnila,
- růstová odezva byla ve srážkově bohatém roce silnější, než v předcházejícím roce, který byl srážkově chudý a přírůst stromů kulminoval později,
- trend zvýšeného ukládání přírůstu ve spodních částech kmene u uvolněných stromů byl zjištěn jen u některých vzorníků a nebyl pravidlem,
- se stoupající tloušťkou a tím i sociálním postavením stromu stoupala hodnota asymptoty růstu a doba kulminace; tento trend byl výraznější ve srážkově bohatém roce.

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou projektu „Výmladkové lesy jako produkční a biologická alternativa budoucnosti“ (CZ.1.07/2.3.00/20.0267).

Literatura

- Assmann, E., 1961: Waldertragskunde. München, BLV Verlag, 490 p.
- Barna, M., Sedmák, R., Marušák, R., 2010: Response of European beech radial growth to shelterwood cutting. *Folia Oecologica*, **37**: 125–224.
- Bošela, M., Pajtik, J., Konôpka, B. et al., 2013: Modelling effects of weather condition on seasonal dynamics of the stem circumference increment in a mixed stand of Norway spruce and European beech. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, **59**: 180–188.
- Corona, P., Romagnoli, M., Torrini, L., 1995: Stem annual increments as ecobiological indicators in Turkey oak (*Quercus cerris* L.). *Trees*, **10**: 13–19.
- Fritts, H. C., 1976: Tree rings and climate. London, Academic Press.
- Gura, L., 2010: Tloušťkový přírůst výstavkových dubů ve středním lese. (Diplomová práce). Brno, Mendelova univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta.
- Kadavý, J., Kneifl, M., Knott, R., 2011: Methodology of Establishment of Experimental Research Plots in the Conversion to Coppice and Coppice-with-Standards and their Description. Brno, Mendel University.
- Kozłowski, T. T., Kramer, P. J., Pallardy, S. G., 1991: The physiological ecology of woody plants. San Diego, Academic Press.
- Van der Maaten-Theunissen, M., Bouriaud, O., 2012: Climate–growth relationships at different stem heights in silver fir and Norway spruce. *Can J For Res*, **42**: 958–969.
- Meng, S. X., Lieffers, V. J., Reid, D. E. B. et al., 2006: Reducing stem bending increases the height growth of tall pines. *J Exp Bot*, **57**: 3175–82.
- Mitchell, S. J., 2000: Stem growth responses in Douglas-fir and Sitka spruce following thinning: implications for assessing wind-firmness. *For Ecol Manage*, **135**: 105–114.
- Nowacki, G. J., Abrams, M. D., 1997: Radial-Growth Averaging Criteria for Reconstruction Disturbance Histories from Presettlement-Origin Oaks. *Ecol Monogr*, **67**: 225–249.
- Nyland, R. D., 2002: Silviculture: concepts and applications. New York, McGraw-Hill.
- Peltola, H., Miina, J., Rouvinen, I., Kellomäki, S., 2002: Effect of Early Thinning on the Diameter Growth Distribution along the Stem of Scots Pine. *Silva Fenn*, **36**: 813–825.
- Petráš, R., Brezina, L., Mecko, J., 2007: Dynamics of radial increments of oak due to climatic factors effect. *Ekológia (Bratislava)*, **26**: 295–304.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S. et al., 2013: nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R Packag. version 3.1-109.
- R Core Team, 2013: R: A language and environment for statistical computing. R Found. Stat. Comput.
- Šmelko, Š., 1982: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov. Bratislava, VEDA, 184 p.
- Tasissa, G., Burkhart, H. E. 1997: Modeling thinning effects on ring width distribution in loblolly pine (*Pinus taeda*). *Can J For Res*, **27**: 1291–1301.
- Utschig, H., 2002: Analyse der Standraumökonomie von Einzelbäumen auf langfristige beobachteten Versuchsfächen Methoden, Programmentwicklung und erste Ergebnisse. *Forstw Cbl*, **121**: 335–348.

- Viewegh, J., Kusbach, A., Mikeska, M., 2003: Czech forest ecosystem classification. J For Sci, **49**: 85–93.
- Wenk, G., Antanaitis, V., Šmelko, Š., 1990: Waldertragslehre [Forest yield science]. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Wiklund, K., Konôpka, B., Nilsson, L., 1995: Stem form and growth in *Picea abies* (L.) Karst, in response to water and mineral nutrient availability. Scand J For Res, **10**: 326–332.

RAST INTRODUKOVANÝCH DREVÍN V DUBOVOM LESNOM VEGETAČNOM STUPNI JUŽNÉHO SLOVENSKA

Growth of introduced tree species in the oak-dominated forests of southern Slovakia

Roman Longauer¹ • Marián Pacalaj² • Slavomír Strmeň²

¹ Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno,
e-mail: longauer@mendelu.cz

² Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen

Abstract

The growth and production of 8 introduced tree species we studied at 11 field trials in a nutritionally rich sites within the Pannonic oak-hornbeam (Carpineto-Quercetum) and hardwood alluvial (Ulmeto-Fraxinetum carpineum) forests of the Danube lowland in Slovakia (forest regions 2B and 2C). Our study covered Austrian pine, Douglas-fir, pine, eastern white pine, black walnut, sweet chestnut, red oak and European larch along with the reference „domestic“ species including Scots pine, sessile and pedunculate oak. According to the planting time, our trial plots form 3 groups established 1979–1980, 1982 and 1984–1985.

Comparisons of the mean height, diameter and stem volume at the age of 25-30 years demonstrated excellent growth of introduced tree species. All of them reached maximum table height class of the reference local tree species at all trial plots. Particularly good growth, survival rate and low damage rate was typical of Douglas-fir and European larch.

*The stem basal area per hectare of almost all introduced conifers exceeded the reference values of native conifers. Smaller survival rate of Austrian pine, however, resulted in the smaller basal area in the most trial plots. In addition, its stem quality is poor due to bents, knots and damage of terminals. In sweet chestnut, which is otherwise well growing and most trees are phenotypically valuable, bark necroses due to the chestnut blight caused by *Cryphonectria parasitica* are found in 35% of trees.*

Keywords: introduced tree species, growth characteristics, oak-dominated lowland forests

Abstrakt

Prezentujeme výsledky hodnotenia rastu 8 druhov introdukovaných drevín na 11 pokusných plochách reprezentujúcich rôzne typy stanovišť 1. lesného vegetačného stupňa (s.l.t. *Carpineto-Quercetum* a *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*) Podunajskej pahorkatiny (LO 2B), Hronskej a Nitrianskej nivy (LO 2C). Plochy tvoria 3 série založené v r. 1979 – 1980, 1982 a 1984 – 1985. Vo veku 25 až 30 rokov sme na nich hodnotili rast douglasky tisolistej, borovice čiernej, vejmutovky, jedle obrovskej, orecha čierneho, gašтана jedlého, duba červeného a smrekovca opadavého. Referenčnými „domácimi“ drevinami boli borovica lesná a dub zimný.

Porovnanie výškového a hrúbkového rastu a objemu stredného kmeňa introdukovaných a domácich drevín preukázalo vynikajúci rast introdukovaných drevín. Všetky dosiahli maximálnu výškovú bonitu domácich referenčných drevín. Vynikajúcim rastom, prežívaním a minimálnym poškodením sa bez výnimky vyznačujú výsadby douglasky a smrekovca.

Väčšina introdukovaných ihličnanov mala kruhovú základňu na hektár väčšiu ako tabuľková hodnota pre domáce dreviny. Výnimkou je borovica čierna, u ktorej sme zistili pomerne slabé prežívanie, ktoré zmenšilo jej kruhovú základňu. Drevina sa vyznačuje aj nízkou kvalitou kmeňa: krivosťou, hrčatosťou a častou tvorbou náhradných terminálov. U gaššana jedlého, napriek dobrému rastu a fenotypovej kvalite, sme v hodnotenej výsadbe zistili vysoký, približne 35 % podiel jedincov s nekrozami kôry spôsobenými hubou *Cryphonectria parasitica*.

Kľúčové slová: introdukované dreviny, rastové charakteristiky, nížinné dubové lesy

Úvod a problematika

Za najstaršiu, historicky podloženú, introdukciu cudzokrajnej dreviny na území Slovenska pokladajú Holubčík (1958) a Benčať (1960) výsadbu gaššana jedlého pri hrade Jelenec, možno už v rokoch 1240 – 1241. Zachovala sa dodnes vo forme pralesovitého útvaru prevažne výmladkového pôvodu. S výnimkou gaššana jedlého, agáta a šlachtených topoľov, počiatky systematickej introdukcie lesných drevín na území Slovenska súvisia s Banskou Štiavnicou a prvými profesormi lesníctva tamjšej Baníckej akadémie H. D. Wilckensa a R. Feistmantela.

Z introdukovaných ihličnatých drevín má na Slovensku najväčšie zastúpenie borovica čierna *Pinus nigra* Arnold. ssp. *austriaca*. (Holubčík 1968), ktorej pestovanie sa predpokladá už v prvej polovici 18. storočia. Od konca 19. storočia až do 70. rokov 20. storočia sa vo veľkom rozsahu používala na zalesnenie spustnutých poľnohospodárskych pozemkov v suchších, hlavne krasových oblastiach Slovenska. Z hľadiska času introdukcie sa treťou introdukovanou lesnou drevinou stal agát biely v r. 1801 (Blatný 1965). Počiatky využitia borovice vejmutovky v lesnom hospodárstve sa datujú do r. 1809 (Vadas 1914 ex Holubčík 1968). Čo sa týka duglasky tisolistej, jej prvé výsadby v lesných porastoch sa založili okolo roku 1868. Od konca 19. storočia sa experimentovalo s dubom červeným, orechom čiernym, brestom sibírsym, javorom jaseňolistým a pajaseňom žliazkatým. Z ihličnanov sa uskutočnili pokusy so sekvojovcom mamutím, smrekovcom japonským, tsugou kanadskou, borovicou ťažkou, borovicou pokrútenou, borovicou bankovou, cypruštekom Lawsonovým. Neskôr to boli jedľa obrovská, tuja západná, smrek omorika, orechovce a ďalšie. Za celé obdobie introdukcie sa vysadilo do lesných porastov asi 34 druhov ihličnatých aj listnatých drevín (Machanská 2000). Z toho na najväčšej ploche rastú agát biely, borovica čierna a šlachtené euroamerické topole.

Súčasný podiel introdukovaných drevín na drevinovom zložení lesov je 3,5 %, čo je v plošnom vyjadrení približne 75 tisíc ha. Najrozšírenejšie sú agát, borovica čierna, duglaska tisolistá, dub červený, orech čierny (tab. 1). V širšom zmysle slova sem možno zaradiť euroamerické a interamerické hybridné klony topoľov. Väčšina uvedených drevín sa lesnícky využíva vďaka tomu, že na konkrétnom type stanovišta prevyšujú domáce dreviny objemovou produkciou a kvalitou dreva, alebo ich biologické danosti umožňujú využitie ako náhradné dreviny po prevodoch nízkeho lesa, rekultiváciách a zalesňovaní spustnutých pozemkov. Prikladom úspešnej introdukcie, spojenej so systematickým výskumom a šľachtením, sú v našich podmienkach predovšetkým euroamerické hybridné topole.

Nie všetky introdukované dreviny svojimi vlastnosťami splnili očakávania. Mementom sú expanzívne sa šíriaci a tým pádom nežiadúci agát biely, a tiež podobne sa prejavujúci pajaseň žliazkatý a javor jaseňolistý.

Tabuľka 1: Podiel a výmera introdukovaných drevín v lesných porastoch Slovenska ku koncu roka 2010 (zdroj: Národná inventarizácia lesov 2011)**Table 1:** Share in the species composition and net area of introduced tree species in the forests of Slovakia by 2010 (source: National forest inventory 2011)

Drevina ¹	Podiel ²	Redukovaná výmera ³
Agát biely ⁴	1,79 %	35 000 ha
Borovica čierna ⁵	0,52 %	10 000 ha
Ostatné listnaté bez topoľov: dub červený, orech čierny, gaštan jedlý, pagaštan konský, pajaseň zľazkatý, javor jaseňolistý ⁶	0,15 %	3 000 ha
Ostatné ihličnaté: duglaska, vejmutovka jedľa obrovská ⁷	0,08 %	1 800 ha

¹Tree species, ²Share, ³Net area, ⁴Black locust, ⁵Austrian pine, ⁶Other broadleaved except hybrid poplars: red oak, black walnut, horse chestnut, ailanthus, ash-leaved maple, ⁷Other coniferous: Douglas fir, eastern white pine, grand fir

K hlavným cieľom introdukcie lesných drevín patrí zvýšenie objemovej alebo hodnotovej produkcie pri vyššej odolnosti zavádzaných druhov voči škodcom, chorobám a abiotickým vplyvom vrátane imisií. Ďalej je to vhodnosť na zakladanie ochranných a melioračných výsadiieb v lese aj voľnej krajine. Dreviny, u ktorých sa tieto ciele darí dosahovať, sa často perspektívne aj z hľadiska adaptačných opatrení na zmiernenie dopadov klimatickej zmeny na lesné ekosystémy.

V západnej a strednej Európe bolo zavedenie nových druhov a cudzích proveniencií dôležitým nástrojom na zvýšenie produkcie lesných porastov. Perspektívne introdukované dreviny sa plne osvedčili najmä vtedy, keď sa pri voľbe ich reprodukčného materiálu brali do úvahy výsledky provenienčných pokusov (Kellomäki et al. 2008).

Na kvalifikované rozhodovanie o využití nepôvodných drevín sú však potrebné informácie o vývoji a adaptačnej schopnosti ich výsadiieb aj v širšom priestorovom a časovom rámci. Ich zavádzanie tiež musí brať do úvahy legislatívne obmedzenia ale aj biologické riziká, ako nekontrolovateľné šírenie (inváznosť) a potenciálnu hybridizáciu s domácimi drevinami.

Kvôli postupu klimatickej zmeny sa v lesoch nižších lesných vegetačných stupňov očakávajú závažné problémy so zdravotným stavom a celkovou stabilitou porastov, v dôsledku ktorých bude potrebné obmeniť ich drevinovú skladbu. Spektrum alternatívnych drevín, zaujímavých aj z produkčného hľadiska, tam však zužujú klimatické podmienky, ktoré sa už často už v súčasnosti blížia „dolnej“ (xerickej) hranici lesa.

Naším cieľom bolo vyhodnotiť staršie výskumné plochy a poloprevádzkové výsadby introdukovaných lesných drevín založené v 1. lesnom vegetačnom stupni Podunajskej nížiny a priľahlých pahorkatín na overenie ich stanovištnej vhodnosti, produkcie, nárokov na pestovanie a ochranu (Soják, Remiš 1986; Soják 1998). Predpokladáme, že v podmienkach klimatickej zmeny sa nami získané poznatky budú dať využiť v adaptačných opatreniach v lesoch nižších polôh južného Slovenska, severného Maďarska a tiež južnej Moravy.

Materiál a metodika

Zamerali sme sa na vyhodnotenie rastu, prežívania a zdravotného stavu 8 introdukovaných drevín na 11 výskumných poloprevádzkových a prevádzkových plochách. Hodnotené pokusné plochy (tab. 2 a 3) založili Soják, Remiš (1986) v rokoch 1975 – 1991 v 1. lesnom vegetačnom stupni na južnom Slovensku na LHC Levice (Čankov) a LHC Palárikovo (Želiezovce - Sikenica, Vojnice, Pribeta, Černík, Kolta). Nachádzajú sa na stanovištiach za-

raďovaných do hrabových dúbav (*Carpineto Quercetum*, CaQ) v rámci suchých nížinných lesov a brestových jasenín (*Ulmeto-Fraxinetum carpineum* UFrc) v rámci tvrdého luhu.

Hodnotené pokusné plochy boli založené v troch sériách v r. 1979 – 1980, 1982 a 1984 – 1985, pričom na pokusných plochách patriacich do jednotlivých sérií sa použil rovnaký reprodukčný materiál (sadenice dopestované v tej istej lesnej škôlke/škôlkach).

Čo sa týka drevín, na pokusných plochách sme hodnotili duglasku tisolistú, borovicu čiernu, vejmutovku, jedľu obrovskú, dub červený, orech čierny, gaštan jedlý a smrekovec opadavý. Na porovnanie s introdukovanými listnatými drevinami sme uskutočnili aj hodnotenie rovnako starých porastov duba zimného a letného v susedstve pokusných výsadiieb.

Veľká väčšina pokusných plôch a všetky referenčné porasty duba boli do doby merania ponechané bez výchovného zásahu. Výnimkami sú dve výsadby vejmutovky a jedna výsadba gaštana jedlého, v ktorých sa uskutočnil negatívny zdravotný výber približne 10 % jedincov poškodených, resp. chorobami a parazitmi infikovaných jedincov.

Čiastkové výsadby jednotlivých drevín majú spravidla tvar obdĺžnika a sú usporiadané v blokoch vedľa seba. Ich strany sú 20 – 30 m a dĺžkou 30 – 50 m. Nakoľko v každej čiastkovej výsadbe sme merali a individuálne hodnotili po 50 stromov, vybrali sme ich v bezprostrednom susedstve transektu vedeného stredom výsadby v pozdĺžnom smere. Spravidla šlo o 3 stredové rady, ktoré neboli ovplyvnené susediacimi výsadbami ďalších drevín. Počet stromov vo výsadbe, potrebný na prepočet počtu stromov na hektár, sme zisťovali celoplošne. Celoplošne sme odhadovali aj podiel jedincov s rastovými defektmi (krivosťou kmeňa, vidličnatosťou) a poškodením snehom, hmyzom, hubovou infekciou a zverou.

Tabuľka 2: Lokalita, rok výsadby, skupina lesných typov a dreviny hodnotené v 3 sériách pokusov v prírodných podmienkach skupiny lesných typov *Carpineto Quercetum* (CaQ) a *Ulmeto Fraxinetum carpineum* (UFrc)

Table 2: Location, year of planting, forest type and tree species assessed at the trial plots established in the natural sites of *Carpineto-Quercetum* (CaQ) and *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* (UFrc)

Pokusná plocha a rok výsadby ¹	SLT ²	Merané a hodnotené dreviny ³	Počet blokov ⁴
Čankov II	CaQ	duglaska tisolistá, borovica čierna, dub červený – <i>Douglas fir</i> , <i>Austrian pine</i> , <i>red oak</i>	3
Čankov III		duglaska tisolistá – <i>Douglas fir</i>	1
Vojnice I		duglaska tisolistá, borovica hladká, gaštan jedlý, dub zimný – <i>Douglas fir</i> , <i>Eastern white pine</i> , <i>sweet chestnut</i> , <i>sessile oak</i>	1–2
Pribeta II		duglaska tisolistá, borovica čierna, dub červený, orech čierny – <i>Douglas fir</i> , <i>Austrian pine</i> , <i>red oak</i> , <i>black walnut</i>	1–3
Kolta I		dub červený, dub zimný – <i>red oak</i> , <i>sessile oak</i>	1
Kolta II		borovica hladká – <i>eastern white pine</i>	1
Želiezovce	UFrc	orech čierny, dub zimný – <i>black walnut</i> , <i>sessile oak</i>	2
Černík I		orech čierny, dub letný – <i>black walnut</i> , <i>pedunculate oak</i>	1
Čankov prev.	CaQ	jedľa obrovská – <i>grand fir</i>	1
Čankov IV	CaQ	borovica čierna, duglaska tisolistá, jedľa obrovská, smrekovec opadavý – <i>Austrian pine</i> , <i>Douglas fir</i> , <i>grand fir</i> , <i>European larch</i>	1
Čankov VI		jedľa obrovská, smrekovec opadavý – <i>grand fir</i> , <i>European larch</i>	1

¹Trial name and planting year, ²Forest type, ³Tree species assessed, ⁴Number of blocks

Výškovú bonitu introdukovaných drevín a ich kruhovú základňu na hektár sme odhadli pomocou rastových tabuliek Halaja a Petráša (1998) pre referenčné domáce dreviny. Analogickým spôsobom sme na výpočet ich stredného kmeňa použili rovnice referenčných

domácich drevín odvodené Petrášom a Pajtíkom (1991). Referenčnou drevinou duglasky bol smrek, borovice čiernej a vejmutovky borovica lesná, jedle obrovskej jedľa biela. Referenčnou drevinou duba červeného, orecha čierneho a gašтана jedlého bol „dub“.

Na porovnanie sme uskutočnili aj priame meranie porastov duba zimného a letného rovnakého veku, rastúcich na rovnakom type stanovišta v blízkosti pokusných výsadiieb. V každom referenčnom poraste sme na 3 skusmých plochách zmerali a hodnotili stav 50 úrovňových a nadúrovňových jedincov. Počet stromov na hektár sme zisťovali na 2 – 3 pásoch (tranzektoch) širokých 10 m a vedených po dlhšej strane referenčného porastu.

V skupine lesných typov *Carpineto-Quercetum* a *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* sme vo výsadbách rovnakého veku hodnotili významnosť rozdielov v raste introdukovaných drevín pomocou zahniezdeného (nested) modelu analýzy variancie a Duncanových viacnásobných párových testov rozdielov kvantitatívnych znakov.

Tabuľka 3: Základné zemepisné súradnice a prírodné charakteristiky pokusných plôch

Table 3: Geographic coordinates and natural conditions at the trial plots

Lokalita ¹	Zemepisné súradnice ²		Nadmorská výška ⁵	Priemerná teplota vzduchu ⁶	Priemerné ročné zrážky ⁷	Pôdny typ ⁸
	v.z.d. ³	s.z.š. ⁴				
Čankov	18°43'49"	48°12'26"	200	9,9	590	
Vojnice	18°21'26"	47°50'55"	235	10,5	550	Hnedozem modálna – <i>Cambisol modal</i>
Pribeta	18°19'58"	47°51'57"	205	10,5	550	
Kolta	18°27'47"	48°00'13"	240	10,3	560	
Želiezovce	18°41'42"	48°03'07"	135	10,0	590	Fluvizem modálna – <i>Fluvisol modal</i>
Černík	18°13'14"	48°09'43"	130	9,9	570	Čiernica karbonátová – <i>Fluvisol carbonate</i>

¹Trial site, ²Coordinates, ³E longitude, ⁴N latitude, ⁵Altitude, ⁶Mean air temperature, ⁷Mean annual precipitation, ⁸Soil type

Výsledky

Základné informácie z hodnotenia rastu a prežívania uvádzame v prehľadových tabuľkách oddelene pre skupiny lesných typov (s.l.t.) *Carpineto-Quercetum* a *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. V s.l.t. *Carpineto-Quercetum* sme hodnotené výsadby hodnotili samostatne v 3 sériách podľa času založenia.

Do základného porovnania rastu sme zahrnuli len dreviny priamo v hodnotených výsadbách bez dodatočne identifikovaných referenčných porastov duba. Výsledky pomocou analýzy variancie výsledky uvádzame v tabuľke 4. Vo výškovom aj hrúbkovom raste sa drevinami štatisticky významne líšia vo všetkých hodnotených prípadoch. Jedinou výnimkou bola priemerná hrúbka orecha čierneho a duba letného v slt *U-FRc*.

Čo sa týka drevín, závažným zistením je zaostávanie borovice čiernej za duglaskou, vejmutovkou a smrekovcom vo výškovom aj hrúbkovom raste v oboch hodnotených sériách. Duglaska vo všetkých prípadoch dosahuje vynikajúce dimenzie a aj vysoké počty stromov na hektár. Výškovým rastom a prežívaním (hustotou) porastu duglasku prevyšuje jedine smrekovec opadavý, vyznačuje sa však o niečo menšou hrúbkou.

Z porovnania ihličnatých a listnatých drevín v sérii najstarších výsadiieb (Séria I) vyplynulo, že listnaté dreviny svojimi dimenziami zaostávajú za ihličnanmi len nepatrne a hmotnostná produkcia dendromasy je u nich pravdepodobne vyššia.

Podrobnejšie porovnanie výškového rastu, hrúbkového rastu a objemu stredného kmeňa introdukovaných drevín s hodnotami rastových tabuliek referenčných domácich drevín uvádzame v tabuľkách 5 až 8. Väčšinou dosahujú maximálnu výškovú bonitu referenčných domácich drevín. Výnimkami sú jedna zo štyroch výsadiieb borovice čiernej, jedna z troch výsadiieb orecha čierneho a výsadba gašтана jedlého s výškovými bonitami 32, pričom maximum borovice lesnej je 34 a duba 36. K záveru o vynikajúcom raste introdukovaných drevín vedie aj priame porovnanie výsadiieb duba červeného, gašтана a orecha čierneho s rovnako starými porastami duba zimného a letného v blízkosti ich výsadiieb (tab. 6 a 7).

Počet jedincov na hektár je pri introdukovaných drevinách vo väčšine prípadov výrazne nižší ako zodpovedajúca tabuľková hodnota referenčných domácich drevín. Vo väčšine výsadiieb sa dá tento jav vysvetliť rýchlejším rastom (väčšími dimenziami stromov), a teda pokročilejším vývojovým štádiom výsadiieb introdukovaných drevín.

Tabuľka 4: Priemerné výšky a hrúbky introdukovaných drevín (+ duba zimného a letného) s Duncanovým triedením do homogénnych skupín

Table 4: Mean height and diameter (DBH) of introduced species (+ sessile and pedunculate oak) and their Duncan grouping into homogenous groups

Drevina ¹	N ²	Priemerná ³ výška [m]	Duncanovo ⁴ triedenie	Priemerná ⁵ hrúbka [cm]	Duncanovo ⁴ triedenie
<i>Séria I Carpineto-Quercetum, – ihličnaté dreviny, vek 29–30 r. – Series I Carpineto-Quercetum – coniferous species, age 29–30 years</i>					
Duglaska tisolistá – <i>Douglas fir</i>	193	18,8	A	21,0	A
Vejmutovka – <i>East. white pine</i>	101	15,6	A	20,8	A
Borovica čierna – <i>Austrian pine</i>	259	12,9	B	15,9	B
<i>– listnaté dreviny, vek 29–30 r. – broadleaved species, age 29–30 years</i>					
Orech čierny – <i>black walnut</i>	90	18,3	A	19,6	A
Dub červený – <i>red oak</i>	228	17,9	A	17,5	B
Gaštan jedlý – <i>sweet chestnut</i>	50	14,8	B	16,7	B
Dub zimný – <i>sessile oak</i>	150	14,7	B	13,7	C
<i>Séria II Ulmeto-Fraxinetum carpineum, listnaté dreviny, 27 r. – Series II Ulmeto-Fraxinetum carpineum, broadleaved species, 27 years (25 y. after planting)</i>					
Orech čierny – <i>black walnut</i>	100	14,8	A	11,8	A
Dub letný – <i>pedunculate oak</i>	150	13,2	B	11,5	A
<i>Séria III Carpineto-Quercetum, ihličnaté dreviny, vek 24–25 r. – Series III Carpineto-Quercetum, coniferous species, age 24–25 years</i>					
Smrekovec – <i>European larch</i>	100	15,0	A	14,8	C
Duglaska tisolistá – <i>Douglas fir</i>	50	13,8	B	16,8	A
Jedľa obrovská – <i>grand fir</i>	100	11,4	C	16,2	B
Borovica čierna – <i>Austrian pine</i>	50	10,4	D	13,1	D

¹Tree species, ²Number of trees, ³Mean height, ⁴Duncan grouping, ⁵Mean diameter

Tabuľka 5: Sériá I – rastové charakteristiky introdukovaných ihličnanov vo veku 29–30 rokov (27–28 rokov po vysadení) v slt *Carpineto-Quercetum*

Table 5: Series I – growth characteristics of introduced conifers at the age of 29–30 (27–28 years after planting) on trial plots in the forest type *Carpineto-Quercetum*

Introdukovaná a jej referenčná domáca drevina ¹	Pokusná výsadba ²	Výšková bonita ³	Priemerná výška ⁴ [m]	Priemerná hrúbka ⁵ [cm]	Objem ⁶ stredného kmeňa s kôrou [m ³]	Počet ⁷ stromov na ha	Kruhov ⁸ základňa na ha [m ²]
Duglaska tisolistá – <i>Douglas-fir</i>	Čankov II	42 / 42	20	20,6	0,367	1 367	65,7
	Čankov III		17,3	18,3	0,285	1 400	51,0
	Pribeta II		18,3	21,0	0,354	920	36,6
	Vojnice I		17,0	21,5	0,327	1 250	46,9
Smrek – <i>Norway spruce</i>			13,4	12		3 416	37,4
Borovica čierna – <i>Austrian pine</i>	Čankov II	34 / 34	14,1	15,8	0,129	830	16,6
	Čankov I		12,2	16,4	0,123	1 000	22
	Pribeta II		12,7	15,4	0,111	1 290	24,7
Borovica lesná – <i>Scots pine</i>			12,4	10,8		3 336	30,7
Borovica hladká – <i>E. white pine</i>	Vojnice I	34 / 34	13,7	21,9	0,238	1 375	52,8
	Kolta II		17,6	19,7	0,262	2 125	65,7
Borovica lesná / <i>Scots pine</i> /			12,4	10,8		3 336	30,7

¹Introduced species and its reference native species in *Italics*, ²Trial plot, ³Tree height class, ⁴Mean height (m), ⁵Mean DBH (cm), ⁶Mean stem volume o.b. (m³), ⁷Number of trees per ha, ⁸Basal tree area per ha (m²)

Poznámka – Note: Údaje za referenčné domáce dreviny sú z rastových tabuliek Halaja a Petráša (1998) – Data for the reference indigenous conifers come from the yield tables by Halaj and Petráš (1998)

Tabuľka 6: Sériá I – rastové charakteristiky listnatých introdukovaných drevín a duba zimného vo veku 29–30 r. (27–28 rokov po vysadení) v s.l.t. *Carpineto-Quercetum*

Table 6: Series I – growth parameters of the introduced broadleaved species and oak at the age of 29–30 (27–28 years after planting) in the forest type of *Carpineto-Quercetum*

Drevina ¹	Pokusná výsadba ²	Výšková bonita ³	Priemerná výška ⁴ [m]	Priemerná hrúbka ⁵ [cm]	Objem ⁶ stredného kmeňa s kôrou [m ³]	Počet ⁷ stromov na ha	Kruhov ⁸ základňa na ha [m ²]
Dub červený – <i>red oak</i>	Čankov II	34 / 36	17,1	14,8	0,157	1 875	34,3
	Pribeta II	36 / 36	17,8	19,9	0,296	1 790	58,2
	Kolta II	36 / 36	19	17,9	0,244	1 200	30,9
Gaštan jedlý – <i>sweet chestnut</i>	Vojnice I	32 / 36	15	19,6	0,275	1 750	54,7
Orech čierny – <i>black walnut</i>	Pribeta II	36 / 36	18,3	16,7	0,208	1 665	37,7
Dub zimný* – <i>sessile oak</i> *	Hont. Trsfany 333b	34 / 36	14,9	13,2	0,099	3 125	43,6
	Vojnice 179c	36 / 36	17,7	17,5	0,162	2 763	36,9

Vysvetlivky ako pri tabuľke 5 – Explanatory notes: see Table 5.

Poznámka – Note: V referenčných porastoch duba zimného z prirodzenej obnovy vyšší počet stromov na ha a väčšia kruhov⁸ základňa súvisia s prítomnosťou jedincov generatívneho aj vegetatívneho pôvodu – The number of trees is higher and tree basal area per ha bigger due to the presence of trees of generative as well as vegetative origin.

Tabuľka 7: Séria II - rastové charakteristiky orecha čierneho v porovnaní s dubom letným vo veku 27 r. (25 rokov po výsadbe) v skupine lesných typov *Ulmeto fraxinetum carpineum*

Table 7: Series II - growth parameters of introduced black walnut and native pedunculate oak in the forest type of *Ulmeto-fraxinetum carpineum* at the age of 27 (25 years after planting)

Drevina ¹	Pokusná výsadba ²	Výšková bonita ³	Priemerná výška ⁴ [m]	Priemerná hrúbka ⁵ [cm]	Objem ⁶ stredného kmeňa s kôrou [m ³]	Počet ⁷ stromov na ha	Kruhová ⁸ základňa na ha [m ²]
Orech čierny – black walnut	Želiezovce	32 / 36	13,5	11,0	0,081	1 875	20,0
	Černík I	36 / 36	16,1	12,6	0,111	2 223	28,7
Dub letný* – pedunculate oak*	Černík 341b	32 / 36	13,2	11,5	0,074	2 763	29,7

Vysvetlivky ako pri tab.5 – Explanatory notes: see Table 5 – * viď poznámka k tabuľke 6 – see note to Table 6

Tabuľka 8: Séria III – rastové charakteristiky listnatých drevín vo veku 24–25 rokov (22 rokov po vysadení) v skupine lesných typov *Carpineto-Quercetum*

Table 8: Series III – growth parameters of the introduced broadleaved species at the age of 24–25 (22 years after planting) in the forest type of *Carpineto-Quercetum*

Introdukovaná a jej referenčná domáca drevina ¹	Pokusná výsadba ²	Výšková bonita ³	Priemerná výška ⁴ [m]	Priemerná hrúbka ⁵ [cm]	Objem ⁶ stredného kmeňa s kôrou [m ³]	Počet ⁷ stromov na ha	Kruhová ⁸ základňa na ha [m ²]
Duglaska – Douglas-fir	Čankov IV	42 / 42	13,7	16,8	0,169	2 269	52,8
Smrek – Norway spruce			11	10		4 500	33,0
Smrekovec opadavý – European larch	Čankov VI	42 / 42	15,2	15,3	0,150	1 875	36,4
	Čankov IV		14,8	14,4	0,133	2 269	39,5
	Čankov VI		11,5*	16,4	0,129	1 875	40,4
Jedľa obrovská – grand fir	Čankov IV	40 / 40	11,4*	16	0,124	2 136	44,9
	Čankov P		14,7*	11,2	0,103	2 960	52,0
Jedľa biela – silver fir			12,2	12,1		2 560	28,6
Borovica čierna – Austrian pine	Čankov IV	32 / 34	10,4	13,3	0,070	2 002	28,8
Borovica lesná – Scots pine			10	8,5		4 800	26,0

Vysvetlivky ako pri tabuľke 5 – Explanatory notes: see Table 5

* U jedle obrovskej uvádzame priemernú výšku vypočítanú z nameraných hodnôt bez korekcie s ohľadom na výškovanie (zrezanie vrcholov na vianočné stromčeky) u viac ako polovice jedincov v hodnotených výsadbách.

Poznámka – Note: Referenčné výškové bonity domácich drevín sú podľa Halaja a Petráša (1998) – Reference height classes of native conifers are from Halaj and Petrás (1998)

Kruhová základňa na hektár je dôležitá z hľadiska objemovej produkcie a perspektívy ďalšieho vývoja lesného porastu. Väčšina introdukovaných ihličnanov má kruhovú základňu väčšiu ako sú tabuľkové hodnoty referenčných domácich drevín (posledný stĺpec tab. 5 až 8). Výnimkou je borovica čierna, ktorá sa v nami hodnotených výsadbách na minerálne bohatých pôdach vyznačuje horším prežívaním a následne aj menšou kruhovou základňou. Takisto výsadby orecha čierneho a duba červeného mali menšiu kruhovú základňu v porovnaní s hodnotami rastových tabuliek a aj susednými porastami domácich dubov (tab. 5 a 7). Vo veku 25 – 30 rokov to ešte môže súvisieť s nižšou ujatosťou a mortalitou hodnotených výsadiel po výsadbe. Mladé porasty domáceho duba z prirodzenej obnovy sú zas často pre hustenie (so zápojom vyšším ako 1) v dôsledku prítomnosti jedincov generatívneho aj vegetatívneho pôvodu. Uvedené rozdiely medzi by sa mali s rastúcim vekom znižovať.

U gaššana jedlého kruhová základňa na hektár väčšia ako u domácich dubov. Napriek dobrému rastu a fenotypovej kvalite sme však v jeho výsadbe zistili vysoký, cca 40 % podiel jedincov s jednou a viac nekrotizovanými kmeňmi napriek tomu, že sa v nej zhruba 5 rokov pred naším meraním uskutočnila zdravotná prebierka.

V porovnaní s inými drevinami má zjavne nižšiu kvalitu kmeňa borovica čierna. najmä vysoký podiel krivých kmeňov, často aj v dôsledku tvorby náhradných vrcholov. Z poškodení pozorovaných na iných drevinách sa u duglasky ostrovčekovito vyskytoval oder kôry diviáčou zverou u zhruba 5 – 7 % jedincov najmä na okraji výsadiieb bez podstatného vplyvu na produkciu a stabilitu hodnotených výsadiieb. Príznaky infekcie sypavkou *Rhabdocline pseudotsugae* sme nepozorovali. U vejmutovky boli kmene väčšiny stromov v hodnotených výsadbách pokryté bielym vatovitým povlakom kôrovnice vejmutovkovej (*Pineus strobi*), napriek tomu sa však vyznačovali vysokou vitalitou a boli bez príznakov infekcie hrdzou *Cronartium ribicola*. Špecifickým problémom je vrškovanie jedle obrovskej na získanie viačkových stromčekov. V jej výsadbách takto bolo poškodených viac ako 50 % jedincov. Meranie sme uskutočnili v najmenej poškodených častiach výsadiieb (menej ako 50 % vrškových stromov jedincov), do výpočtu strednej výšky sme však zahrnuli aj vrškované jedince.

Diskusia a závery

Problematika introdukcie otvorila závažné otázky vzťahov medzi živými organizmami a prostredím, ich vzájomným pôsobením a ovplyvňovaním sa z aspektu genetickej stálosti, či rastových vlastností, ako aj z aspektu dynamiky vývoja organizmu pod vplyvom vonkajšieho prostredia. Taktiež skúma biologicko-ekologickú prosperitu druhov, hybridov, odrôd a ich vzájomné vzťahy voči domácej flóre (Benčať 1982).

Pre Slovensko je charakteristická pestrosť prírodných pomerov a výskyt širokej škály lesných ekosystémov. Aj keď si do veľkej miery zachovali svoj prirodzený charakter, na ich súčasnej podobe sa významne podieľal človek, ktorý svojou činnosťou vytvoril množstvo ník pre využitie nepôvodných drevín. Najprv to bolo nadmernou ťažbou dreva a odlesnením. Keď sa kvôli vysokému dopytu po dreve začali konca 18. storočia odlesnené územia znova zalesňovať, lesníctvo siahlo po introdukovaných drevinách vyznačujúcich sa vysokou produkciou kvalitného dreva (ako duglaska tisolistá a vejmutovka) alebo schopnosťou produkovať drevnú hmotu na extrémnych stanovištiach (borovica čierna, agát biely, dub červený). Poškodzovanie lesov znečistením ovzdušia v 20. storočí zas upriamilo pozornosť na využitie odolných introdukovaných drevín, napr. smreka pichlavého, omoriky, borovice balkánskej – ako alternatívy odumierajúcich pôvodných drevín. V súčasnosti pri narastajúcich problémoch s nástupom klimatickej zmeny sa v mnohých regiónoch sa zas oživuje záujem o overené introdukované dreviny použiteľné na klimaticky exponovaných stanovištiach (borovica čierna a napriek invazívnosti aj agát biely) alebo vhodné na udržanie produkcie dreva a vykompenzovanie úbytku smreka na teplejších a suchších stanovištiach.

Na Slovensku našli introdukované dreviny využitie:

- pri zalesňovaní spustených plôch borovica čierna, pri prevodoch a rekonštrukciách výmladkových porastov dub červený,
- v náhradných porastoch na exponovaných lokalitách agát biely a pri rekultiváciách extrémnych lokalít, vrátane hald a výsypiek, aj brest sibírsky (*U. pinnato-ramosa* DIECK.)
- na zvýšenie produkcie dreva duglaska, vejmutovka, menej často jedľa obrovská, orech čierny a gaštan jedlý.

Z drevín, ktorými sa zaoberáme, má na Slovensku najväčšie zastúpenie *borovica čierna*. Je to vďaka kvôli jej produkčnej schopnosti, stanovištnej adaptabilite a tolerancii k nepriaznivým podmienkam prostredia (Soják 1999). Úspešne ňou boli zalesnené problémové, často silne erodované holiny v krasových oblastiach západného, stredného a juhovýchodného Slovenska (Midriak, Lipták 1995). Borovica čierna sa pritom prirodzene vyskytuje vo Viedenskom lese asi 100 km od nami hodnotených výsadiel a otázkou je, či napríklad na západnom Slovensku ide vôbec o introdukovanú drevinu (smrek a smrekovec sa odtiaľ prirodzene vyskytujú v rovnakej alebo väčšej vzdialenosti).

Duglaska tisolistá sa produkčnou schopnosťou v našich podmienkach vyrovnáva jedli ako najproduktnejšej ihličnatej drevine a určite prevýši smrek (Petráš, Mecko 2000). Okrem vysokej objemovej produkcie a technických vlastností dreva sa vyznačuje vysokou adaptabilitou a je relatívne odolná voči abiotickým, biotickým a antropogénnym škodlivým činiteľom. Je vhodná aj pre porastové zmesi a dá sa u nej dosiahnuť prirodzená obnova. Podľa Chlepku et al. (1996) sú pre duglasku na Slovensku najvhodnejšie stanovištia v nadmorskej výške 300 – 800 m v 3.–4. lvs. a vlhkejšie stanovištia 2. lvs. Minimálny ročný úhrn zrážok je 600 mm. Z približne 1 200 ha duglaskových porastov na Slovensku bolo v poslednej dekáde 20. storočia len 200 ha starších ako 40 rokov. V ČR je duglaska podľa Berana a Šindelára (1996) najperspektívnejšia zo všetkých introdukovaných drevín. Je schopná prirodzenej obnovy, ale nezaznamenalo sa jej expanzívne šírenie. Okrem toho sa nekríži a neohrozuje integritu genofondu žiadnej pôvodnej dreviny. V Bavarsku v rámci programu adaptácie ku klimatickej zmene je duglaska jednou z budúcich nosných drevín kompenzujúcu úbytok smreka (Konnert 2009).

Borovica vejmutovka a jedľa obrovská sa podľa Holubčíka (1968) a Ťavodu et al. (1998) vyznačujú vysokou produkčnou aj v nižších vegetačných stupňoch. Naše hodnotenie rozširuje ich závery aj na prvý lesný vegetačný stupeň juhozápadného Slovenska. Vejmutovka aj jedľa obrovská v lesných porastoch strednej Európy intenzívne plodia a miestami sa úspešne prirodzene obnovujú. Až na vejmutovku v Národnom parku České Švajčiarsko nie sú známe prípady invázneho šírenia. Prípadné kríženie jedle obrovskej s domácou jedľou bielou je málo pravdepodobné kvôli reprodukčnej inkompatibilite. U vejmutovky je rizikom infekcia hrdzou *Cronartium ribicola*, vedúca k odumieraniu jednotlivých stromov alebo ich skupín. Nakoľko odolnosť voči *C. ribicola* je geneticky podmienená, kľúčový je výber vhodného zdroja lesného reprodukčného materiálu.

Z listnatých drevín je *orech čierny* je zaujímavý kvôli produkcii dreva, ktoré je alternatívou k cenným tropickým drevám (Soják 1998). U tejto dreviny u nás sa zatiaľ nezaznamenali vážnejšie zdravotné problémy. *Gaštan jedlý* má ešte cenenejšie drevo a zaujímavý je aj kvôli produkcii plodov (Tokár 1998). Jeho problémom je však infekcia a následne vysoká mortalita v dôsledku nekrotického ochorenia kôry spôsobeného hubou *Cryphonectria parasitica*. Udržanie gaštanu v porastoch by si vyžadovalo opakované potláčanie uvedeného ochorenia opakovanou injektážou kmeňov vhodným fungicídom alebo inokuláciou okolia nekroz hypovirulentným kmeňom *C. parasitica*.

Doterajšie skúsenosti, výsledky výskumu a prognózy klimatickej zmeny naznačujú, že pestovanie introdukovaných drevín v lesnom hospodárstve zostane aktuálne aj naďalej. S poukázaním na motiváciu (Paule 1992), akýkoľvek projekt introdukcie musí vyhovieť minimálne jednej z nasledujúcich požiadaviek:

- Zvýšenie produkcie drevnej hmoty, alebo výnosu z lesa,
- Vyššia odolnosť voči stresu, škodcom a chorobám oproti domácim drevinám.

Z tohto hľadiska náš príspevok poukazuje na možnosť využitia introdukovaných drevín v najnižších lesných vegetačných stupňoch:

- Duba červeného, orecha čierneho a duglasky tisolistej na zvýšenie /skvalitnenie produkcie tam, kde to nie je z rozpore so záujmami ochrany prírody.

Dôsledkom akýchkoľvek projektov v oblasti introdukcie nesmie byť ohrozenie pôvodných ekosystémov expanzívnym šírením introdukovaných drevín tak, ako v prípade agáta bieleho. Nevyhnutnosť potláčania expanzívne sa šíiaceho agáta v lesných porastoch je nežiaducim dôsledkom introdukcie. V lesnom hospodárstve pripadá do úvahy skvalitnenie produkcie existujúcich porastov agáta zavádzaním šlachteného materiálu (vegetatívnym množením a /alebo založením semenného sadu) a následným využitím progresívnych pestovných metód.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore z operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci projektu Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049.

Literatúra

- Bastien, J. CH., Sanchez, L., Michaud, D., 2013: Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. In: Paques, Luc, E. (ed.): *Forest Tree Breeding in Europe. Current State-of-the-Art and Perspectives*. Springer Netherlands, Series: Managing Forest Ecosystems, vol. 25, p. 325–369.
- Benčať, F., 1982: Atlas rozšírenia cudzokrajných drevín na Slovensku a rajonizácia ich pestovania. Bratislava, Veda, 359 s. + 451 prílohy.
- Beran, F., Šindelář, J., 1996: Perspektívy vybraných cizokrajných drevín v lesní hospodárstve České republiky. *Lesnictví – Forestry*, **42**: 337–355.
- Čaboun, V., Vladovič, J., 2003: Možné dôsledky klimatických zmien na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov. In: Mindáš, J., Škvarenina, J. et. al. (eds.): *Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny*. Zvolen, EFRA LVÚ Zvolen, s. 69–73.
- Greguss, L., 1996: Hodnotenie produkčných schopností drevín Lesníckeho arboréta v Kyšihýbľi pri Banskej Štiavnici. *Lesnícky časopis*, **42**(2): 87–104.
- Halaj, J., Petráš, R., 1998: Rastové tabuľky hlavných drevín. Bratislava, Slovak Academic Press, 325 p.
- Holubčík, M., 1968: Cudzokrajné dreviny v lesnom hospodárstve. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 256 p.
- Hříb, M., 2005: Pěstování ořešáku černého (*Juglans nigra* L.) v lesích jižní Moravy. In: *Sborník prací institucionálního výzkumu*. Brno, MZLU, 78 p.
- Chlepkov, V. et al., 1996: Biologické aspekty zásad hospodárenia a nápravné opatrenia v lesných oblastiach Slovenska. (Záverečná správa). Zvolen, LVÚ, 109 p.
- Kellomäki, S., Peltola, H., Ryyppö, A., 2008: 5.4. Implications and Consequences. In: Kahle, H. P., (ed.): *Causes and Consequences of Forest Growth Trends in Europe: Results of the Recognition Project*. European Forest Institute Research Reports. **21**: 239–253.

- Midriak, R., Lipták, J., 1995: Erosion and reforestation of abandoned lands in the Slovak Karst Biosphere Reserve. *Ekológia (Bratislava)*, Suppl. 2, 111–124.
- Paule, L., 1992: Genetika a šľachtenie lesných drevín. Bratislava, *Príroda*, 304 p.
- Petráš, R., Mecko, J., 2000: Rast a produkcia douglasky na podklade modelov rastových tabuliek. In: Lipták, J., Lukáčik, I. (eds.): *Zborník z medzinárodnej konferencie 30. – 31. mája 2000 v Banskej Štiavnici*. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav, s. 116–122.
- Podrázský, V., Remeš, J., 2008: Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, **53**(1): 27–34.
- Podrázský, V., Kubeček, J., Čermák, R., Štefančík, I., 2013: Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled. In: Baláš, M. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*. 14th International Conference 2. – 3. 7. 2013 Kostelec nad Černými lesy. Praha, ČZU, 192–203.
- Remiš, J., Soják, D., 1986: Priemyselné plantáže ihličnatých a tvrdých listnatých drevín na Slovensku. (Lesnícke štúdie č.41). Bratislava, *Príroda*, 170 p.
- Soják, D., 1998: Výsledky výskumu zo zakladania a obhospodarovania cudzokrajných drevín v intenzívnych porastoch. In: *Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu Zvolen* **42**. Bratislava, *Príroda*, s. 56–78.
- Tokár, F., 1987: Biomasa vybraných cudzokrajných drevín v lesných porastoch juhozápadného Slovenska. *Acta Dendrobiologica*. Bratislava, Veda, 115 p.
- Tokár, F., 1998: Fytotechnika a produkcia dendromasy porastov vybraných cudzokrajných drevín na Slovensku. *Acta Dendrobiologica*. Bratislava, Veda, 156 p.
- Šindelář, J., Beran, F., 2004: K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté (orientační studie). *Lesnický průvodce* 3-4. Jíloviště – Strnady, VÚLHM, 34 p.
- Ťavoda, P., Longauer, R., Krajňáková, J., 1998: Výskum šľachtenia lesných drevín pre zhoršené ekologické podmienky. (Záverečná správa). Zvolen, LVÚ, 105 p.

RASTOVÉ CHARAKTERISTIKY A ZDRAVOTNÝ STAV VYBRANÝCH VÝSADIEB RODU *ULMUS* SP. V ARBORÉTE BOROVÁ HORA

Growth characteristics and healthy stage chosen plantation of *Ulmus* sp. in Arboretum Borová hora

Ivan Lukáčik¹ • Ivana Sarvašová²

¹Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen

²Arboretum Borová hora, Borovianska cesta 66, SK – 960 53 Zvolen, e-mail: sarvasova@tuzvo.sk, lukacik@tuzvo.sk

Abstract

The paper assesses growth characteristics, healthy stage chosen Ulmus species, their forms and cultivars in Arboretum Borová hora. In total number 44 individuals were evaluated in cultivars and forms of Wych Elm (Ulmus glabra Huds., three cultivars), Narrow-leaved Elm (Ulmus minor Mill., five cultivars) and English Elm (Ulmus procera Salisb., two cultivars). The measurement results of dendrometrical characteristics were not significant differences in height, diameter $d_{1,3}$ and width of crowns. The values of growth characteristics were influenced with age of tree individuals and with their position in stand. Healthy stage of evaluated cultivars was acceptable. The quarantine vessel mycosis pathogen Ophiostoma novo-ulmi was not observed. Damage with tree kinds of insects and leaf spot were confirmed, all less as 30% of evaluated leaf assimilate surface.

Keywords: *Ulmus, growth characteristics, diseases*

Abstrakt

V práci sa hodnotia rastové vlastnosti a zdravotný stav vybraných druhov, foriem a kultivarov rodu *Ulmus* sp. v Arborete Borová hora. Hodnotené boli kultivary a formy brešta horského (*Ulmus glabra* Huds., tri kultivary), brešta hrabolistého (*Ulmus minor* Mill., päť kultivarov) a dva kultivary brešta anglického (*Ulmus procera* Salisb., dva kultivary) v celkovom počte 44 jedincov. Výsledky meraní dendrometrických znakov nepoukázali na významné rozdiely vo výške, hrúbke kmeňov a šírke korún daných foriem pri zohľadnení ich veku a postavenia v jednotlivých porastoch. Zdravotný stav hodnotených foriem je v uspokojivý, nevyskytlo sa napadnutie karanténou tracheomykózou *Ophiostoma novo-ulmi*. Boli zistené len poškodenia hmyzími škodcami a bakteriálna listová škvrnitosť brestov, všetky v nižšom rozsahu ako 30 % z hodnotenej listovej plochy.

Kľúčové slová: *Ulmus, rastové charakteristiky, choroby, škodcovia*

Úvod a problematika

Bresty (*Ulmus* sp.) sa vyskytujú v prirodzenom areáli prevažne v miernom pásme s chladnou zimou (45 druhov), v tropických zónach rod zasahuje rod niekoľkými druhmi až do oblastí hôr Mexika, Himaláji a Indočíny (Roloff, Bärtels 1996). V lesoch strednej Európy sa prirodzene vyskytujú tri druhy, brest väzový (*Ulmus laevis* Pall.), brest hrabolistý (*Ulmus minor* Mill.) a brest horský (*Ulmus glabra* Huds.) s vertikálnym rozšírením

od najnižších polôh lužných lesov (*Ulmus laevis*) po 1 100 m n. m., resp. 1 280 m n. m. pri *Ulmus glabra* (Pagan, Randuška 1987).

Výrazné zníženie zastúpenia brestov v jednotlivých vegetačných stupňoch je v súčasnosti pripisované rôznym škodlivým činiteľom, **predovšetkým tracheomykóze, ktorú spôsobuje huba *Ophiostoma ulmi*, resp. *Ophiostoma novo-ulmi* Breiser.** Ochorenie je často nazývané aj DED (Dutch elm disease). Prvé masové usychanie brestov sa datuje do rokov 1920 – 1940 (prvá vlna nákazy tracheomykózou v Európe a následne v Severnej Amerike). Dovtedy bola tracheomykóza zaznamenaná len v Ázii. Druhá vlna odumierania brestov začala v 70. – 80. rokoch minulého storočia a trvá **prakticky dodnes. Spôsobuje ju agresívnejší zmutovaný kmeň *Ophiostoma novo-ulmi* (Breiser 1991).** Typickými príznakmi choroby je postupné vädnutie a chloróza listov, neskôr ich hnednutie, pričom v priebehu piatich rokov odumrie celý napadnutý strom. Na priečnom reze sa na konároch, alebo kmeňoch objavuje typický hnedý prstenec spôsobený toxickými výlučkami huby proteínového charakteru, z ktorých najdôležitejší je cerato-ulmin (Takai 1973). *Ophiostoma novo-ulmi* sa najčastejšie šíri prenášačom – podkôrnikom pásikovým (*Scolytus multistatus*), ktorý na svojom tele a v zažívacom trakte prenáša konídie, alebo spóry huby (Zúbrik et al. 2008). Pri **zapojených porastoch brestov môže dôjsť k priamej infekcii prostredníctvom prepletených, dotýkajúcich sa koreňov (D'Arcy 2000).**

Ako ochrana voči karanténnemu patogénu sa v prvom rade odporúča mechanické odstraňovanie a pálenie napadnutých konárov, resp. celých jedincov aj s koreňmi. Málo účinná sa ukázala insekticídna ochrana voči podkôrnikom, ktoré chorobu prenášajú. Perspektívnym sa javí využitie ochranných postrekov na bakteriálnej báze. Veľmi účinným sa ukázalo využitie cudzopasnej huby *Phomosis oblonga*, ktorá kolonizuje kôru brestov a spôsobuje oneskorenie vývoja až uhynutie imág. Kôra kolonizovaná hubou je okrem toho neatraktívna pre ich nálet. V laboratórnych podmienkach sa využívajú a skúmajú huby *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus* (Dicks. Fr.) Vuill., *Verticillium lecanii* (Metsch.) Sorokin, a iné zmesi húb, ktoré parazitujú na larvách.

Na zabezpečenie ochrany brestov voči *Ophiostoma novo-ulmi* bolo uskutočnených množstvo testov s najrôznejšími organizmami a ich metabolitami, predovšetkým antibiotického charakteru. Z množstva skríningových testov sa osvedčilo antibiotikum *Polymyxin B*. Ako perspektívne sa ukázalo využitie baktérií *Pseudomonas fluorescens*, *Migula* sp., či *Bacillus subtilis*, ktoré boli v laboratórnych podmienkach *in vitro* účinné voči tracheomykóze. Veľmi dobré výsledky sa dosiahli aj použitím biopreparátu *Ibefungin* na báze *Bacillus subtilis*, ktorý **bol účinný pri leteckej i pozemnej aplikácii čo sa odzrkadlilo v zlepšenom zdravotnom stave chradnúcich dubových porastov.** Proti tracheomykóze brestov však doteraz využitý nebol (Jančařík 1981, 1991).

Tretím významným smerom v ochrane brestov pred patogénnou hubou je šľachtenie nových rezistentných klonov brestov. Mnoho krajín EU rozvíja svoj „*Program na konzerváciu a šľachtenie brestov voči DED*“ (Španielsko, Portugalsko, Holandsko), kde bolo takto testovaných vyše 200 000 semenáčikov a vzniklo vyše 2000 klonov (Holmes, Heybroek 1990). V podmienkach Slovenskej republiky máme zachované semenné zdroje brestov v kategórii **výberových stromov** v počte 129 jedincov pri *Ulmus glabra* a 57 jedincov pri *Ulmus minor*. **Uznané porasty** sú len pri breste horskom, v počte 26, z toho 18 porastov je autochtónnych. Veľkým krokom vpred je založenie **semenného sadu** bresta horského uznaného v roku 2013, kde bolo vysadených 352 vrúblovancov z rôznych pôvodných lokalít tohto cenného druhu dreviny (Databáza stromov Lesného reprodukčného materiálu SR, 2014).

Materiál a metodika

Materiál v predkladanej práci bol v rámci rôznych druhov, foriem a kultivarov brestov vysadený v areáli Arboréta Borová hora. Každá evidenčná (taxonomická) jednotka je premetom samostatného vyhodnocovania a pozorovania. Klimatické charakteristiky lokality sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Klimatické údaje Arboréta Borová hora (Lukáčik 2005)

Table 1: Climate data of Borová hora Arboretum (Lukáčik 2005)

Lokalita ¹	Nadmorská výška ²	Priemerná ročná teplota ³	Priemerná teplota vo vegetačnom období ⁴	Priemerný ročný úhrn zrážok ⁵	Priemerný úhrn zrážok vo vegetačnom období ⁶
	[m n. m.]	[°C]			[mm]
Borová hora	291 – 377	+ 8,8	+ 15,6	640	399

¹Locality, ²Altitude, ³Mean annual temperature, ⁴Mean temperature in growing season, ⁵Mean annual sum of precipitation, ⁶Mean annual sum of precipitation in growing season

Na vyhodnotenie premenlivosti, rastových charakteristík a zdravotného stavu bolo použité nasledovné metodické postupy:

Hodnotenie habitu:

1. tvar:
 - a) vajcovitý (úzko, široko),
 - b) nepravidelne vajcovitý,
 - c) nevyvinutý,
 - d) previsnutý,
 - e) stĺpovitý,
 - f) iný.
2. rozmery:
 - a) výška (m) s presnosťou na 0,1 m,
 - b) hrúbka (mm) s presnosťou na 1 mm,
 - c) priemer koruny (m) s presnosťou na 0,1 m – dva na seba kolmé priemery.
3. konáre (zakonárenie):
 - a) husté,
 - b) stredne husté,
 - c) riedke.

Hodnotenie zdravotného stavu, resp. poškodenia:

1. určenie patogéna (hmyzí, hubový škodca),
2. určenie rozsahu napadnutia:
 - a) nenapadnutý, zdravý jedinec,
 - b) poškodenie do 30 % listovej plochy,
 - c) poškodenie do 60 % listovej plochy,
 - d) poškodenie viac ako 61 % listovej plochy.

Výsledky a diskusia

Rastové charakteristiky získané meraním jednotlivých foriem a kultivarov brestov sú uvádzané v tabuľkách 2, 3 a 4. Ide o kontinuálne hodnotenie rastových znakov počas rastu v

Tabuľka 2: Základné dendrologické charakteristiky a vyhodnotenie foriem a kultivarov *Ulmus minor* Mill. (2009)**Table 2:** Basic dendrological characteristics and evaluation of *Ulmus minor* Mill. forms and cultivars (2009)

Kultivar ¹ forma	Evid. číslo ²	Porast ³	Rok výsadby ⁴	Výška ⁵ [m]	Hrúbka ⁶ [mm]	Priemer koruny ⁷		Tvar habitu ⁸	Konáre ⁹
var. suberosa	3654	4c	1995	1,5	10	0,3	0,5	nevyvinutý	riedke
	3654	4c	1995	2,8	32	1,5	1,8	nevyvinutý	riedke
‘Tricolor’	3652	4c	1995	0,7	10	0,2	0,3	nevyvinutý	stredne husté
	3652	4c	1995	2,7	20	1	0,9	nevyvinutý	riedke
‘Umbraculifera’	1994	4c	1976	5,1	710	5,2	5,1	dáždnikovitý	husté
	1994	4c	1976	4,9	660	5	5	dáždnikovitý	husté
‘Variegata’	2439b	4c	1992	2,1	2,5	0,7	0,8	nevyvinutý	stredne husté
	2860	7f	1984	12,6	210	9,7	9,5	široko vajcovitý	stredne husté
	2439	9b	1981	5	55	3,6	3,6	vajcovitý	husté
	2439	9b	1981	8,7	112	5,9	6,2	vajcovitý	husté
	2439	9b	1981	9,3	156	3,2	10,2	široko vajcovitý	husté
	2440b	6h	1984	6,1	61	2,3	2,2	vajcovitý	riedke
‘Wredei’	2440b	6h	1984	4,1	46	1,8	1,9	vajcovitý	riedke
	2440b	6h	1984	1	10	0,5	0,6	nevyvinutý	riedke
	2440a	7f	1981	14,4	108	8,8	9,1	dáždnikovitý	husté
	2440a	9b	1981	7,3	89	3,7	3,8	široko vajcovitý	riedke
	2440b	9b	1984	7	52	3,6	3,6	široko vajcovitý	riedke

¹Cultivar, ²Registration number, ³Stand, ⁴Year of planting, ⁵Height, ⁶Diameter d_{1,3}, ⁷Width of crowns, ⁸Shape, ⁹Branches

Tabuľka 3: Základné dendrologické charakteristiky a vyhodnotenie foriem a kultivarov *Ulmus glabra* Huds. (2009)**Table 3:** Basic dendrological characteristics and evaluation of *Ulmus glabra* Huds. forms and cultivars (2009)

Kultivar ¹ forma	Evid. číslo ²	Porast ³	Rok výsadby ⁴	Výška ⁵ [m]	Hrúbka ⁶ [mm]	Priemer koruny ⁷		Tvar habitu ⁸	Konáre ⁹
‘Aurea’	2320	7f	1981	6,2	55	3,6	3,2	nevyvinutý	riedke
	2320	7f	1981	5	41	3,7	4	nevyvinutý	riedke
‘Crispa’	1996	6h	1977	9,2	200	5,6	5,5	vajcovitý	riedke
	1996	6h	1977	8,8	131	5	4,8	vajcovitý	riedke
	1996	6h	1977	9,4	191	6,5	7	vajcovitý	riedke
	1996	6h	1977	8,2	145	5,3	5,1	vajcovitý	riedke
	987b	2b	1981	1,6	122	2,9	3,7	široko vajcovitý	husté
‘Pendula’	987b	2b	1981	3	321	5,7	5,9	široko vajcovitý	husté
	2186	5a	1977	1,3	248	4,2	4	previsnutý	husté
	2186	5a	1977	2,9	265	5	4,9	previsnutý	husté
	987c	6e	1984	1,9	139	3,9	3,6	previsnutý	husté
	987b	9c	1975	1,4	86	3,6	3,8	previsnutý	husté
	987b	9c	1975	4,1	60	1,6	3,5	deformovaný	riedke

¹Cultivar, ²Registration number, ³Stand, ⁴Year of planting, ⁵Height, ⁶Diameter d_{1,3}, ⁷Width of crowns, ⁸Shape, ⁹Branches

arboréte, ktoré je výrazne ovplyvnené vekom, ale aj umiestnením jedinca v rámci ostatných výsadiel v danom poraste.

Najstaršími jedincami sú bresty anglické *Ulmus procera* ‘Luis van Houtte’ ev. č. 652a vysadené v oddelení 6 (tab. 4). Pre daný kultivar so žltými listami (vyfarbenie závisí od in-

tenzity osvetlenia koruny) je typická výška v dospelosti 15 m a šírka koruny 8 m (Hieke 1994), pričom prechádza od široko lievikovitej do guľovitej koruny.

V čase hodnotenia mali jedince uvedeného kultivaru 42 rokov, ich priemerná výška bola 6 m a šírka koruny 3,5 m, jeden z jedincov mal v orientácii S – J šírku 7,7 m. Ich koruny majú zatiaľ viac stĺpovitý charakter, čo možno spôsobuje ich postavenie v rámci porastov. Tento kultivar bresta je známy svojou vysokou zraniteľnosťou voči *Ophiostoma ulmi*, kedy v tridsiatych rokoch 20. storočia uhynuli celé aleje týchto brestov. V areáli arboréta sme zatiaľ nezaznamenali výskyt „grafiózy“ na spomínanom kultivare, viac je napádaný vlnáčkou hladkou (*Tetraneura ulmi*, Homoptera, Pemphiginae), ktorá spôsobuje háľky na listoch väčšie ako 2 cm a znehodnocuje listovú plochu, a tým estetickú hodnotu kultivaru.

Jedince s panašovanými listami sú veľmi často napádané listovou škvrnitosťou (*Stegophora ulmea* Fr. Syd. & P. Syd.). Na niektorých jedincoch, najmä v poraste 9b, sa objavuje strata bieloškvrnitosti a listy ostávajú na celej čepeli zelené (20 % z celej koruny). Je to pravdepodobne spôsobené vyšším zatienením jedincov, ktorí si takto vynahradia nedostatok asimilačnej plochy. Celkový tvar koruny je vajcovitý až široko vajcovitý, čo zodpovedá popisu kultivaru u viacerých autorov.

Pozorovaním zdravotného stavu vybraných kultivarov brestov sme zistili, že škodcovia oveľa viac napádajú kultivary okrasné listom (zmena pigmentácie, alebo celkového sfarbenia listov), ako kultivary s plnou fotosynteticky aktívnou asimilačnou plochou. Pri týchto kultivaroach sa vyskytlo iba zriedkavé poškodenie roztočom (*Aculus* [*Eriophyes*=*Acerina*] *brevipunctatus*, Acari, Eriophyidae), napr. pri *Ulmus glabra* 'Pendula', aj to len na miestach, ktoré neboli plne osvetlené.

Tabuľka 4: Základné dendrologické charakteristiky a vyhodnotenie foriem a kultivarov *Ulmus procera* Salisb. (2009)

Table 4: Basic dendrological characteristics and evaluation of *Ulmus procera* Salisb. forms and cultivars (2009)

Kultivar ¹	Evid. číslo ²	Porast ³	Rok výsadby ⁴	Výška ⁵ [m]	Hrúbka ⁶ [mm]	Priemer koruny ⁷		Tvar habitu ⁸	Konáre ⁹
						S – J	V – Z		
'Luis van Houtte'	652a	6e	1967	5,8	65	3,3	3,2	stĺpovitý	stredne husté
	652a	6e	1967	6,2	92	7,7	3,5	stĺpovitý	stredne husté
	652a	6h	1967	6	78	3,5	3,5	nevyvinutý	riedke
	652b	4f	1976	1,7	15	0,4	0,7	nevyvinutý	riedke
	652b	4f	1976	2,6	20	1,6	1,7	nevyvinutý	riedke
'Purpurea'	991b	6e	1976	10,8	180	5,3	5,1	stĺpovitý	stredne husté
	991b	6e	1976	4,4	77	3,9	3,7	stĺpovitý	stredne husté
	991b	4c	1976	8,4	125	5,9	5,6	nevyvinutý	stredne husté
	991b	4c	1976	2,7	40	2	2,4	nevyvinutý	husté
	991b	4d	1976	10,5	155	6,9	7,1	široko vajcovitý	husté
	991b	4f	1976	7,5	148	7	6,5	vajcovitý	husté
	991b	7f	1976	12,4	255	9,6	9,4	vajcovitý	stredne husté
	991b	7f	1976	14,6	286	8,4	8,8	vajcovitý	stredne husté
	991b	7f	1976	15,3	267	8,6	9	vajcovitý	stredne husté

¹Cultivar, ²Registration number, ³Stand, ⁴Year of planting, ⁵Height, ⁶Diameter d_{1,3}, ⁷Width of crowns, ⁸Shape, ⁹Branches

Tabuľka 5: Hodnotenie vitality (zdravotného stavu), určenie rozsahu napadnutia patogénom**Table 5:** Evaluation of vitality (healthy stage), determination of pathogen extent

Drevina ¹	Evid. ² číslo	Porast ³	Zdravotný stav ⁴	Patogén ⁵
<i>Ulmus minor</i> 'Suberosa'	3654	4c	a	—
	3654	4c	a	—
<i>Ulmus minor</i> 'Tricolor'	3652	4c	a	—
	3652	4c	a	—
<i>Ulmus minor</i> 'Umbraculifera'	1994	4c	a	—
	1994	4c	a	—
<i>Ulmus minor</i> 'Variegata'	2439b	4c	a	—
	2860	7f	a	—
	2439	9b	b	<i>Stegophora ulmea</i> listová škvrnitosť
	2439	9b	b	<i>Stegophora ulmea</i> listová škvrnitosť
	2439	9b	b	<i>Stegophora ulmea</i> listová škvrnitosť
<i>Ulmus minor</i> 'Wredei'	2440b	6h	c	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká
	2440b	6h	c	
	2440b	6h	c	
	2440a	7f	b	
	2440a	9b	b	
<i>Ulmus glabra</i> 'Aurea'	2440b	9b	b	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká
	2320	7f	b	
<i>Ulmus glabra</i> 'Crispa'	2320	7f	b	<i>Geometridae</i> , rôzne druhy piadiviek
	1996	6h	b	
	1996	6h	b	
	1996	6h	b	
	1996	6h	b	
<i>Ulmus glabra</i> 'Pendula'	987b	2b	b	<i>Aculus brevipunctatus</i> roztoč
	987b	2b	b	<i>Aculus brevipunctatus</i> roztoč
	2186	5a	a	—
	2186	5a	a	—
	987c	6e	b	<i>Aculus brevipunctatus</i> roztoč
	987b	9c	b	<i>Aculus brevipunctatus</i> roztoč
	987b	9c	b	<i>Aculus brevipunctatus</i> roztoč
<i>Ulmus procera</i> 'Luis van Houtte'	652a	6e	b	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká
	652a	6e	b	
	652a	6h	b	
	652b	4f	b	
	652b	4f	b	
<i>Ulmus procera</i> 'Purpurea'	991b	6e	a	—
	991b	6e	a	—
	991b	4c	a	—
	991b	4c	a	—
	991b	4d	a	—
	991b	4f	a	—
	991b	7f	b	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká
	991b	7f	b	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká
	991b	7f	b	<i>Tetraneura ulmi</i> vlnačka hladká

¹Tree species, ²Registration number, ³Stand, ⁴Healthy stage, ⁵Pathogen

Záver

Rastové charakteristiky zistené pri jednotlivých kultivaroch a formách brestov odrážajú ich stav počas rastu v Arboréte Borová hora. Kvantitatívne charakteristiky (výška, hrúbka a šírka koruny zodpovedajú veku jednotlivých jedincov, neboli nájdené výrazné habituálne odchýlky medzi rastom na ploche arboréta a popisom kultivarov v odbornej literatúre (Krüssmann 1962).

Zdravotný stav jedincov je vcelku dobrý, na vybraných výsadbách neboli nájdené príznaky tracheomykózy *Ophiostoma novo-ulmi* (Breiser). Boli zistené tri druhy cicavých a žravých škodcov vlnačka hladká *Tetraneura ulmi* (L.), roztoč *Aculus brevi punctatus* (Nalepa), rôzne druhy piadiviek *Geometridae* (Leach.), a listová škvrnitosť brestov *Stegophora ulmea* (Fr. Syd. & P. Syd.), ktoré sa viac vyskytovali u kultivarov, ktoré sú typické zmenenou pigmentáciou a tvarom listu.

Podakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0132/12.

Literatúra

- Breiser, C. M., 1991: *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia*, **115**(3): 151–161.
- D'Arcy, C. J., 2000: Dutch elm disease, *Ophiostoma* species (originally *Ophiostoma ulmi* and now mainly *Ophiostoma novo-ulmi* in North America and Europe). *The Plant Health Instructor*, citované dňa: 6. 6. 2014, dostupné na internete: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/DutchElm.aspx>
- Databáza stromov Lesného reprodukčného materiálu SR, 2014.
- Holmes, F. W., Heybroek, H. M., 1990: Dutch Elm Disease – The Early Papers. St. Paul, APS Press, MN.
- Hieke, K., 1994: Lexikon okrasných drevín. Praha, Helma, 730 p.
- Jančařík, V., 1981: Grafioza jilmů. *Lesnická práce*, **60**(6): 260–264.
- Jančařík, V., 1991: Karanténny a nebezpečné choroby lesných drevín. Karanténny škodliví činitelé rostlin. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, s. 179–195.
- Krüssmann, G., 1962: Handbuch der Laubgehölze. Berlin, Paul Parey Verlag, 608 p.
- Pagan, J., Randuška, D., 1987: Atlas drevín 1 (pôvodné dreviny). Bratislava, Obzor, 360 p.
- Roloff A., Bärtels, A., 1996: Gehölze. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag, 694 p.
- Takai, S., 1973: Cerato-ulmin, a wilting agent of the Dutch elm disease fungus. In: Abstr. 2nd Int. Congr. Plant Pathology, No. 0679.
- Zúbrik, M., Kunca, A., Novotný, J., 2008: Atlas poškodení lesných drevín – hmyz a huby. Zvolen, NLC, 178 p.

PREHLAD VYBRANÝCH TAXAČNÝCH A PRODUKČNÝCH VELIČÍN JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) V JEDLOBUKOVÝCH PORASTOCH A ICH VÝVOJ V OBDOBÍ ROKOV 1957–2011 VO VÝSKUMNO–ÚČELOVOM OBJEKTE KOMÁRNIK

An overview of selected mensurational and production parameters of a fir (*Abies alba* Mill.) in fir–beech stands and their development in 1957 – 2011 in research purpose-made area Komárnik

**Tomáš Klouček¹ • Igor Štefancík² • Tibor Priwitzer²
• Vladimír Čaboun²**

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, CZ – 165 21 Praha 6, e-mail: kloucek@fd.czu.cz

²Národné lesnícke centrum-Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen, e-mail: stefancik@nlcsk.org, priwitzer@nlcsk.org, caboun@nlcsk.org

Abstract

The paper is focused on analysis of the results of long-term fir development observation. The investigation was carried out on series of two fir – beech stands in the Eastern Carpathians area, which were established in the past in order to monitor different methods of management in relation with their structure and development. Attention was paid to changes of tree species composition, diameter and height structure and also quantitative production of fir in a period of 1957 - 2011. The results of investigation (approximately 50-year development) confirmed decreased of fir proportion under the mentioned natural conditions. Production characteristics (volume of the timber to the top of 7 cm o.b.) reached higher values on control plot in comparison with managed plots. It can be concluded that management of the mentioned stands under the principles of selection system has a positive effect on its structure and overall development.

Keywords: *fir, principles of selection system, production*

Abstrakt

Obsahom príspevku je analýza výsledkov z dlhodobých pozorovaní vývoja jedle bielej na sérii dvoch jedľovo bukových porastov v oblasti Východných Karpát, ktoré boli založené v minulosti za účelom sledovania vplyvu rôznych spôsobov obhospodarovania na vývoj ich štruktúry. Pozornosť sa venovala zmenám drevinového zloženia, hrúbkovej a výškovej štruktúry, ako aj kvantitatívnej produkcie jedle za časovú periódu medzi rokmi 1957 – 2011. Výsledky sledovaní vyše 50-ročného vývoja potvrdili znižovanie podielu jedle v daných prírodných podmienkach. Produkčné charakteristiky (zásoba hrubiny) dosiahli vyššie hodnoty na kontrolnej ploche v porovnaní so zasahovanou plochou. Možno konštatovať, že obhospodarovanie predmetných porastov v zmysle princípov výberkového hospodárenia malo priaznivý účinok na ich štruktúru a celkový vývoj.

Kľúčové slová: *jedľa, princípy výberkového hospodárstva, produkcia*

Úvod a problematika

Lesné ekosystémy, ako objekty pestovania lesa, sú v súčasnosti do značnej miery vystavené negatívnemu pôsobeniu globálnych klimatických zmien. Rastúca teplota, deficit zrážok vo vegetačnom období, zvýšená koncentrácia CO₂, zhoršujúce sa vlastnosti pôdy a pôsobenie vetra nútia človeka hľadať nové cesty v obhospodarovaní lesov (Saniga 2002). Hľadaniu optimálneho obhospodarovania lesných porastov sa venuje pozornosť už niekoľko desaťročí. Cieľom lesného hospodárstva je v súčasnosti trvalo udržateľné obhospodarovanie lesa a tým zabezpečenie proporcionálneho využívania všetkých funkcií lesa vrátane produkčnej, ochrannej a environmentálnej. Základným predpokladom pre splnenie tohto cieľa je dosiahnutie proporcionálneho zastúpenia pôvodných, stanovištne vhodných druhov drevín, pretože vhodné drevinové zloženie porastov je základnou podmienkou vytvárania stabilných lesných ekosystémov. Z tohto dôvodu sa pestovné koncepcie prírode blízkeho pestovania lesa stávajú podstatnou formou pri obhospodarovaní lesov Európy (Plachetka, Saniga 2010). Podľa Sanigu (1998), lesy Slovenska z pohľadu drevinovej štruktúry sú viac ako 70 % tvorené zmesami autochtónnych drevín, čo je jedným z predpokladov vo väčšej miere uplatnenia princípov ekologicky orientovaného pestovania lesa. Jedným z nich je práve výberkový hospodársky spôsob, ktorý je viazaný na svetlo tolerantné dreviny. Myšlienky prírode blízkeho hospodárstva sa dostávajú do popredia koncom 19. storočia. Hlavným dôvodom je zmenená ekologická situácia a rastúca potreba zachovania lesov aspoň na existujúcej ploche. Pre širšie uplatnenie prírode blízkeho pestovania lesa bola významná konferencia OSN o životnom prostredí a rozvoji, ktorá sa konala v Rio de Janeiro v roku 1992. Z prijatých dokumentov patrí medzi najvýznamnejšie:

- Deklarácia o životnom prostredí a rozvoji
- Rezolúcia o biologickej diverzite
- Zásady hospodárenia v lesoch, známe ako *“Statement of Forest Principles”*, ktoré obsahujú princípy pre obhospodarovanie, využívanie, ochranu a trvalé udržateľný rozvoj lesa.

Aktuálnosť prijatých dokumentov vyplýva z celkového stavu lesov a celospoločenských požiadaviek ako je nízka ekologická stabilita porastov, mimoprodukčné funkcie lesa a pokles ekonomickej efektívnosti lesnej výroby. Samotný trend uplatňovania výberkového hospodárstva sa týmto stáva kľúčovou témou lesného hospodárstva nie len v Európe (Reininger 1992; Bachofen, Zingg 2001; Kenk, Guehne 2001; Schütz 2001; Sterba, Zingg 2001), ale aj v severnej Amerike (Bergeron, Harley 1997; O' Hara 2001).

Dobrým príkladom presadzovania tohto trendu je aj územie Slovenska, kde za posledné desaťročia obhospodarovanie lesov prešlo mnohými zmenami v prospech prírode blízkeho pestovania lesa. Za kolísku vzniku výberkového lesa a zásad výberkového hospodárstva sa považuje Švajčiarsko, kde sa v okolí Emmentalu (kantón Bern) nachádzajú najstaršie výberkové lesy. Slovensko sa zaraďuje medzi málo európskych krajín, ktoré disponujú niekoľkými objektmi, kde sa už v minulosti uplatňoval výberkový hospodársky spôsob a sú v súčasnosti zachované ako výskumné a demonštračné objekty. V tejto súvislosti je potrebné spomenúť objekty orografického celku Volovské vrchy (LC – Smolnícka osada, LC – Smolník), kde sa výberkovaním zaoberali najmä Holubčík (1960, 1962), Korpeľ, Saniga (1993) a v poslednom období najmä autori (Szanyi 1997; Vencurik 2006; Plachetka, Saniga 2010; Plachetka 2013). Druhý významný výskumno-účelový objekt „Komárnik“ sa nachádza v oblasti Východných Karpát. Práve posledne menovaný objekt má výnimočné postavenie, pretože od jeho založenia v roku 1954, sa na danom území vykonávajú kontinuálne sle-

dovania, merania a hodnotenia lesných porastov na založených trvalých výskumných plochách. Neoceniteľnou výhodou je aj skutočnosť, že k dispozícii je množstvo informácií a poznatkov, ktoré sa dosiahli počas dlhodobého výskumu na tomto objekte (Košť 1968, 1982; Midriak et al. 1985; Herchl, Tóthová 2000). Jeho súčasťou je aj Komárnická jedlina (výmera 74,70 ha), vyhlásená v roku 1984 za Národnú prírodnú rezerváciu. Pôvodne mal objekt slúžiť na výskum hospodárskej úpravy lesov a jej aplikácii v praxi. Neskôr sa pokračovalo vo výskume základných rastových zákonitostí pri uplatňovaní výberkového hospodárskeho spôsobu a jeho foriem, ďalej vo výskume hospodárskej úpravy výberkového a podrastového hospodárskeho spôsobu ako aj vo výskume intenzity hospodárskych zásahov a im zodpovedajúcich ťažbovo-obnovných a dopravných technológií.

Cieľom príspevku je porovnanie dlhodobého vývoja (viac ako 50 rokov) z hľadiska drevinového zloženia a vybraných ukazovateľov kvantitatívnej produkcie dvoch porastov vo výskumno-účelovom objekte (VÚO) Komárnik, ktoré sa odlišujú rozdielnym spôsobom obhospodarovania.

Materiál a metodika

Objektom výskumu boli dve trvalé výskumné plochy (TVP 4 a TVP 7) na VÚO Komárnik, kde bolo v minulosti založených celkovo 13 TVP (Košť 1982). TVP 4 (výmera 0,48 ha) bola založená v roku 1957 (vo veku 119 rokov) za účelom sledovania vplyvu hospodárskych zásahov na štruktúru porastu. Nebolo presne špecifikované o aké zásahy ide, a v súčasnosti je to aj ťažko zistiť. Základná filozofia bola hospodáriť inak ako rúbaňovým hospodárskym spôsobom. Pravdou je, že aj keď sa deklarovali zásahy v zmysle výberkového hospodárstva nazdávame sa, že nie vždy sa striktne aj dodržali. Dôkazom toho je aj TVP 7, ktorá v čase založenia bola charakterizovaná ako kontrolná plocha (bez zásahov), ale zistili sme, že aj tam sa zasahovalo (likvidácia snehovej kalamity v roku 1966), resp. v podstate až po jej začlenení do NPR Komárnická jedlina (v roku 1984) sa tam preukázateľne nezasahovalo. Doteraz sa tu uskutočnilo 8 meraní v rokoch 1957, 1968, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 a 2011.

TVP 7 (výmera 0,42 ha) založená v roku 1962 (vo veku 125 rokov), ktorá bola ponechaná na autoreguláciu ako kontrolná plocha. Avšak pri tejto TVP, ktorá bola v čase založenia experimentu charakterizovaná ako kontrolná plocha (bez zásahov) sme zistili, že aj tam sa zasahovalo (likvidácia snehovej kalamity v roku 1966), resp. v podstate až po jej začlenení do NPR Komárnická jedlina sa tam preukázateľne nezasahovalo. Tu sa doteraz vykonalo 7 meraní (1963, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 a 2011).

Územie VÚO Komárnik sa nachádza v severovýchodnej časti východného Slovenska, na južných svahoch značne členitého veľkého oblúku Východných Karpát v blízkosti Duklianskeho priesmyku. Z geomorfologického hľadiska je súčasťou Laboreckej vrchoviny. Tvorí západnú časť CHKO Východné Karpaty, pričom jeho výmera sa v priebehu desaťročí menila. V súčasnosti má výmeru vyše 660 ha (Herchl, Tóthová 2000). Jeho súčasťou je aj už spomínaná NPR Komárnická jedlina (výmera 74,70 ha), vyhlásená v roku 1984.

Základné charakteristiky VÚO Komárnik: Nadmorská výška – 350 až 580 m. Geologické podložie tvorí terciérny paleogénny flyš, ktorý sa skladá prevažne z pieskovcov, ílovitých a slieňovitých bridlíc. Ide o hlinito-piesčité až ílovito-hlinité lesné pôdy, veľmi bohaté na minerálne živiny. S pôdnymi typmi prevládajú kambizeme typické nenasýtené, dystrické a pseudoglejové. Podľa klimateckej rajonizácie patrí tento región do mierne chladnej a mierne vlhkej oblasti s prechodom až do regiónu s chladnou a vlhkou klímou. Podľa Ko-

šúta (1982) boli v prvých rokoch po založení VÚO Komárnik najviac (vyše 85 %) rozšírené skupiny lesných typov *Abieto-Fagetum* a *Fagetum typicum* s približne rovnakým zastúpením, ostatných 15 % tvorili *Fagetum pauper*, *Fageto-Aceretum*, *Fraxineto-Aceretum* a *Tilio-Aceretum*, vyskytujúce sa súvislejšie v hrebeňových a podhrebeňových častiach. Najrozšírenejšími HSLT boli 410 (svieže bučiny), 413 (vlhké bučiny) a 511 (živné jedľové bučiny), v skalnatých hrebeňových častiach sa vyskytovali 517 (sutinové javoriny), fragmenty 417 (sutinových lipových bučín) a 513 (vlhkých jedľových bučín). V súčasnosti na danom území prevládajú svahy so sklonom 20 až 35 %, s JV, J a JZ expozíciou.

Na uvedených TVP sa uskutočnili v roku 2011 štandardné biometrické merania a hodnotenia znakov kmeňa a koruny. V rámci nich sa okrem kvantitatívnych parametrov (hrúbka $d_{1,3}$, výška stromov a nasadenia koruny, šírka korún) technológiou Field-Map zameriavali aj pozície jednotlivých žijúcich stromov. Pre jednotlivé plochy sa odvodilo zastúpenie jednotlivých drevín podľa ich kruhovej základne. Pre sledovanie vývoja drevinového zloženia sa zastúpenie drevín vypočítalo pre tri časové obdobia a to na TVP 4 pre roky 1957, 1985 a 2011 a na TVP 7 pre roky 1963, 1985 a 2011.

Následne sa pre každý strom na základe hrúbky a výšky vypočítal objem pomocou objemových rovníc podľa Petráša, Pajtíka (1991). Objem jednotlivých stromov vyjadrené v objemovej jednotke hrubina bez kôry (h.b.k) sa sčítali pre jednotlivé dreviny a výsledná zásoba sa prepočítala na 1 hektár, aby bolo možné ich porovnávanie medzi jednotlivými plochami. Zásoby sa vypočítali pre jednotlivé roky za účelom sledovania ich vývoja od založenia plôch po rok 2011, keď bolo uskutočnené posledné meranie.

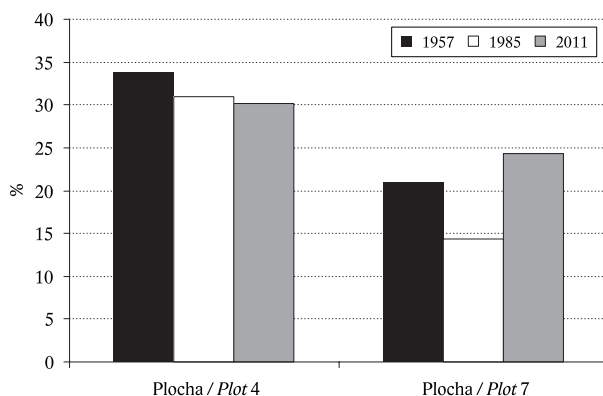
Výsledky a diskusia

Vývoj zastúpenia jedle bielej

Vývoj zastúpenia jedle bielej, ktoré sme vypočítali ako percentuálny podiel z kruhovej základne porastu uvádzame na obrázku 1.

Z údajov na obr.1 vyplýva, že na TVP 4 mala jedľa najvyššie zastúpenie (34 %) na začiatku výskumu. Počas celého časového obdobia možno konštatovať na TVP 4 mierny pokles zastúpenia jedle v dôsledku poklesu jej kruhovej základne (G). Naopak, podiel jedle na TVP 7 (kontrolná plocha) vykazuje stúpajúci trend s najvyšším podielom zaznamenaným v roku 2011 (24 %), keď v porovnaní so začiatkom výskumu sa zvýšil jej podiel o 3 %. Pri porovnaní s ostatnými drevinami bola jedľa na oboch plochách počas celého obdobia sledovania druhá v poradí za bukom, ktorého podiel bol vyše 50 %. Po 54 rokoch sa na TVP 4 (zasahovanej úmyselnou ťažbou) podiel buka zvýšil o 6 %, hoci jeho kruhová základňa sa znížila o 9 %, čo poukazuje na dobrú vitalitu buka v daných podmienkach. Rovnaký trend sme zistili aj na iných systematicky obhospodarovaných plochách v zmiešaných porastoch jedle, buka a smrek na Slovensku (Štefančík 2006, 2008).

Uvedený vývoj zastúpenia jedle bielej nie celkom korešponduje s poznatkami autorov Plachetka, Saniga (2010), ktorí uvádzajú zvýšenú vitalitu jedle v porovnaní s ostatnými drevinami typickými pre výberkový les. Uvedení autori vo svojej práci konštatujú, že uplatňovaním výberkového rubu (stromová forma, výskumný objekt LC Smolnícka Osada), vznikajú vo výberkovom lese ekologické podmienky vhodné práve pre jedľu bielu, čím sa táto stáva postupnou nositeľkou výberkovej štruktúry.



Obr. 1: Vývoj zastúpenia jedle na TVP 4 a TVP 7

Fig. 1: The development of fir proportion in PRP 4 and PRP 7

Znižovanie podielu (úbytok) jedle najmä v 70. rokoch minulého storočia bol často konštatovaným javom, na ktorom sa podieľal komplex príčin (Málek 1983). V tejto súvislosti sa publikovalo viacero teórií (hypotéz) o príčinách odumierania jedle. Jednou z nich je podľa Korpela, Vinša (1965) poznatok o zvýšenej citlivosti jedle voči ťažbovým zásahom, osobitne vo vyššom veku. Uvedenú skutočnosť potvrdili aj naše zistenia na VÚO Komárnik, keď na kontrolnej TVP 7 (bez zásahov) sa zastúpenie jedle zvýšilo, kým na ploche so zásahmi (TVP 4) kleslo. Celkom do roku 2011 na TVP 4 ubudlo 76 %, resp. na TVP 7 tiež 75 % jedlí evidovaných na začiatku plochy. Druhým významným faktorom je tá skutočnosť, že vplyvom zásahov, prirodzeného úbytku a kompetičných vzťahov sa znížila početnosť jedle v nižších hrúbkových stupňoch. Vzhľadom na skutočnosť, že nedisponujeme informáciami o eventuálnom vplyve ďalších faktorov, ktoré mohli uvedený jav ovplyvniť, predpokladáme že to mohlo byť spôsobené zvýšenou mortalitou jej prirodzeného zmladenia v dôsledku zmenených svetelných podmienok po zásahoch, resp. vplyve abiotických škodlivých činiteľov (vietor, sneh), ale tiež vplyvom konkurencie vitálnejšieho buka, prípadne poškodzovaním zverou a medzidruhovými a vnútroekosystémovými vzťahmi ovplyvňujúcimi zmladenie a vývoj jedle. Nasvedčuje tomu aj zvýšená početnosť buka (prirodzenej obnovy) v porastových medzerách vzniknutých abiotickými činiteľmi a ťažbou. V konkurenčnom boji prirodzenej obnovy je buk vždy kompetične silnejší, osobitne v podmienkach jeho rastového optima a na živných stanovištiach (Korpeľ 1966). Podobný vývoj je zrejмый aj na TVP 7, kde je však zastúpenie jedle nižšie v porovnaní s TVP 4. Vyskytuje sa hlavne v nižších hrúbkových stupňoch, v dolnej vrstve. Na druhej strane sa konštatuje v ostatných rokoch regenerácia a zvýšená vitalita jedle bielej (napr. Bošela et al. 2014).

Vývoj strednej hrúbky a strednej výšky

Vývoj strednej hrúbky jedle na oboch TVP dokumentuje tabuľka 1. Stredná hrúbka jedle sa na obidvoch plochách postupne zvyšovala, pričom významnú úlohu zohrala skutočnosť, že postupným odstraňovaním úrovňových a vrastavých jedincov sa zabezpečil väčší prísun svetla medzi jednotlivými vrstvami, čo viedlo k intenzívnejšiemu rastu koruny jedincov.

Tabuľka 1: Stredná hrúbka jedle na TVP 4 a TVP 7 v jednotlivých obdobiach merania

Table 1: Mean diameter of fir in PRP 4 and PRP 7 in a year of measurement

Plocha ¹	Stredná hrúbka ² [cm]								
	1957	1963	1968	1975	1980	1985	1990	1995	2011
TVP 4	20,2	—	21,6	25,0	27,5	29,2	29,6	30,7	36,1
TVP 7	—	18,6	—	18,7	19,7	21,3	23,2	23,5	31,2

¹Research plot, ²Mean diameter (DBH)

Zaujímavý je vývoj strednej hrúbky na TVP 4 v posledných dvoch desaťročiach (tab. 1). Kým v roku 1995 bol zaznamenaný mierny nárast sledovanej veličiny z hodnoty 29,6 cm (rok 1990) na hodnotu 30,7 cm, pri poslednom meraní (rok 2011) dosahuje hodnota strednej hrúbky jedle hodnotu 36,1 cm. Uvedený jav zrejme súvisí s drevinou buk, ktorý sa ku koncu sledovaného obdobia na TVP 4 odstraňoval predovšetkým z hornej vrstvy (jedince s najväčšími dimenziami), čím sa zabezpečil intenzívnejší výškový rast jedle. Podľa autorov (Plachetka, Saniga 2010; Plachetka 2013) väčší prísun svetla do porastového vnútra má priaznivý vplyv nie len vo vzťahu k výškovým presunom medzi jednotlivými vrstvami výberkového lesa, ale aj na intenzívnejší rast koruny, cez ktorú sa premietnu rastové procesy v hrúbke jedle a následne aj objemu.

Podobný záver platí aj pri vyhodnotení strednej výšky jedle za sledované obdobie (tab. 2). Za sledované obdobie vykazuje uvedená veličina mierne stúpajúci trend s maximálnou hodnotou zistenou na TVP 4 v roku 1990 (27,8 cm). Na TVP 7 je situácia iná, keď hodnota sledovanej veličiny v jednotlivých rokoch merania v porovnaní s rokom 1963 mierne klesá. Príčinou tohto rozdielu je skutočnosť, že medzi predposledným meraním (1995) a meraním v roku 2011 odumreli najmä stromy s hrúbkami 30 – 50 cm, čo spôsobilo pokles hrubších jedincov v hornej vrstve porastu.

Tabuľka 2: Stredná výška jedle na TVP 4 a TVP 7 v jednotlivých obdobiach merania

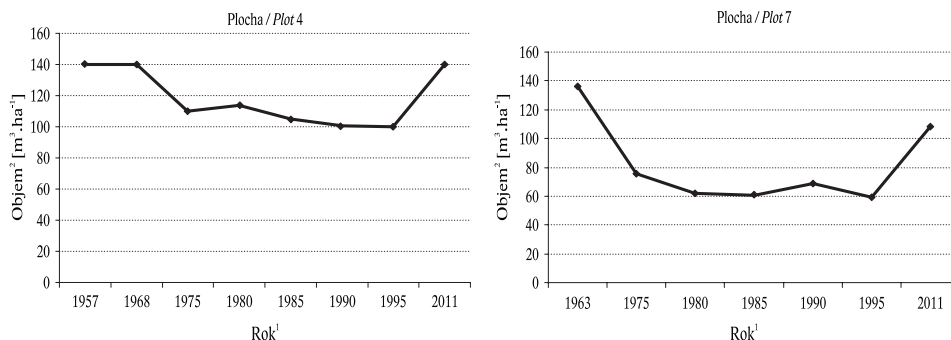
Table 2: Mean fir height in PRP 4 and PRP 7 in a year of measurement

Plocha ¹	Stredná výška ² [m]								
	1957	1963	1968	1975	1980	1985	1990	1995	2011
TVP 4	21,5	—	24,4	25,8	26,3	27,6	27,8	27,1	26,9
TVP 7	—	26,5	—	25,1	24,7	25,9	26,4	25,9	26,1

¹Research plot, ²Mean height

Kvantitatívna produkcia

Kvantitatívnu produkciu jedle bielej dokumentuje obrázok 2. TVP 4 bola obhospodávaná viac-menej podľa princípov výberkového hospodárskeho spôsobu. Pri založení plochy v roku 1957 predstavovala zásoba jedle hodnotu 140 m³.ha⁻¹, a rovnaká hodnota tejto veličiny bola zistená aj pri poslednom meraní v roku 2011 (139,9 m³.ha⁻¹). V období medzi týmito rokmi bolo vyťažených 143 m³.ha⁻¹ drevnej hmoty jedle. Za celé sledované obdobie prirástlo 140 m³.ha⁻¹, čo predstavuje priemerný objemový prírastok hrubiny 2,7 m³.ha⁻¹.rok⁻¹.



Obr. 2: Vývoj zásoby hrubiny bez kôry dreviny jedľa na TVP 4 a TVP 7

Fig. 2: The development of growing stock without bark in PRP 4 and PRP 7

Tento prírastok je spôsobený jednak rastom evidovaných stromov na ploche ako aj dorastaním mladých stromov (výškové a hrúbkové presuny) do registračnej hranice (7 cm v $d_{1,3}$). Plocha sa v súčasnosti vyznačuje dostatočným zastúpením jedle v hornej a strednej vrstve, pričom viacero jedincov dosahuje objemom nad 2 m^3 . Kým v roku 1957 bol ich celkový podiel do 10 %, v roku 2011 je celkový podiel týchto jedincov viac ako 19 % a to ako výsledok cieleného výrubu predovšetkým listnatých stromov (predovšetkým buka lesného a javora horského). Ojedinele sa úmyselne ťažila aj jedľa väčších dimenzií. K najvýraznejšiemu úbytku zásoby jedle, do ktorého je okrem ťažby zarátané aj odumretie stromov z dôvodu pôsobenia abiotických alebo biotických škodlivých činiteľov, došlo medzi rokmi 1975 – 1995, kedy bola zásoba znížená o 40 m^3 , teda viac ako tretinu pôvodnej celkovej zásoby.

Na TVP 7 v porovnaní s TVP 4 bol zaznamenaný v jednotlivých obdobiach merania približne rovnaký počet jedincov jedle, čo umožňuje pomerne objektívne porovnanie. V roku 1963 mala výskumná plocha zásobu $136,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, a v roku 2011 to bolo $108,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Celkový úbytok za dané obdobie predstavuje hodnotu $117 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Za celé sledované obdobie prírastlo $89 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo predstavuje priemerne $1,85 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Najvýraznejší úbytok zásoby bol zaznamenaný podobne ako na TVP 4 v období medzi rokmi 1963–1975, kedy aj na tejto ploche bola zásoba znížená o viac ako polovicu (o $61 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Ťažba bola vykonaná z dôvodu likvidácie snehovej kalamity. Po tomto období už na ploche neboli vykonávané žiadne ťažbové zásahy a všetky úbytky zásoby boli spôsobené mortalitou stromov. V roku 1984 keď bola vyhlásená NPR Komárnická jedlina sa TVP 7 stala jej súčasťou. Odumreté jedince sa nespracovávali a boli ponechané na ploche.

Záver

Na základe analýzy získaných výsledkov dlhodobého sledovania dvoch jedľovo-bukových porastov v oblasti Východných Karpát, resp. Výskumno-účelovom objekte „Komárnik“ možno konštatovať:

- Na TVP 4 (zasahovanej úmyselnou ťažbou) sa po 54 rokoch podiel jedle znížil o 4,7 %. Na rozdiel od zasahovanej plochy sa podiel jedle na kontrolnej TVP 7 zvýšil o 3,8 %.
- Stredná hrúbka jedle sa na oboch plochách postupne zvyšovala v dôsledku pestovných opatrení, resp. autoregulácie a odstraňovania podúrovňových a vrastavých jedincov. Súvisí to aj s drevinou buk, ktorý sa ku konci pozorovaného obdobia na TVP 4

odstraňoval predovšetkým z hornej vrstvy (jedince s najväčšími dimenziami), čím sa zabezpečil intenzívnejší výškový rast jedle. Významnú úlohu zohrala aj skutočnosť, že postupným odstraňovaním úrovňových a vrastavých jedincov sa zabezpečil väčší prísun svetla medzi jednotlivými vrstvami, čo viedlo k intenzívnejšiemu rastu koruny, cez ktorú sa premietli rastové procesy v smere hrúbky a objemu jedle.

- Vývoj strednej výšky jedle za sledované obdobie na TVP 4 charakterizuje mierne stúpajúci trend s maximálnou hodnotou zistenou na TVP 4 v roku 1990 (27,8 cm). Na TVP 7 je situácia iná, hodnota sledovanej veličiny v jednotlivých rokoch merania v porovnaní s rokom 1963 mierne klesá. Príčinou tohto rozdielu je skutočnosť, že medzi predposledným meraním (1995) a meraním v roku 2011 odumreli najmä stromy s hrúbkami 30 – 50 cm, čo spôsobilo nedostatok jedincov v hornej vrstve porastu.
- Na TVP 7 v porovnaní s TVP 4 bol zaznamenaný v jednotlivých obdobiach merania približne rovnaký počet jedincov jedle. Z hľadiska kvantitatívnej produkcie jedle sme zistili vyššie hodnoty na ploche, kde sa počas sledovaného obdobia zasahovalo v porovnaní s kontrolnou plochou.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV - 0608 - 10 a zmluvy č. APVV-0262-11.

Použitá literatúra

- Bošeľa, M., Petráš, R., Sitková, Z., Priwitzer, T., Pajtík, J., Hlavatá, H., Sedmák, R., Tobin, B., 2014: Possible causes of the recent rapid increase in the radial increment of silver fir in the Western Carpathians. *Environmental Pollution*, **184**: 211–221.
- Bachofen, H., Zingg, A., 2001: Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management*, **145**: 137–149.
- Bergeron, Y., Harley, B., 1997: Basic silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixed forest of Quebec. *Forest Ecology and Management*, **92**: 235–242.
- Herchl, A., Tóthová, S., 2000: Výskumno-účelový objekt Komárnik. (Správa). Košice, VS LVÚ, 35 p.
- Holubčík, M., 1960: O vývoji, prírastku a štruktúre výberkových lesov Lesného závodu Smolnícka Huta. In: *Matematicko-štatistické metódy v hospodárskej úprave a pestovaní lesa*. Bratislava, Vydavateľstvo SAV, s. 77–186.
- Holubčík, M., 1962: Príspevok k otázke priestorovej výstavby výberkového lesa, jej zmeny a produkcia na príklade plôch založených v lesnom závode v Smolníckej Hute. In: *Vedecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici*, **7**: 95–196.
- Kenk, G., Guehne, S., 2001: Management transformation in central Europe. *Forest Ecology and Management*, **151**: 108–114.
- Korpeľ, Š., 1966: Prirodzená obnova v jedľovo-bukovom stupni. In: III. vedecká konferencia VÚLH – I. časť referáty. Zvolen, VÚLH, s. 1–11.
- Korpeľ, Š., Saniga, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Písek, Matica lesnícka, 127 p.

- Korpeľ, Š., Vinš, B., 1965: Pestovanie jedle. Bratislava, SVPL, 340 p.
- Košút, M., 1968: Výberný les vo výskumnom objekte Komárnik. Les, **24**(7): 295–299.
- Košút, M., 1982: Tridsať rokov výberného spôsobu hospodárenia v lesoch na východnom Slovensku. Lesnícky časopis, **28**(5): 375–381.
- Málek, J., 1983: Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. Praha, Academia, 112 p.
- Midriak, R. et al., 1985: Obhospodarovanie lesov vo flyšových oblastiach so zreteľom na ochranu pôdy (Záverečná správa). Košice, VS VÚLH, 88 s. + 34 s. prílohy.
- O'Hara, K., 1998: Silviculture for structural diversity. A new look at multiaged systems. Journal of Forestry, **96**(7): 4–10.
- Petráš, R., Pajtík, J., 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, **37**(1): 49–56.
- Plachetka, S., Saniga, M., 2010: Štruktúra a regeneračné procesy výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom. Acta Facultatis Forestalis, **52**(1): 77–87.
- Plachetka, S., 2013: Štruktúra, rastové a regeneračné procesy výberkových lesov pri rôznej úrovni porastovej zásoby a drevinovom zložení na LC Smolnícka osada. (Dizertačná práca). Zvolen, TU, 141 p.
- Reininger, H., 1992: Ziel stärken - Nutzung oder die Plenterung des Alters klassen waldes. Wien, Österreichischer Agrarverlag, 163 p.
- Saniga, M., 1998: Štruktúra a regeneračné procesy bukového výberkového lesa. Lesnictví-Forestry, **44**(6): 241–249.
- Saniga, M., 2002: Stav a perspektívy pestovania lesov na Slovensku. Les, **58**(9): 17–19.
- Schütz, J.-Ph., 2001: Der Plenter wald und weitere Formenstrukturierter und gemischter Wälder. Berlin, Parey Buchverlag, 220 p.
- Sterba, H., Zingg, A., 2001: Target diameter harvesting – a strategy to convert even-aged forests. Forest Ecology and Management, **151**: 95–105.
- Szanyi, O., 1997: Porastová štruktúra a fytotechnika vo vybraných porastových typoch výberkových lesov Slovenska. (Dizertačná práca). Zvolen, TU, 54 p.
- Štefančík, I., 2006: Changes in tree species composition, stand structure, qualitative and quantitative production of mixed spruce, fir and beech stand on Stará Pila research plot. Journal of Forest Science, **52**(2): 74–91.
- Štefančík, I., 2008: Výskum vplyvu výchovy na vývoj smrekovo-jedľovo-bukových porastov. (Habilitačná práca). Praha, 206 s. – Fakulta lesnícka a drevárska ČZU.
- Vencúrik, J., 2006: Dynamika výškových presunov dolnej vrstvy a regeneračné procesy pri rôznej úrovni porastovej zásoby výberkových lesov. (Dizertačná práca). Zvolen, TU, 123 p.
- Dostupné na internete:* Deklarácia o životnom prostredí a rozvoji: www.tur.sk/deklaracia_rio.stm; Princípy hospodárenia v lese: www.iisd.org/rio+5/agenda/principles.htm; Princípy hospodárenia v lesníctve z konferencie z 1992 v Rio de Janeiro: <http://habitat.igc.org/agenda21/forest.htm>; *Firs tministerial conference* – 1. ministerská konferencia – http://www.forestportal.sk/forestportal/lesne_hospodarstvo/lesnicka_politika/medzinarodna_politika/konferencie/1MCPFE/1mcpfe.html

KVANTITATÍVNA PRODUKCIA BUKOVÉHO (*FAGUS SYLVATICA* L.) PORASTU V OBLASTI SLANSKÝCH VRCHOV OVPLYVNENÁ DLHODOBOU ROZDIELNOU VÝCHOVOU

Quantitative production of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand
influenced by long-term difference of tending in Slanské vrchy Mts.

Igor Štefancík¹ • Tomáš Klouček² • Slavomír Strmeň¹
• Martin Kamenský¹

¹Národné lesnícke centrum-Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: stefancik@nlcsk.org

²Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, CZ – 165 21 Praha 6,
e-mail: kloucek@fld.czu.cz

Abstract

*The paper deals with assessment of the long-term experiment (45 and/or 53 years of investigation) in 90 years old European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. The research was performed on four partial plots by different methods of their management: (i) plot with heavy thinning from below (C grade according to the German forest research institutes from 1902), (ii) plot with the free crown thinning (thinning interval of 5 years), (iii) plot with the free crown thinning (thinning interval of 10 years) and (iv) control plot (with no thinning). Following parameters have been detected: basal area, standing volume, total yield production, current annual increment, total decrease including thinning, self-thinning and abiotic injurious factors. From quantitative point of view, the best results were found on plots tended by heavy thinning from below and the free crown thinning (thinning interval of 5 years).*

Keywords: European beech, tending, quantitative production

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá zhodnotením dlhodobého sledovania (45, resp. 53 rokov) 90 ročného bukového porastu. Výskum sa uskutočnil na 4 plochách s rozdielnym režimom obhospodarovania: (i) plocha so silnou podúrovňovou prebierkou (C-stupeň podľa Nemeckých lesníckych výskumných ústavov z roku 1902), (ii) plocha s úrovňovou voľnou prebierkou s 5-ročným prebierkovým intervalom, (iii) plocha s úrovňovou voľnou prebierkou s 10-ročným prebierkovým intervalom, (iv) kontrolná plocha (bez zásahov). Zisťovali sa vybrané parametre kvantitatívnej produkcie (kruhovú základňu, objem hrubiny, celková produkcia, celkový priemerný prírastok, úbytok jedincov v dôsledku prebierky, autoredukcie a abiotických škodlivých činiteľov). Najlepšie výsledky z hľadiska kvantitatívnej produkcie sa dosiahli na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a plochou s úrovňovou voľnou prebierkou a 5-ročným prebierkovým intervalom.

Kľúčové slová: buk, výchova, kvantitatívna produkcia

Úvod a problematika

Na vývoj kvantitatívnych parametrov má významný vplyv viacero faktorov, ako napr. druh a vek dreviny, stanovište, klimatické faktory atď. (Assmann 1968; Vyskot et al. 1971; Šebík, Polák 1990). Jedným z najdôležitejších je však spôsob ich výchovy, ktorú reprezentujú druh prebierky a sila (intenzita) výchovných zásahov.

V tejto súvislosti bolo publikovaných množstvo prác, ktoré sa zaoberali výchovou bukových porastov a jej účinkov na kvantitatívne parametre a produkciu pri aplikácii rôznych metód a postupov (Réh 1968; Šebík 1971; Štefančík 1974, 1984, 2013; Korpeľ 1988; Šebík, Polák, 1990). Podobne tomu bolo aj v zahraničí (Assmann 1968; Kennel 1972; Pardé 1981; Polge 1981; LeGoff, Ottorini 1993; Dhôte 1997; Pretzsch 2005; Kantor et al. 2012).

Okrem uvedených faktorov vplývajúcich na výsledný efekt výchovy je dôležitá aj jej včasnosť. Väčšina autorov odporúča začať s výchovou už v rastovej fáze mladín (Réh 1968; Jurča, Chroust 1973; Lüpke 1986; Korpeľ et al. 1991), resp. najneskôr v žrďkovinách (Štefančík 1974). Známe sú však aj experimenty, keď sa z výchovou začalo až vo fáze žrdovín (Štefančík 1974; Pretzsch 2005). Výsledky dlhodobých sledovaní ukázali, že oneskorenou, ale systematickou a intenzívnou výchovou v bukových porastoch možno dosiahnuť požadovanú kvantitatívnu produkciu, pričom však záleží od spôsobu výchovy, resp. druhu prebierky (Štefančík 2013). V tejto súvislosti Šebík, Polák (1990) na základe syntézy prebierkových pokusov uskutočnených v bukových porastoch v minulosti, najmä v zahraničí konštatovali, že objemová produkcia pri výchove úrovňovou prebierkou je približne rovnaká v porovnaní so slabou alebo silnou podúrovňovou prebierkou. Najnovšie výsledky vyhodnotenia dlhodobých pokusov na Slovensku (Štefančík 2013) to viac-menej potvrdili, aj keď nie vo všetkých prípadoch.

V nadväznosti na uvedené je cieľom tohto príspevku porovnať zmeny vybraných znakov kvantitatívnej produkcie v bukovom poraste dlhodobom (45, resp. 53 rokov) vychovávanom rozdielnymi prebierkovými metódami.

Materiál a metodika

Objektom výskumu bola séria trvalých výskumných plôch (TVP) Kalša, ktorá sa nachádza na východnom Slovensku, lesný závod Sobrance, lesný celok Slanec, dielec 284. Predmetný bukový porast vznikol z prirodzenej obnovy, veľkoplošným clonným rubom. Pri založení výskumných plôch mal porast 37 rokov.

Predmetná séria TVP sa skladá zo štyroch čiastkových plôch (C, H, H2, 0), každá s výmerou 0,25 ha. Podrobnú charakteristiku plôch uvádza tabuľka 1.

Na každej čiastkovej ploche sa dlhodobom (45, resp. 53 rokov) sleduje rozdielny režim obhospodarovania. Na ploche (označenej ako C) sa realizuje silná podúrovňová prebierka (C – stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov z roku 1902). Na plochách označených ako H a H2 sa uskutočňujú zásahy metódou úrovňovej voľnej prebierky v zmysle Štefančíka (1974) s 5-ročným, resp. 10-ročným prebierkovým intervalom. Táto prebierková metóda sa zameriava na individuálnu výchovu stromov výberovej kvality (nádejné a cieľové stromy). Plocha s označením 0 je bez zásahov (kontrolná).

Tabuľka 1: Základné charakteristiky trvalej výskumnej plochy (TVP) Kalša**Table 1:** Basic characteristics of the permanent research plot (PRP) Kalša

Charakteristika ¹	TVP Kalša
Založenie TVP ²	1960
Vek porastu (roky) ³	37
Absolútna bonita ⁴	26 (vek 37 rokov / 34 vo veku 90 rokov)
Geomorfologický celok ⁵	Slanské vrchy
Expozícia ⁶	V
Nadmorská výška (m) ⁷	520
Sklon (stupeň) ⁸	15
Geologický podklad ⁹	andezit
Pôdny typ ¹⁰	kambizem pseudoglejová, nasýtená
Lesný vegetačný stupeň ¹¹	3. dubovo-bukový
Ekologický rad ¹²	B – živný
Hospodársky súbor lesných typov ¹³	311 – živné dubové bučiny
Skupina lesných typov ¹⁴	<i>Fagetum pauper</i> (Fp) n.st.
Lesný typ ¹⁵	3314 marinková bučina n.st.
Priemerná ročná teplota (°C) ¹⁶	6,0
Priemerný ročný úhrn zrážok (mm.rok ⁻¹) ¹⁷	790

¹Characteristic, ²Establishment of PRP, ³Stand age (years), ⁴Site index, ⁵Geomorphologic unit, ⁶Exposition, ⁷Altitude (m), ⁸Inclination (degree), ⁹Parent rock, ¹⁰Soil unit, ¹¹Forest altitudinal zone, ¹²Ecological rank, ¹³Management complex of forest types, ¹⁴Forest type group, ¹⁵Forest type, ¹⁶Average annual temperature (°C), ¹⁷Sum of average annual precipitation (mm.year⁻¹)

Do založenia TVP sa na výskumných plochách nevykonali nijaké úmyselné výchovné zásahy. Plocha H2 bola založená neskôr (v roku 1968), takže doteraz sa na nej realizovalo 10 biometrických meraní, kým na ostatných troch plochách sa uskutočnilo 12 meraní. V rámci nich sa merali kvantitatívne parametre (hrúbka $d_{1,3}$ s presnosťou na mm, výška stromov a nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m, šírka korún v smere svetových strán s presnosťou na 0,1 m). Z nameraných údajov sa vypočítali základné a odvodené charakteristiky kvantitatívnej produkcie (počet jedincov na 1 ha, kruhová základňa, objem hrubiny, stredná hrúbka a stredná výška, bežný ročný prírastok periodický na kruhovej základni a objeme hrubiny) podľa obvyklých vzorcov (Priesol, Polák 1991).

Podkladový materiál bol spracovaný bežnými biometrickými a štatistickými metódami v zmysle štandardných metodík s využitím softvérového balíka Excel a QC.Expert. Pre zistenie štatistickej významnosti rozdielov sme použili jednofaktorovú analýzu variancie ANOVA.

Výsledky a diskusia

Na začiatku výskumu boli hodnoty porastových charakteristík (tab. 2) takmer rovnaké, pre 3 čiastkové plochy (H, C a O), resp. odlišné od plochy H2, lebo táto bola založená o 8 rokov neskôr. Podľa polygónu hrúbkových početností išlo o ľavostranne asymetrické rozdelenie na všetkých plochách, ktoré je typické pre porasty, ktoré boli dovtedy nezasahované (výchovne zanedbané).

Tabuľka 2: Porastové charakteristiky na TVP Kalša**Table 2:** Stand characteristics on PRP Kalša

Plocha ¹	Porast ²	Vek ³ [r.]	Počet stromov ⁴ [ks.ha ⁻¹]	Kruhov ⁵ základňa ⁵ [m ² .ha ⁻¹]	Objem hrubiny ⁶ [m ³ .ha ⁻¹]	Stredná	
						hrúbka ⁷ d _{1,3} (d _g) [cm]	výška ⁸ (h _g) (m)
0	združený ⁹	37	3 760	28,9	151	9,9	12,6
	hlavný ¹⁰	90	528	44,8	727	32,9	32,9
H	združený ⁹	37	3 780	29,6	155	10,0	12,6
	hlavný ¹⁰	90	564	36,9	593	28,9	29,4
H2	združený ⁹	45	1 692	28,6	262	14,7	20,5
	hlavný ¹⁰	90	364	32,5	561	33,7	31,6
C	združený ⁹	37	3 784	29,4	156	10,0	12,6
	hlavný ¹⁰	90	364	41,9	713	38,3	34,5

¹Plot, ²Stand, ³Stand age (years), ⁴Number of trees, ⁵Basal area, ⁶Volume of the timber to the top of 7 cm o.b., ⁷Mean dbh, ⁸Mean height, ⁹Total, ¹⁰Main

Vysvetlivky – Explanatory notes: 0 – kontrolná plocha – control plot; H – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou (prebierkový interval 5 rokov) – plot with the free crown thinning (thinning interval 5 years); H2 – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou (prebierkový interval 10 rokov) – plot with the free crown thinning (thinning interval 10 years); C – plocha so silnou podúrovňovou prebierkou - plot with heavy thinning from below

Po 53, resp. 45 rokoch odlišných výchovných režimov sa logicky prejavili rozdiely medzi jednotlivými plochami, ktoré boli aj štatisticky významné pre hladinu $\alpha = 0,05$ medzi plochou C a všetkými ostatnými plochami). Najväčšiu strednú hrúbku (d_g) dosiahla plocha vychovávaná od začiatku silnou podúrovňovou prebierkou (plocha C) a najnižšiu plocha H. Tento vývoj odráža spôsoby výchovy, keď na plochách s úrovňovými zásahmi (H, H2) sa zasahovalo v celom vertikálnom profile. Okrem toho sa odstraňovali aj hrubé jedince v prospech cieľových stromov. Iný vývoj bol na ploche C, kde sa prvými zásahmi odstránila podúroveň, takže zostali len jedince úrovňové a medziúrovňové, ktoré sú hrubšie ako na ostatných plochách. Rovnaký trend sa prejavil aj pri porovnaní hodnôt strednej výšky (h_g) medzi jednotlivými plochami, keď po 45, resp. 53 rokoch sme najvyššie hodnoty zistili na ploche C, ktoré sa odlišovali od ostatných troch plôch, pričom štatisticky významné rozdiely (pre $\alpha = 0,05$) sme zistili iba medzi plochou C a H. Rovnaký trend sme zistili aj na našich ďalších TVP na Slovensku (Štefančík, Bolvanský 2011; Štefančík 2013; Štefančík et al. 2014).

Po dlhodobom sledovaní sme zaznamenali najvyššie hodnoty porastových veličín (kruhov⁵ základňa – G, a objem hrubiny – V_{7b}) na ploche bez výchovy a ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a najnižšie na plochách s úrovňovými prebierkami (H, H2). Vysvetľujeme si to tým, že v rámci výchovy sa na týchto dvoch plochách zasahovalo najintenzívnejšie, resp. odstránilo sa značné množstvo úrovňových jedincov v prospech cieľových stromov. Naproti tomu na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a tiež kontrolnou plochou sa do porastovej úrovne nezasahovalo. Okrem toho v 60. a 70. rokoch minulého storočia boli tieto porasty postihnuté nekrotickým ochorením buka, ktoré bolo na TVP Kalša veľmi intenzívne (Štefančík, Leontovych 1966; Štefančík 1974). V dôsledku toho odumrelo, resp. bolo vyrúbaných viacero úrovňových stromov na týchto plochách. Vyššie uvedené konštatovanie potvrdila aj analýza celkového úbytku stromov, ktorá zahrňuje prebierky, autoredukciu a abiotické škodlivé činitele za celé sledované obdobie. Podľa G aj V_{7b} sme zistili najvyšší úbytok na plochách s úrovňovými prebierkami (H, H2) a najnižší na kontrolnej ploche. Podobné výsledky sme zistili tiež na našich troch ďalších TVP

(Jalná, Cigánka a Zlatá Idka), kde sa po rovnako trvajúcej 53-ročnej systematickej výchove pohybovali hodnoty kruhovej základne od 34,5 do 39,7 m².ha⁻¹, resp. objemu hrubiny od 540 do 560 m³.ha⁻¹ pre plochu s úrovňovou voľnou prebierkou (Štefančík 2013; Štefančík et al. 2014), čo sú hodnoty minimálne rozdielne od analyzovanej TVP Kalša (32,5 a 36,9 m².ha⁻¹ a 561 a 593 m³.ha⁻¹).

Tabuľka 3: Vývoj kvantitatívnej produkcie za obdobie 53 (45) rokov

Table 3: Development of quantitative production of the stand for 53 (45) years

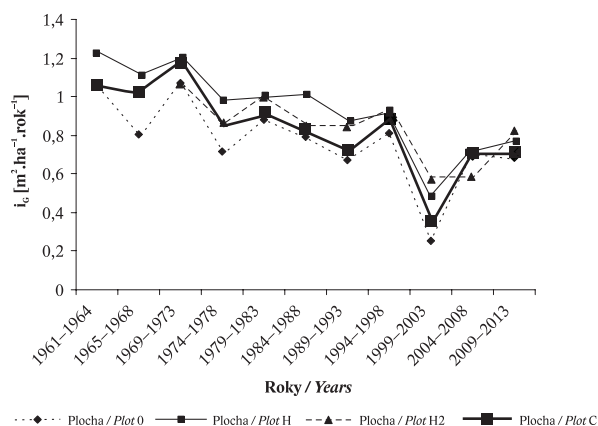
Plocha ¹	Vekový rozsah ² [r.]	Celková produkcia ³				
		Počet stromov ⁴		Kruhová základňa ⁵		Objem hrubiny ⁶
		ks.ha ⁻¹	m ² .ha ⁻¹	Index združeného porastu ⁷	m ³ .ha ⁻¹	Index združeného porastu ⁷
0	37 – 90	3 812	69,2	2,395	921	6,105
H	37 – 90	4 152	78,5	2,655	948	6,128
H2	45 – 90	2 052	70,5	2,140	1008	3,397
C	37 – 90	3 784	73,7	2,504	980	6,268

¹Plot, ²Age range (years), ³Total Production, ⁴Number of trees, ⁵Basal area, ⁶Volume of the timber to the top of 7 cm o.b., ⁷Index of total stand

Pokiaľ ide o celkovú produkciu (podľa kruhovej základne a objemu hrubiny), najvyššie hodnoty boli na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a plochami s úrovňovou voľnou prebierkou. Podobne aj pri vyjadrení indexu rastu celkovej produkcie za sledované obdobie boli najlepšie výsledky na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a úrovňovou voľnou prebierkou (5-ročným intervalom). Podobné výsledky publikoval aj Pretzsch (2005), ktorý podrobne vyhodnotil 10 dlhodobo sledovaných výskumných plôch z rôznych oblastí Nemecka. Pri porovnávaní troch druhov podúrovňovej prebierky (slabej, miernej a silnej) vo veku 100 rokov, vo viacerých prípadoch podľa celkovej produkcie dominovala tiež silná (C – stupeň) podúrovňová prebierka s hodnotami 409 až 806 m³.ha⁻¹.

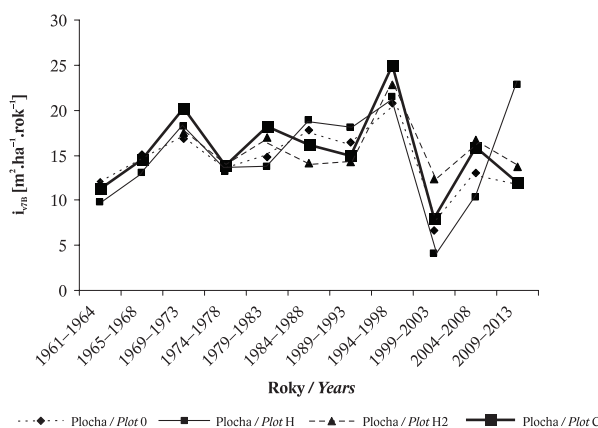
Celkovo možno konštatovať, že z hľadiska kvantitatívnej produkcie sa najlepšie výsledky dosiahli na ploche so silnou podúrovňovou a úrovňovou prebierkou a úrovňovou voľnou prebierkou (5-ročný, intervalom), resp. najhoršie na kontrolnej ploche, bez výchovy. Podobne to bolo aj pri vyjadrení bežného ročného prírastku periodického (obr. 1 a 2). Rovnako to potvrdili aj údaje o celkovom priemernom ročnom prírastku, ktoré dosiahli na ploche H2 – 11,2 m³.ha⁻¹.rok⁻¹, ploche C – 10,9 m³.ha⁻¹.rok⁻¹, ploche H – 10,5 m³.ha⁻¹.rok⁻¹, a na kontrolnej ploche – 10,2 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Tieto hodnoty sú o niečo vyššie ako uvádza Pretzsch (2005), ktorý zistil 9,3 m³.ha⁻¹.rok⁻¹, čo je však spôsobené vyšším vekom porastov, ktoré analyzoval (38 až 179 rokov).

Možno podotknúť, že uvedené výsledky sú zároveň v súlade s poznatkami početných prebierkových pokusov založených v minulosti, ktoré zhrnuli Assmann (1968), Šebík, Polák (1990), Štefančík (1990, 2013), Utschig, Küsters (2003) a Pretzsch (2005).



Obr. 1: Bežný ročný prírastok periodický na kruhovej základni (i_G)

Fig. 1: Current annual periodical basal area increment (i_G)



Obr. 2: Bežný ročný periodický objemový prírastok (i_{v7b})

Fig. 2: Current annual periodical volume increment (i_{v7b})

Záver

Na základe dlhodobého sledovania (45 a 53 rokov) bukového porastu, kde sa aplikovali rôzne spôsoby výchovy možno konštatovať zmeny z hľadiska porastovej štruktúry, keď najväčšiu strednú hrúbku (d_g) aj strednú výšku (h_g) dosiahla plocha vychovávaná silnou podúrovňovou prebierkou a najnižšiu plocha s úrovňovou voľnou prebierkou (5-ročným prebierkovým intervalom). Z hľadiska kvantitatívnej produkcie (podľa G a V_{7b}) sa najvyššie hodnoty pre celkovú produkciu opäť zistili na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou a plochami s úrovňovou voľnou prebierkou. Pri vyjadrení indexu rastu celkovej produkcie boli najhoršie výsledky pre plochu, kde sa začalo s výchovou neskôr (vo veku 45 rokov) a s intervalom 10 rokov. Výsledky síce potvrdili priaznivý vplyv výchovných zásahov v bukových porastoch, ale poukázali tiež na to, že oneskorená a menej intenzívna výchova môže mať za následok nižšiu kvantitatívnu produkciu.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0262-11.

Literatúra

- Assmann, E., 1968: Náuka o výnose lesa. Bratislava, Príroda, 488 p.
- Dhôte, J.F., 1997: Effets des éclaircies sur le diametre dominant dans des futaies regulieres de hetre ou de chene sessile. *Revue Forestiere Francaise*, **49**: 557–578.
- Jurča, J., Chroust, L., 1973: Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. Praha, SZN, 239 p.
- Kantor, P., Máchal, J., Vaněk, P., 2012: Analýza bukových tyčovin z umělé obnovy ve skupinových sečích na Školním polesí Hůrky Středních lesnických škol Písek. In: Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.): *Pestovanie lesa v strednej Európe*. Zvolen, TU, s. 51–58.
- Kennel, R., 1972: Die Buchendurchforstungsversuche in Bayern von 1870 bis 1970. *Forstliche Forschungsberichte München*, **7**: 264 p.
- Korpeľ, Š., 1988: Dynamika rastu a vývoja bukových porastov vo fáze mladiny až žrdoviny vplyvom pestovnej techniky. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, **30**: 9–38.
- Korpeľ, Š. et al., 1991: Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda, 472 p.
- Le Goff, N., Ottorini, J.M., 1993: Thinning and climate effects on growth of beech (*Fagus sylvatica* L.) in experimental stands. *Forest Ecology and Management*, **62**: 1–14.
- Lüpke, B., 1986: Thinning, especially early thinning, of pure beech stands. *Forst- und Holzwirtschaft*, **41**: 54–61.
- Pardé, J., 1981: De 1882 á 1976/80 les places d'expérience de sylviculture du hêtre en forêt domaniale de Haye. *Revue Forestiere Francaise*, **33**: 41–64.
- Polge, H., 1981: Influence des éclaircies sur les contraintes de croissance du hêtre. *Annals Sci. Forest.*, **38**: 407–423.
- Pretzsch, H., 2005: Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *European Journal of Forest Research*, **124**: 193–205.
- Priesol, A., Polák, L., 1991: Hospodárska úprava lesov. Bratislava, Príroda, 448 p.
- Réh, J., 1968: Štúdium štruktúry bukovej hústiny. *Lesnícky časopis*, **14**: 651–671.
- Šebík, L., 1971: Vplyv miernej podúrovňovej a akostovej úrovňovej prebierky na štruktúru a produkciu predrubných bukových porastov. In: *Zborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene*, **13**: 63–91.
- Šebík, L., Polák, L., 1990: Náuka o produkcii dreva. Bratislava, Príroda, 322 p.
- Štefančík, I., 2013: Kvantitatívna produkcia bukového (*Fagus sylvatica* L.) porastu na výskumných plochách s rozdielnym režimom dlhodobej výchovy. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, **55**(3): 113–128.
- Štefančík, I., Bolvanský, M., 2011: Pestovanie bukových porastov. In: Barna, M., Kulfan, J., Bublinec, E. (eds.): *Buk a bukové ekosystémy Slovenska*. Bratislava, Veda, s. 435–456.

- Štefančík, I., Vacek, S., Podrázský, V., Klouček, T., 2014: Dopad výchovy na kvantitatívnu produkciu bukovej (*Fagus sylvatica* L.) žrdkoviny v oblasti Vihorlatských vrchov. Zprávy lesnického výzkumu (v tlači).
- Štefančík, L., 1974: Prebierky bukových žrdovín. (Lesnícke štúdie č. 18). Bratislava, Príroda, 141 p.
- Štefančík, L., 1984: Úrovňová voľná prebierka - metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. In: *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene*, **34**: 69–112.
- Štefančík, L., 1990: Výskum pestovno-produkčných otázok prebierok v bučinách (Habilitačná práca). Zvolen, LVÚ, 10 s. + prílohy.
- Štefančík, L., Leontovych, R., 1966: O nekróze kôry – miazgotoku buka na východnom Slovensku. Lesnícky časopis, **12**(6): 521–532.
- Utschig, H., Küsters, E., 2003: Growth reactions of common beech (*Fagus sylvatica* L.) related to thinning – 130 years observation of the thinning experiment Elmstein 20. Forstwissenschaftliches Centralblatt, **122**: 389–409.
- Vyskot, M. et al., 1971: Základy růstu a produkce lesů. Praha, SZN, 440 p.

VYUŽITÍ RŮSTOVÉHO SIMULÁTORU „SIBYLA“ PŘI VOLBĚ TECHNIKY PŘEVODU NA LES TRVALE TVOŘIVÝ

Using of growth simulator „SIBYLA“ by the choice of silvicultural technique of conversion to continuous cover forest

Lumír Dobrovolný¹ • Jan Kadavý² • Michal Kneifl²
• Zdeněk Adamec²

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesa, ²Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno, e-mail: dobrovolny@mendelu.cz

Abstract

We used the SIBYLA single tree growth simulator to choose an optimal conversion variant of even-aged to continuous cover beech stand in forest district “Borky”, Training Forest Enterprise “Masarykův les” Křtiny in the Czech Republic. Experimental datas were acquired by systematic sampling on 241 circular plots with sampling probability proportional to tree diameter. Four conversion variants with differing numbers of target trees (50 or 100 per 1ha) and thinning intensities (expressed by number of removed competitors per target tree) were compared with one variant of standard thinning from above and final shelter-wood cut by means of total volume production index and biodiversity index, all evaluated by the SIBYLA simulator. The shortest conversion period (50 years) along with highest volume production and biodiversity index values were yielded in conversion variant with 50 target trees and release intensity 8 competitors per target tree each 10 years or 4 competitors per target tree each 5 years. However, the fixed releasing of target trees during the whole conversion period led to yield loss in all conversion variants. The SIBYLA growth simulator can be used as a decision support tool for choice of a best thinning regime. However, the conversion schedules need to be further optimized to minimize yield losses. This could be achieved by means of flexible changes of thinning intensities during the conversion period.

Keywords: beech, age-classes forest, conversion, continuous cover forest

Abstrakt

Cílem příspěvku je zjistit možnosti použití růstového simulátoru SIBYLA při výběru nejvhodnější pěstební varianty převodu bukového lesa pasečného typu na les trvale tvořivý. Data k výchozí pěstební situaci (bukový porost, 50 let, SLT 3S) byla získána metodou statistické provozní inventarizace na l. ú. Borky – ŠLP ML Křtiny (MENDELU Brno). Simulují se různé pěstební scénáře převodu – péče o 50 cílových stromů na ha s odstraněním 8 (var. A) nebo 4 (var. B) konkurentů kolem každého z nich a péče o 100 cílových stromů na ha s odstraněním 4 (var. C) nebo 2 (var. D) konkurentů, vždy s následným uplatněním výběrné seče v porovnání s lesem věkových tříd – pasečná var. E – standardní úrovněová probírka a následná clonná seč. Převodní doba (50 let) byla nejkratší a zároveň nejlepších hodnot produkce a diverzity bylo dosaženo u převodních variant A a B, nicméně fixně nastavené uvolňování cílových stromů po dobu ca 30 let vedlo u všech převodních variant A – D při porovnání s pasečnou variantou k výraznějším ztrátám na produkci. Růstový simulátor lze použít jako rozhodovací nástroj při volbě vhodné

pěstební techniky převodu, avšak v našem případě bude zapotřebí dále pokračovat v optimalizaci variant převodu pro minimalizaci produkčních ztrát, a to zejména flexibilním nastavením počtu odstraněných konkurentů.

Klíčová slova: buk, les věkových tříd, převod, les trvale tvořivý

Úvod a problematika

Zavedení výběrných principů při převodu lesa věkových tříd na les trvale tvořivý - věkově a prostorově diferencovaný může být v předem nepřipravených zejména dospělých porostech komplikovaný a zdoluhavý proces s vysokým rizikem předčasného rozpadu. Efektivnější a bezpečnější cesta je pasečně vzniklé lesní porosty na proces transformace závčas připravit, resp. stabilizovat vhodnými výchovnými zásahy (Schütz 2002). Ačkoliv má v ČR problematika konvenční výchovy lesa věkových tříd dlouholetou tradici (Vyskot 1962; Pařez, Chroust 1988; Plíva, Žlábek 1989; Slodičák, Novák 2007), stále více silící požadavky na racionalizaci porostní výchovy často spojené právě s přechody ke strukturně bohatším formám lesa dávají prostor alternativním probírkovým metodám, s jejichž uplatněním u buku i jiných dřevin je na území ČR jen málo zkušeností (Poleno et al. 2009). Historický základ zejména švýcarské a německé školy tvoří tzv. Borggreveho (r. 1881) a Schädelinova (r. 1932) „výběrová probírka“, na které navazují další: např. „Auslesedurchforstung“ a „Lichtwuchsdurchforstung“, tzn. výběrná probírka a orientace na světlostní přírůst (Leibundgut 1984; Schütz 1987; Fleder 1987 ex Röhrig et al. 2006), na Slovensku se u buku pak např. uplatnila Štefančíkova úroňová volná probírka (ex Saniga 2007). Ekonomicky i produkčně zajímavé se jeví neceloplošné probírkové metody, založené na výběru a trvalé péči o definovaný počet konkrétních cílových stromů – tzv. „Z-Baum-orientierte Durchforstung“ v jehličnatých i listnatých porostech (Alther 1971; Abetz 1975; Spiecker 1983 a 1991 ex Röhrig et al. 2006) nebo také racionalizační úroňová probírka dle Korpela (1988) (ex Saniga 2007), popř. o skupinu cílových stromů – tzv. „Qualitative Gruppendurchforstung“ (kvalitativní skupinová probírka) (Kato 1973 ex Röhrig et al. 2006). Metodu cílových stromů na příkladu dubových porostů dobře propracoval Spiecker (1983) (ex Poleno et al. 2009), kdy při dosažení žádoucí délky bezsukého kmene (asi 8 m) by mělo být vybráno a natrvalo označeno a podporováno 80 – 100 cílových stromů v rozestupu 7 – 12 m. Tuto výchovnou metodu rovněž doporučuje Leder (2006) při přírodě blízkém obhospodařování bukových porostů ve spolkové zemi Nordrhein-Westfalen, kdy je cílem podnícení tloušťkového růstu vybraných cílových stromů a zároveň snížení nákladů na celoplošnou výchovu. Těžba mytně zralých stromů pak probíhá aplikací výběrných principů. Cílem je dosažení lesa trvale tvořivého s nepřetržitou a maximální hodnotovou produkcí dřevní hmoty na celé ploše v pojetí Möllera (1922). S tímto uceleným pěstebním systémem konkrétně pro bukové porosty nejsou v ČR žádné zkušenosti.

Cílem článku je výběr nejvhodnější varianty převodu bukového lesa pasečného typu na les trvale tvořivý - věkově a prostorově diferencovaný s využitím produkčních a biodiverzitních indikátorů růstového simulátoru SIBYLA.

Materiál a metodika

Od 1. 1. 2013 se na ŠLP ML Křtiny (MENDELU Brno) na 2 lesnických úsecích na ploše ca 1 600 ha započalo v různých porostních typech s přestavbou lesa věkových tříd na

les trvale tvořivý aplikací výběrných principů. Tato studie byla zpracována na základě dat inventarizace lesnického úseku Borky na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny (přírodní podmínky viz. tab. 1). Zmíněný lesnický úsek o celkové výměře porostní půdy 852,03 ha byl v roce 2012 inventarizován na síti permanentních zkusných ploch (celkem 241) podle metodiky publikované Černým et al. (2004) ve variabilní hustotě, kde stratifikátorem byl tzv. typ vývoje lesa. Šlo o stratifikovaný znáhodněný systematický výběr s proporcionální pravděpodobností výběru stromů. Na inventarizační ploše byly do vzdálenosti 3 m od středu plochy měřeny stromy v rozpětí $7 \text{ cm} < d_{1,3} \leq 12 \text{ cm}$, do vzdálenosti 7 m od středu stromy v rozpětí $12 \text{ cm} < d_{1,3} \leq 30 \text{ cm}$ a do vzdálenosti 12,62 m stromy o tloušťce $d_{1,3} > 30 \text{ cm}$. Na základě dat inventarizací byla provedena klasifikace inventarizačních ploch podle porostních typů. Pokud se podíl kruhové výčetní základny jediné dřeviny na inventarizační ploše dostal nad hodnotu 70 %, byla plocha zařazena do čistého porostního typu konkrétní dřeviny. Pokud se na ploše vyskytoval větší, než 10 % podíl jiné, než dominantní dřeviny, byla plocha zařazena do porostního typu smíšeného. Z analýzy vyplynulo, že dominantním porostním typem v mladých porostech, které byly pro simulaci vybrány, je bukový (45 %), druhý v pořadí smíšený (18 %) a dále porostní typ smrkový (18 %). Porostní typy ostatních dřevin zabraly dohromady 8 %. Pro účely práce byl zvolen porostní typ bukový, který má z uvedených porostních typů největší zastoupení. Protože design inventarizace nedovoluje spolehlivě odhadnout tloušťkovou strukturu, byl jako podklad pro další analýzy použit údaj střední tloušťky buku a její směrodatná odchylka. Na základě těchto údajů a počtu ploch s převládajícím bukem byl vypočítán interval spolehlivosti střední hodnoty a pro rozpětí maximální a minimální hodnoty intervalu byla spočítána i střední výška porostů bukového porostního typu (tab. 1).

Pěstební varianty: U společné výchozí pěstební situace (bukový porost, věk 50 let) se hodnotí celkem 5 variant výchovných a obnovních zásahů směřujících ke dvěma různým pěstebními cílům – les trvale tvořivý „LTV“ vs. kontrola (= les věkových tříd „LVT“): **A** (LTV) – 50 cílových stromů na ha s odstraněním 8 konkurentů $1 \times$ za 10 let, **B** (LTV) – 50 cílových stromů na ha s odstraněním 4 konkurentů $1 \times$ za 5 let, **C** (LTV) – 100 cílových stromů na ha s odstraněním 4 konkurentů $1 \times$ za 10 let, **D** (LTV) – 100 cílových stromů na ha s odstraněním 2 konkurentů $1 \times$ za 5 let, **E** (LVT) – kontrola = standardní úroveň probírka v lese věkových tříd $1 \times$ za 10 let dle probírkových intenzit daných legislativou (vyhláška Mze ČR č. 84/1996 Sb.). U variant A – D následuje po 30 letech výchovy obnovní těžba jednotlivým výběrem dle předem stanovené cílové výčetní tloušťky (nad 40 cm), u kontrolní varianty E pak jde o klasickou třífázovou clonnou seč s délkou obnovní doby 30 let a s postupnou redukcí zakmenění v jednotlivých decenních (0,5 – 0,2 – 0).

Nastavení v prostředí růstového simulátoru „Sibyla“ (Fabrika 2005): S ohledem na cíl práce byly přírodní podmínky (tab. 1) zjištěny jako průměrné hodnoty pro oblast, kde se daný porostní typ v podmínkách ŠLP vyskytoval. Veškeré přírodní podmínky byly nastaveny v modulu Lokalizátor. Pěstební zásahy v porostu pro všech 5 variant byly nastaveny v modulu Kultivátor. Celková délka simulace byla u všech variant vždy 100 let.

Tabulka 1: Vybrané taxační charakteristiky bukového porostu a přírodní podmínky stanoviště**Table 1:** Selected values from forest inventory of beech stand and site attributes

Věk ¹	Počet stromů ²	Výčetní tloušťka ³	Variační koeficient tlouštěk ⁴	Výška ⁵	Objem/ha ⁶	PLO ⁷	Nadmořská výška ⁸	Expozice ⁹	Sklon ¹⁰	Lesní typ ¹¹	Bonita BK ¹²
[roky]		[cm]	[%]	[m]	[m ³]		[m. n. m.]		[°]		[m]
50	632	22,9	41,4	21,2	264,5	30	430	JZ	10	3S6	28

¹Age (years), ²Number of trees, ³Diameter at breast height (cm), ⁴Variation coefficient of diameter (%), ⁵Height (m), ⁶Volume per hectare (m³), ⁷Forest region, ⁸Altitude (m. a. sl.), ⁹Exposure, ¹⁰Slope, ¹¹Forest type, ¹²Site index of beech (m)

Vyhodnocení pomocí růstového simulátoru „Sibyla“: K výběru nejvhodnější varianty převodu na les nepasečný bylo využito knowledge based system podle Popper, Kellemen (1988) a Fabrika (2006). K hodnocení byla použita kritéria **naturální produkce (qP)** a **ekologické struktury (qB)**. Za indikátory pro vyčíslení hodnot naturální produkce byly zvoleny: a) *zakmenění porostu (SD)* vypočítané na základě růstových tabulek podle Halaj et al. (1987), b) *využití přírůstového potenciálu (iP/iN)*: vyjadřuje podíl celkového běžného přírůstu (iP) z přírůstové normy (iN) odvozené podle Šmelka (2003) z růstových tabulek (Halaj et al. 1987), c) *zastoupení nejkvalitnějších sortimentů (% I–IIIA)* ze stromových sortimentačních tabulek (Petráš, Nociar 1990, 1991) a d) *štíhlostní koeficient (h/d)*. K vyčíslení ekologické struktury bylo použito těchto indikátorů: a) „*Arten Profil*“ index (APi) (Pretzsch 1992): hodnotí vertikální strukturu porostu (rozpětí indexu 0 až 1) – čím vyšší je hodnota indexu, tím je vertikální struktura více rozrůzněná – při hodnotě nad 0,9 se dá struktura považovat za výběrnou, b) *Clark Evans index (C&Ei)* podle Clark, Evans (1954) hodnotí horizontální strukturu porostu (rozpětí indexu 0 až 2,15) – hodnota 0 představuje shlukovitou strukturu, hodnota 1 náhodné rozdělení stromů a hodnota 2,15 pravidelné rozmístění stromů po ploše. Ke srovnání variant převodu bylo použito hodnocení **celkové kvality (qPB)** s vyjádřením přijatelnosti podmínek podle Reynolds (1999). Výsledná kvalita varianty se tak pohybuje v intervalu od –1 do +1, přičemž –1 znamená špatný stav a +1 dobrý stav; 0 znamená neutrální nebo neurčitý stav.

Výsledky

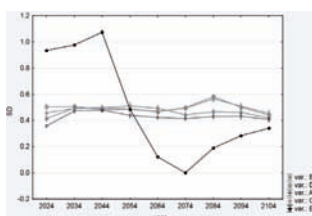
Zakmenění (SD): V případě variant hodnocených k převodu na les nepasečný (A–D) je možno využití růstového prostoru k produkci hodnotit jako vyrovnané. V rámci simulovaného období se SD pohybuje v rozpětí od 0,4 do 0,6, což představuje cca 40 – 60 % využití stanovištního potenciálu ve srovnání s produkcí bukového porostu podle růstových tabulek (Halaj et al. 1987). Naopak pasečná varianta podléhá cyklickému vývoji typickému pro pasečný les. Po 30 letech simulovaného vývoje porostu, kdy hodnota SD kulminuje (rok 2044, stáří porostu 80 let), se za dalších 30 let “propadá” na nulovou hodnotu (dotěžení zbytku mateřského porostu) a ke konci simulovaného období (rok 2104, přirozeně vzniklý 30letý porost) se téměř vyrovná hodnotám variant převodu na les nepasečný (viz obr. 1).

Využití přírůstového potenciálu (iP/iN): Při hodnocení převodních variant lze již po 20 letech od počátku simulace (rok 2034, stáří porostu 70 let) zaznamenat rozdílný průběh u variant A, B versus C, D. Hodnoty iP/iN u variant A, B postupně rostou až do hodnoty 1,2 (rok 2074, stáří porostu 110 let) a poté zůstávají do konce simulovaného období na přibližně stejné výši. Varianty C, D dosahují nižších hodnot iP/iN ve srovnání s variantami A, B do 70 let od počátku simulace (rok 2084, stáří porostu 120 let), poté se hodnoty obou variant

srovnávají. Nejdynamičtější vývoj, z hodnocených převodních variant, prodělala varianta D, kdy ke konci simulovaného vývoje (rok 2104, stáří porostu 140 let) dosáhla průměrné hodnoty indexu 1,8. Ačkoliv jsou prvních 40 let predikovaného vývoje hodnoty iP/iN u převodních variant A – D výrazně nižší než u varianty E, v dalším vývoji se situace výrazně změní ve prospěch převodních variant (viz obr. 2).

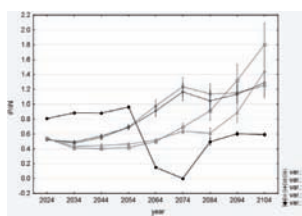
Srovnání hodnot zastoupení nejkvalitnějších sortimentů (% I–IIIa): Vývoj u všech sledovaných převodních variant je velmi podobný. Po 20 letech simulace (rok 2034) hodnoty kulminují nad hodnotou 50 % a poté postupně klesají. Ke konci plánované simulace se hodnoty pohybují pod hranicí 40 %. U standardní varianty dochází v souvislosti s dotěžením mateřského porostu (rok 2074) k propadu na nulovou hodnotu a poté k postupnému nárůstu hodnot (viz obr. 3). **Štíhlostní koeficient (h/d):** Ze srovnání hodnot podle variant vyplývá, že nejnižší hodnoty za celé simulované období a tudíž relativně nejvyšší stability za cenu větší sbíhavosti kmenů dosahují varianty C, D. Pasečná varianta E vykazuje v porovnání s převodními variantami A – D za celou dobu simulace méně příznivé hodnoty (viz obr. 4).

Arten Profil index (APi): V období do 30 let od počátku simulace (rok 2044) dochází u převodních variant A – D překvapivě k propadu hodnot indexu APi ve srovnání s pasečnou variantou E. Následně se pak hodnoty sledovaného indexu zvyšují, nejrychleji u variant A, B. Za 70 let od počátku simulace (rok 2084) je možno vertikální strukturu u variant A, B považovat za téměř výběrnou. Hodnoty pasečné varianty E jsou sice v tomto období nejméně příznivé, ovšem překvapující je relativně vyrovnaný vývoj během celé doby simulace (viz obr. 5).



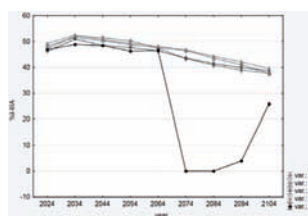
Obr. 1: Vývoj zakmenění porostu (SD)

Fig. 1: Development of stand density index (SD)



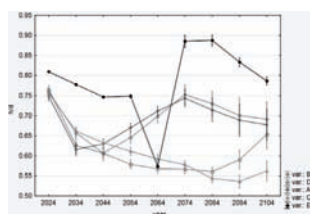
Obr. 2: Vývoj využití přírůstového potenciálu (iP/iN)

Fig. 2: Development of utilisation of the increment potential (iP/iN)



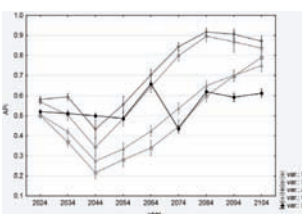
Obr. 3: Vývoj zastoupení nejvyšší kvality sortimentů (% I–IIIa)

Fig. 3: Development of percentage of the highest-quality assortments (% I–IIIa)



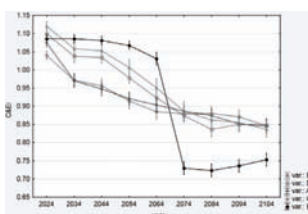
Obr. 4: Vývoj štíhlostního koeficientu (h/d)

Fig. 4: Development of height diameter ratio (h/d)



Obr. 5: Vývoj „Arten Profil“ indexu (APi)

Fig. 5: Development of „Arten Profil“ index (APi)



Obr. 6: Vývoj Clark Evansova indexu (C&Ei)

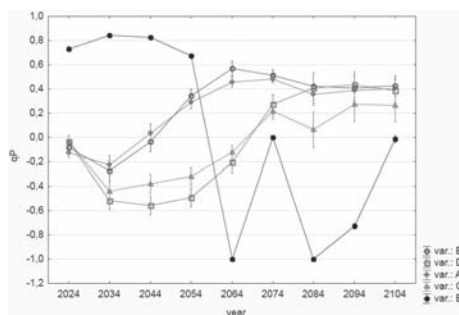
Fig. 6: Development of Clark and Evans index (C&Ei)

Clark Evans index (C&Ei): Vývoj hodnot indexu převodních variant A – D je velmi podobný. Od náhodné struktury na počátku simulace směřuje ke struktuře spíše shlukovité ke konci simulovaného období (rok 2104). Překvapivý je podobný vývoj indexu u pasečné varianty a po dotěžení mateřského porostu (rok 2074) až do konce simulovaného období je zřejmě díky přirozené obnově struktura více shlukovitá jak u převodních variant (viz obr. 6).

Naturální produkce (qP): Z hodnocených variant k převodu na les trvale tvořivý dosahují nejlepších výsledků varianty s 50 cílovými stromy (A, B) (viz obr. 7). V průběhu prvních 30 let od počátku simulace je však nutné u této varianty připustit pokles kvality produkce (ve srovnání s pasečnou variantou). Po 50 letech se hodnoty kvality qP u převodních variant A – D srovnávají a ustalují se na průměrné hodnotě 0,4.

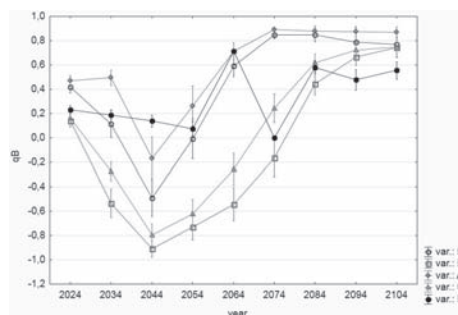
Ekologická struktura (qB): K propadu průměrné hodnoty qB dochází u variant A – D (ve srovnání s pasečnou variantou) pouze ve 30 letech od počátku simulace (rok 2044). Po 60 letech od počátku simulace se hodnoty qB ustalují na průměrné hodnotě cca 0,8. V posledních 20 letech simulovaného vývoje se hodnoty qB převodních variant A – D srovnávají (viz obr. 8).

Celková kvalita (qPB): Za nejlepší převodní variantu s ohledem na vývoj průměrných hodnot můžeme označit variantu s 50 cílovými stromy (bez ohledu na délku intervalu mezi těžebními zásahy – A, B). K výběru této varianty přistupujeme pro její nejnižší propady průměrných hodnot qPB především v prvních 40 letech převodu (ve srovnání s variantou 100 cílových stromů). V prvních 30 letech od počátku simulace sice u této varianty



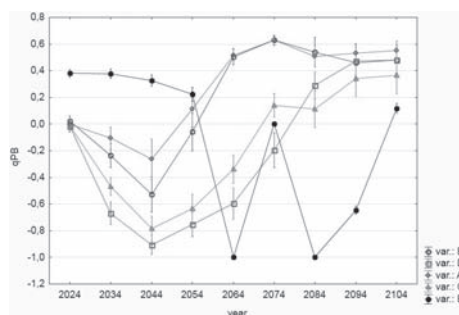
Obr. 7: Vývoj průměrných hodnot naturální produkce (qP) na časové ose podle jednotlivých variant hospodaření

Fig. 7: Development of the mean values of natural production (qP) according to the silvicultural variants



Obr. 8: Vývoj průměrných hodnot ekologické struktury (qB) na časové ose podle jednotlivých variant hospodaření

Fig. 8: Development of the means of ecological structure (qB) according to the silvicultural variants



Obr. 9: Vývoj průměrných hodnot celkové kvality (qPB) na časové ose podle jednotlivých variant hospodaření

Fig. 9: Development of the means of total quality (qPB) according to the silvicultural variants

dochází k poklesu průměrných hodnot q_{PB} , po 50 letech se však hodnoty ustalují na průměrné hodnotě cca 0,5 do konce celého simulovaného období. V posledních 20 letech simulovaného vývoje se hodnoty q_{PB} obou převodních variant téměř srovnávají. Propady a fluktuační u pasečné varianty odpovídají vývoji lesa věkových tříd (viz obr. 9).

Diskuze a závěr

Na základě výsledků dílčích indikátorů růstového simulátoru SIBYLA, použitých k hodnocení a výběru nejvhodnější varianty převodu lesa věkových tříd na les trvale tvořivý v bukovém porostním typu, je možno konstatovat, že:

- U sledovaných převodních variant byl z hlediska produkce a diverzity zjištěn výrazný propad hodnot v prvních asi 30 letech. K opětovnému navýšení a ustálení kladných hodnot produkce i diverzity dochází nejdříve za cca 50 let od začátku simulace, a to u variant s 50 cílovými stromy (A, B). Toto období lze zároveň označit za minimální dobu nutnou k převodu. Během této doby sice vykazovala kontrolní pasečná varianta vyšší produkční efekt, ovšem po zmýcení mateřského porostu při podrobném způsobu hospodaření se potvrdil očekávaný propad v produkci, který se do konce simulovaného období již nevyrovnal ustáleným hodnotám převodních variant. Potvrdily se tak cyklické výkyvy produkce lesa pasečného oproti koncepci lesa trvale tvořivého s relativně vyrovnanou produkcí po ukončení převodu. Překvapivý je relativně ustálený vývoj ekologické struktury lesa u pasečné varianty v porovnání s propadem během převodní doby u převodních variant.
- Ukázalo se, že fixně nastavené uvolňování cílových stromů po dobu ca 30 let vedlo u všech převodních variant ke ztrátám na produkci (příliš mnoho odstraněných konkurentů). Pro výzkumné i provozní účely tedy bude zapotřebí dále pokračovat v optimalizaci pěstebních variant převodu pro minimalizaci produkčních ztrát, a to zejména flexibilním nastavením počtu odstraňovaných konkurentů v jednotlivých pěstebních intervalech.
- Růstový simulátor SIBYLA lze použít jako jeden z významných rozhodovacích nástrojů při optimalizaci a volbě vhodné pěstební techniky převodu lesa věkových tříd na les trvale tvořivý. Precizní použití simulátoru, vč. dalších výstupů jako např. predikce vývoje absolutních hodnot taxačních veličin nebo ekonomických ukazatelů však bude vyžadovat pokročilejší nastavení software.
- Jako další témata k diskuzi nad použitím růstového simulátoru SIBYLA pro daný účel se nabízí např. problematika sortimentace pro výběrný les, která je zde řešena dle standardních tabulek pro les věkových tříd nebo přesnost simulace časového nástupu a průběhu přirozené obnovy jako hlavního předpokladu automatizace a fungování daného pěstebního systému.

Poděkování

Projekt MSMT IN4140281: Les trvale tvořivý ve výuce na LDF (ÚZPL - HÚL - ÚL-DEP - ÚLDT).

Literatura:

Clark, P.J., Evans, F.C., 1954: Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, **35**: 445–453.

- Černý, M., Zahradníček, J., Pařez, J., 2004: Metodika tvorby lesního hospodářského plánu na podkladě provozní inventarizace. Praha, MŽP, 215 p.
- Fabrika, M., 2005: Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA – Koncepcia, konštrukcia a programové riešenie. (Habilitačná práca). Zvolen, Technická univerzita, 238 p.
- Fabrika, M., 2006: Spatial decision support system with model SIBYLA and GIS. *In: Deutscher Verband forstlicher Forschungskunde, Jahrestagung 29. – 31. Mai, Staufen*, 64–72 p.
- Halaj, J., Grék, J., Pánek, F., Petráš, R., Řehák, J., 1987: Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, Příroda, 363 p.
- Leder, B., 2006: Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Buchenrein- und –mischbeständen in Nordrhein-Westfalen.
- Möller, A., 1922: Der Dauerwaldgedanke. Sein Sinn und seine Bedeutung. Berlin, Springer, 39 p.
- Pařez, J., Chroust, L., 1988: Modely výchovy lesních porostů. Lesnický průvodce, č. 4, 83 s.
- Petráš, R., Nociar, V., 1990: Nové sortimentačné tabuľky hlavných listnatých drevín. Lesnícky časopis, 6: 535–552.
- Petráš, R., Nociar, V., 1991: Nové sortimentačné tabuľky hlavných ihličnatých drevín. Lesnícky časopis, 5: 377–392.
- Plíva, K., Žlábek, I., 1989: Provozní systémy v lesním plánování. Praha, SZN, 208 p.
- Poleno, Z., Vacek, S. et al., 2009: Pěstování lesů III. Kostelec n.Č.lesy, Lesn. práce, 951 p.
- Popper, M., Kelemen, J., 1988: Expertné systémy. Bratislava, Alfa, 360 p.
- Pretzsch, H., 1992: Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. München, Forstliche Forschungsberichte Nr.115: 358 p.
- Reynolds, K. M., 1999: NetWeaver for EMDS user guide (version 1.0): a knowledge base development system. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-XX. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Röhrig, E., Bartsch, N., 2006: Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7., vollst. aktual. Aufl, Stuttgart, Ulmer, 479 p.
- Saniga, M., 2007: Pestovanie lesa. Zvolen, TU, 310 p.
- Schütz, J. P., 2002: Výběrné hospodářství a jeho různé formy. Kostelec n. Č. lesy, Lesnická práce, 159 p.
- Slodičák, M., Novák, J., 2007: Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. (Recenzované metodiky). Strnady, VÚLHM, 46 p.
- Šmelko, Š., 2003: Meranie lesa a dreva. Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, 239 p.
- Vyskot, M., 1962: Probírky. Praha, SZN, 301 p.

OBJEMOVÉ PRÍRASTKY ZMIEŠANÝCH SMREKOVO-JEDLOVO-BUKOVÝCH PORASTOV

Volume increments of mixed spruce-fir-beech forests

**Rudolf Petráš • Julian Mecko • Michal Bošela
• Vladimír Šeben**

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: petras@nlcsk.org, mecko@nlcsk.org, bosela@nlcsk.org, seben@nlcsk.org

Abstract

Mixed spruce-fir-beech forests are, in terms of wood production function, among most productive in the Carpathians. However, research of these forests is difficult not only from methodological point of view, but also in regard to the quality and size of the experimental material. Therefore, as many as 50 long-term research plots established in the end of 1960s and beginning of 1970s in western and eastern part of the Slovenské Rudohorie Mts. were used to study a volume increment of the mixed forests. Current total increments (CTI) were calculated as a difference between two consecutive measurements. Increment percentages were calculated as a ratio of these CTI and growing stock of the forest stands at the beginning of each growing season. These were compared to the increment percentages obtained from the growth models (yield tables) currently used in Slovakia. It was revealed that the volume increment intensity of the mixed forests was similar to those mono-species ones at the age of 100 years and even higher by 0.5% in older forests. In the mixed forests, high volume increment intensity (ca. 1–2%) was reached even in the age of 200 years.

Keywords: spruce, fir, beech, mixed stands, standing volume, increments, stocking density

Abstrakt

Zmiešané smrekovo-jedlovo-bukové porasty sú v Karpatskom oblúku významnými producentmi drevnej hmoty. Ich výskum je náročný nielen z metodologického hľadiska, ale aj na kvalitu a rozsah experimentálneho materiálu. Pre výskum objemových prírastkov zmiešaných smrekovo-jedlovo-bukových porastov sa využili opakované merania na 50 trvalých výskumných plochách, ktoré sa založili koncom 60. a začiatkom 70. rokov minulého storočia v západnej a východnej časti Slovenského Rudohoria. Výsledkom sú celkové bežné prírastky, ktoré sa vypočítali z rozdielu dvoch po sebe nasledujúcich opakovaných meraní. Z pomeru k zásobe hlavného porastu na začiatku každej prírastkovej periódy sa vypočítali aj ich prírastkové percentá. Porovnali sa s prírastkovými percentami vypočítanými z modelov rastových tabuliek. Ich rozbor dokázal, že prírastková intenzita zmiešaných smrekovo-jedlovo-bukových porastov v porovnaní k rovnorodým jedľovým je približne rovnaká v porastoch s vekom do 100 rokov. Vo vyššom veku je prírastková intenzita zmiešaných porastov vyššia až o 0,5 % ako v rovnorodých jedlinách. Vysokú prírastkovú intenzitu približne 1 – 2 % dosahujú zmiešané porasty aj vo veku 200 rokov.

Kľúčové slová: smrek, jedľa, buk, zmiešané porasty, zásoba, prírastky, zakmenenie

Úvod a problematika

Všeobecne sa konštatuje, že zmiešané porasty majú oproti rovnorodým mnohé výhody. Predpokladá sa, že sú odolnejšie voči poškodeniu a majú lepšie melioračné účinky. Zmiešaný porast lepšie využíva stanovište a jeho dispozičný priestor, hlavne ak zastúpené dreviny majú rôzne biologické vlastnosti a požiadavky. Z tohto dôvodu sa očakáva, že by mohli mať aj vyššiu produkciu dreva ako rovnorodé porasty.

Pre podrobnejšie hodnotenie zmiešaných porastov Halaj (1958) uvádza niekoľko hľadísk. Vek porastu považuje za dôležitý, ale zdôrazňuje, že výslovne rovnoveké zmiešané porasty existujú len výnimočne. Typicky nerovnovékové sú porasty etážové až výberné. Vzhľadom na vznik zmiešaných porastov, by sa mala veková variabilita medzi drevinami tolerovať vo väčšej miere ako pri rovnorodých porastoch. Z ďalších hľadísk je dôležitý druh, stupeň, spôsob a tvar zmiešania. Porast môže byť zmiešaný z viacerých druhov drevín. Jednoduchším je zmiešanie len listnatých drevín, napr. dub – buk – hrab, alebo len ihličnatých smrek – jedľa. Optimálne je zmiešanie ekologicky príbuzných drevín. Stupeň zmiešania je charakterizovaný zastúpením zúčastnených drevín. Obyčajne sa používa plošné zastúpenie ako podiel plochy obsadenej jednotlivými drevinami z plochy celého porastu. Často sa používa i podiel z počtu stromov, kruhovej základne alebo zásoby. Veľmi významný je aj spôsob zmiešania ako jednotlivý, hlúčkovitý alebo skupinovitý, ale najvýznamnejšie sú ich okraje. Pozitívne je ak sú dreviny rovnocenné. V prípade, keď je niektorá drevina slabšia, tak zo zmesi postupne vypadne. Pod tvarom zmiešania rozumie vertikálne usporiadanie porastu. Dreviny rovnocenné vo výškovom raste, vytvárajú jednoetážové a nerovnocenné viacetážové porasty. Tie sa považujú biologicky a ekonomicky za najlepšie typy zmiešania.

I keď sa očakáva, že zmiešané porasty by mohli mať vyššiu produkciu, v skutočnosti je táto otázka stále otvorená. Halaj (1959) a Poleno (1979) ju považujú za veľmi ťažkú a nie je správne, keď sa na ňu odpovedá zjednodušene, väčšinou prostredníctvom rastových tabuliek čistých porastov. Úskalia tohto postupu sú v tom, že v zmiešanom poraste má každá drevina inú bonitu a porastové veličiny v rastových tabuľkách predstavujú veľmi široký priemer. Za rozhodujúce sa považuje aj to, že sa nezohľadňuje interakcia brzdiacich a povzbudzujúcich drevín medzi sebou a lepšie využívanie dispozičného, nadzemného a podzemného priestoru. Z dostupných literárnych prameňov Halaj (1959) sformuloval niekoľko záverov. Podľa neho výškový a hrúbkový rast jednotlivých drevín nezávisí na stupni, ale len na type zmiešania. Napr. pre smrekovo-bukové porasty je významné zastúpenie buka už od 20 %. Naopak, objemová produkcia silne závisí od stupňa zmiešania, hlavne pri zmiešaní rôzne objemných drevín. K týmto poznatkom dospel aj Prudič (1971), keď konštatuje, že najvyššie zásoby dosahuje zmes jedle 60 % a smreka 40 %. Kvalita stromov je horšia v zmiešaných ako v čistých porastoch a platí to hlavne pri listnatých drevinách, ktoré majú heliotropické vlastnosti. Aj Míchal (1969) skúmal skladbu drevín na produkciu jedľových bučín v ich optime a dospel k záveru, že čisté smrečiny produkujú viac len do veku približne 80 rokov a staršie zaostávajú za zmiešanými porastmi smreka, jedle a buka. Predovšetkým stanovište, klíma, zastúpenie drevín a vek určujú rast a produkciu porastov (Kramer et al. 1988). V predhorí Álp, severného Schwarzwaldu a vo Flächenschwarzwaldu to dokázali Hausser, Troeger (1967) a Hink (1972). Kennel (1966) dokázal, že pre jednotlivé stromy je dôležité najmä sociálne postavenie a vzťah k najbližším susedom. Komplexnejší výskum v problematike zmiešaných porastov vykonali Pretzsch et al. (2009, 2010).

Cieľom práce je zhodnotiť prírastky na objemovej produkcii zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov.

Materiál a metodika

Použil sa empirický materiál z 252 opakovaných meraní na 50 trvalých výskumných plochách (TVP), ktoré sa zakladali v 60. a 70. rokoch minulého storočia na Slovensku v oblasti Západných Karpát za účelom výskumu rastu a produkcie rovnorodých a zmiešaných lesných porastov. Plochy sa nachádzajú v západnej a východnej časti Slovenského Rudohoria. V západnej časti sú v oblasti Hriňovej a východnej na Spiši v Hnileckej doline. TVP ležia v nadmorskej výške 480 – 970 m a podľa fytoocenózy sa zaradili do lesných typov *Abieto-Fagetum*, *Fageto-Abietum*, *Fagetum abietino-piceosum* a *Fagetum quercino-abietinum*. Zmiešanie drevín na TVP je rôzne. Všetky 3 dreviny sú zastúpené na 22 TVP, na 23 TVP je len smrek s jedľou, na 2 TVP smrek s bukom a na 3 TVP jedľa s bukom. Najzastúpenejšou drevinou je jedľa, potom smrek a buk. Vek porastov pri založení TVP bol v rozpätí 32 – 159 rokov. Všetky výskumné plochy sa opakovane merali a vychovávali miernymi prebierkami väčšinou v pravidelných 5-ročných intervaloch. Väčšina plôch sa zmerala 4–8-krát a po viac ako 40-ročnom sledovaní je vek skúmaných porastov v rozsahu 73 – 202 rokov. Výmera TVP je v rozpätí 0,20 – 1,21 ha. Všetky stromy sú na plochách očíslované a majú označené aj miesto merania ich hrúbok. Pri opakovaných meraniach sa merali ich hrúbky, výšky, hodnotila sa ich stromová trieda, kvalita a poškodenie kmeňov. Výšky všetkých stromov sa merali len pri prvom a poslednom opakovanom meraní. V ostatných prípadoch len v rozsahu potrebnom pre konštrukciu výškovej krivky. Pre každé opakované meranie sa vypočítali základné stredné a hektárové veličiny. Sú osobitne pre každú drevinu a v prípade hektárových veličín aj spolu za celý porast. Zásoba dreva sa počítala v objemovej jednotke hrubina bez kôry.

Na každej TVP sa z dvoch susedných opakovaných meraní vypočítal celkový bežný prírastok:

$$CBP_t = \frac{V1_{t_2} - V2_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad [1]$$

kde

CBP_t – celkový bežný prírastok ($m^3 \cdot ha^{-1}$) vo veku $t = (t_1 + t_2)/2$,

$V1_{t_2}$ – zásoba združeného porastu vo veku t_2 ,

$V2_{t_1}$ – zásoba hlavného porastu vo veku t_1 ,

t_2, t_1 – vek porastu pri opakovanom a predchádzajúcom meraní.

Vypočítané CBP majú pomerne veľkú variabilitu, a preto sa odvodili jeho percentá. Vzhľadom k tomu, že na TVP nie je možné odvodiť celkovú produkciu, percentá CBP sú relativizované k zásobe hlavného porastu $V2$:

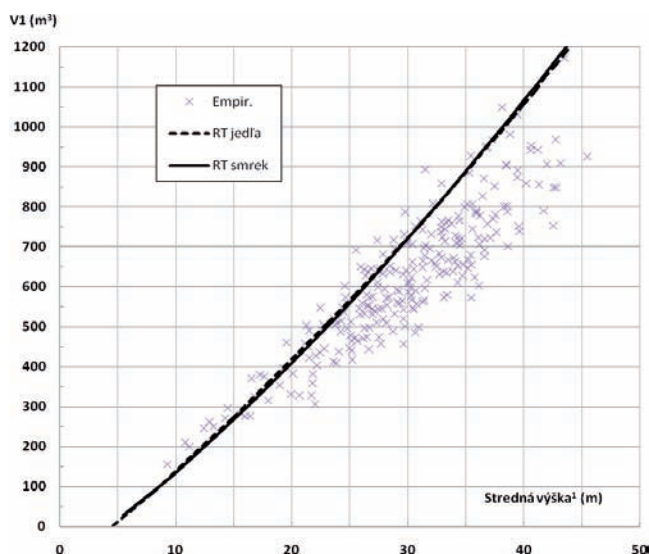
$$\%CBP_t = \frac{CBP_t}{V2_{t_1}} \cdot 100 \quad [2]$$

Empirické prírastkové percentá na TVP sa porovnali s modelovými, ktoré sa prebrali z rastových tabuliek (Halaj, Petráš 1998). V rastových tabulkách je zásoba hlavného porastu pre plné zakmenenie, a preto sa na plné zakmenenie museli prepočítať aj zásoby hlavných porastov z opakovaných meraní na výskumných plochách. Prepočet sa uskutočnil cez zakmenenie na TVP, ktoré sa vypočítalo podielom skutočnej zásoby združeného porastu na TVP a zásoby pre plné zakmenenie z rastových tabuliek (obr. 1).

Výsledky

Zásoba a hustota porastov

Zásoby dreva na TVP zmiešaných porastov majú i pri rovnakých stredných výškach pomerne vysokú variabilitu (obr. 1). V porovnaní k zásobe podľa rastových tabuliek, ktoré udávajú mieru plného zakmenenia čistých jedľových alebo smrekových porastov pri zásobovej úrovni 2,2 (priemernej na Slovensku) je zrejmé, že pri väčšine opakovaných meraní majú porasty so strednou výškou nad 15 m nižšie ako plné zakmenenie. Priemerné zakmenenie vypočítané z pomeru k zásobe jedľových porastov je 0,86 a pre jednotlivé merania sa pohybuje v rozpätí 0,63 – 1,22. Takmer rovnaké zakmenenie sa očakáva i v prípade, že sa na výpočet použije miera plného zakmenenia čistých smrekových porastov.



¹Mean height, jedľa – Silver fir, smrek – Norway spruce

Obr. 1: Zásoby dreva združeného porastu (V1) z opakovaných meraní na výskumných plochách a z rastových tabuliek (RT) jedle a smreka (Halaj, Petráš 1998)

Fig. 1: Growing stock of total stand V1 (including main stand and thinning) from experimental repeated measurements and from yield tables (RT) of silver fir and Norway spruce (Halaj, Petráš 1998)

Celkové bežné prírastky a prírastkové percentá

Odvođené CBP majú značnú variabilitu (obr. 2). Vo vekovom rozsahu približne 30 – 200 rokov sú v rozsahu približne 2 – 27 m³. Jej príčinou môžu byť rôzne faktory. Počítame medzi ne hlavne zastúpenie drevín, bonitu stanovišťa, hustotu a v neposlednom rade aj vek porastu. Z tohto dôvodu sa zhodnotili prírastkové percentá, ktoré majú nižšiu variabilitu, ale hlavne jednoznačnú závislosť od veku porastu (obr. 3). V skúmanom vekovom rozsahu 30 – 200 rokov klesajú v rozpätí približne 13,0 – 0,5 %. Ich jednoznačný hyperbolický trend dokumentujú na obr. 3 nielen empirické hodnoty, ale aj kľzáva mediánová krivka. Empirické prírastkové percentá %CBP sa vyrovnali nelineárnym regresným modelom v závislosti od veku porast t :

$$\%CBP(t) = p1 + p2 \cdot e^{p3 \cdot t^{p4}} \quad [3]$$

kde

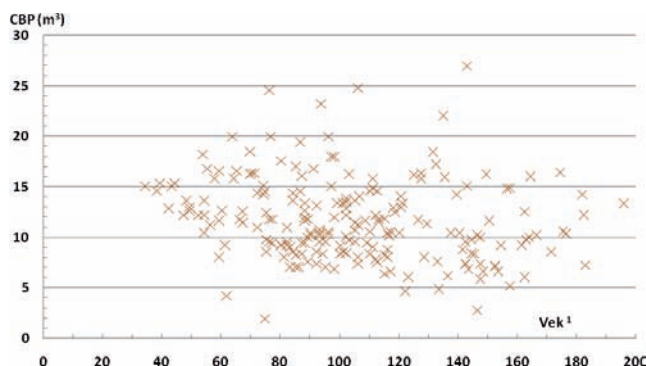
$$p1 = 0,9822553619,$$

$$p2 = 1,408897348e-13,$$

$$p3 = 41,97983048,$$

$$p4 = -0,07764047638$$

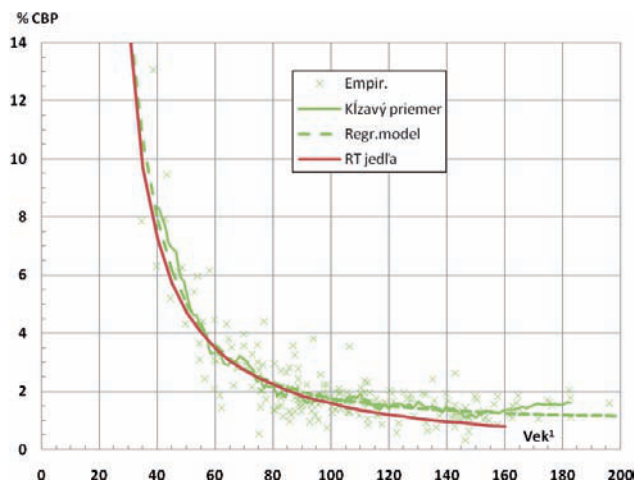
Index korelácie 0,857 poukazuje na relatívne tesnú závislosť prírastkových percent na veku porastov. Koeficient determinácie však určuje, že približne len 74 % variability prírastkov sa vysvetľuje vekom a zvyšných 26 % v dôsledku iných príčin.



¹Age

Obr. 2: Celkové bežné prírastky (CBP) zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov na TVP v závislosti od ich veku

Fig. 2: Periodic annual increment (CBP) of the mixed spruce-fir-beech forest on a permanent research plot



¹Age, kľzavý priemer – moving average, regr. model – regression model, RT jedľa – YT silver fir

Obr. 3: Porovnanie percent celkového bežného prírastku (%CBP) zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov na TVP s percentami čistých jedľových porastov podľa rastových tabuliek (RT) (Halaj, Petráš, 1998)

Fig. 3: Comparison of percentages of PAI (%CBP) between the permanent research plot representing mixed spruce-fir-beech forest and the pure fir forest estimated from the yield tables (YT) (Halaj, Petráš 1998)

Empirické prírastkové percentá podľa kľzavých mediánových kriviek a regresných modelov sa porovnali s modelovými (obr. 3) podľa rastových tabuliek čistých jedľových porastov Halaj, Petráš (1998). Z porovnania je zrejmé, že približne do veku 100 rokov sú rozdiely medzi prírastkovými percentami zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových a čistých jedľových porastov minimálne. Vo vyššom veku sa rozdiely postupne zvyšujú až na 0,50 % vo veku 160 rokov.

Diskusia a záver

Smrekové, jedľové alebo bukové porasty sú v Karpatskom oblúku najvýznamnejšími producentmi drevnej hmoty. Každá drevina samostatne, ale aj ich zmesi majú vysokú a najmä stabilnú produkciu dreva. Výskum produkcie rovnorodých porastov je metodologicky jednoduchší a aj preto sú tu už pomerne ustálené výsledky. V zmiešaných porastoch je situácia zložitejšia. Ich výskum je náročnejší nielen z metodologického hľadiska, ale aj na kvalitu a rozsah experimentálneho materiálu. Aj z tohto dôvodu nie sú v súčasnosti k dispozícii jednoznačné a presvedčivé výsledky z ich výskumu. Chýbajú odpovede na základnú otázku, či majú zmiešané porasty vyššie prírastky a produkciu dreva ako porasty rovnorodé.

Pre výskum objemových prírastkov zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov sa využili opakované merania na 50 TVP, ktoré sa založili koncom šesťdesiatich a začiatkom sedemdesiatich rokov minulého storočia v západnej a východnej časti Slovenského rudohoria. Odvodili sa celkové bežné prírastky z rozdielu dvoch po sebe nasledujúcich opakovaných meraní na TVP. Vzhľadom na ich veľkú variabilitu sa zvolil jednoduchší spôsob ich zhodnotenia. Vypočítali sa ich prírastkové percentá vo vzťahu k zásobe hlavného porastu na začiatku každej prírastkovej periódy. Následne sa porovnali s prírastkovými percentami vypočítanými z modelov rastových tabuliek Halaj, Petráš (1998). Ich podrobný rozbor dokázal, že prírastková intenzita zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov v porovnaní k rovnorodým jedľovým je približne rovnaká v porastoch s vekom do 100 rokov. Vo vyššom veku je prírastková intenzita zmiešaných porastov vyššia až o 0,5 % ako v rovnorodých jedlinách. Relatívne k čistej jedline je to takmer o 50 % viac. Vysokú prírastkovú intenzitu približne 1 – 2 % dosahujú zmiešané porasty aj vo veku 200 rokov. Podobné poznatky dosiahol už Míchal (1969), keď konštatuje, že zmiešané porasty sú veľmi premenlivé a produkujú viac ako čisté smrečiny len vo veku nad 80 rokov. Rozdiely v produkcii zmiešaných porastov závisia aj od stanovišta na ktorom rastú. Hausser, Troeger (1967), ale aj Hink (1972) potvrdili, že jedľa predstihuje smrek v porastoch do 90 rokov len na stanovištiach dobre zásobených živinami a vodou.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmlúv č. APVV-0255-10 a č. SK-RO-0006-12.

Literatúra

- Halaj, J., 1958: Zmiešaný porast. *Les*, **14**(10): 289–295.
- Halaj, J., 1959: Produkuje zmiešaný les viac ako čistý? *Les*, **15**(1): 3–9.
- Halaj, J., Petráš, R., 1998: Rastové tabuľky hlavných drevín. Bratislava, Slovak Academic Press, 325 p.

- Hausser, K., Troeger, R., 1967: Beitrag zur Frage der Massen und Wertleistung gepflanzter Weisstannen und Fichtenbestände auf gleichen Standorten. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, **138**(7): 150–157.
- Hink, V., 1972: Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standortseinheiten des Einzelwuchsbezirks „Flächenschwarzwald“ (Südwestfalen-Hohenzollern). Allgemeine Forst und Jagdzeitung, **143**(3/4): 80–85.
- Kennel, R., 1966: Soziale Stellung, Nachbarschaft und Zuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt, **85**(7/8): 193–204.
- Kramer, H., Gussone, A., Schober, R., 1988: Waldwachstumslehre. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey, 374 p.
- Míchal, I., 1969: Vliv různé dřevinné skladby na stav půdy a dřevní produkci v lesních typech jedlových bučin, II část. Lesnictví, **15**(5): 403–427.
- Poleno, Z., 1979: Metodika produkčního srovnávání smíšených a stejnorodých porostů. Práce VÚLHM, **54**: 189–207.
- Pretzsch, H., Schütze, G., 2009: Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation on individual tree level. Eur. J. Forest Res., **128**: 183–204.
- Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J., Dong, P. H., Kohnle, U., Nagel, J., Spellmann, H., Zingg, A., 2010: Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. Ann. For. Sci., **67**: 711–723.
- Prudič, Z., 1971: Vliv porostní skladby na produkci jedlobučin a odvození výhledového provozního cíle. Lesnictví, **17**(3): 271–286.

THE USE OF SONIC AND ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY FOR IDENTIFICATION OF INTERNAL TREE DEFECTS

Použití sonického a elektronického tomografu pro zjišťování vnitřních poruch stromů

Josef Gallo • Martin Baláš • Olga Nováková • Ivan Kuneš

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Kamýcká 1176,
CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát, e-mail: gallo@fdl.czu.cz

Abstrakt

Použití nedestruktivních technik při zjišťování kmenových hnilob stromů je moderní přístup v městském lesnictví a okrasném sadovnictví. Pro zjišťování zdravotního stavu městských a parkových stromů byl použit sonický tomograf PiCUS 3 (SoT) a tomograf na bázi elektrické impedance Treetronic® (EIT). Cílem tohoto příspěvku je ověřit technologii stromové tomografie porovnáním dvou různých metod měření s reálným stavem dřeva na kmenových výřezech sledovaných stromů. Doplnkově byla zjišťována časová náročnost měření. Grafické výstupy ze skenování poměrně přesně ukázaly houbové poškození dřeva, ovšem čtení a vyhodnocení grafických výstupů vyžaduje značné uživatelské zkušenosti. Provedení jednoho skenu sonickým a elektrickým tomografem dohromady trvalo v průměrně náročných podmínkách cca 1 hodinu.

Klíčová slova: hniloby kmene, PiCUS 3, Treetronic, snímkování práce

Abstract

Using non-destructive techniques in investigating tree trunk rots is a modern approach in urban forestry and arboriculture. We used PiCUS 3 Sonic tomograph (SoT) and Treetronic® electrical impedance tomograph (EIT) to inspect the health status of urban and park trees. The aim of this paper is to verify the technologies, compare the outputs of the two different instruments with the real situation using cut-out cross-section of the scanned trees. The time consumption for the main work operations was also measured. The images precisely indicated a fungi disease of trunk, but the reading and interpreting of the outputs requires qualified persons. It took approximately 1 hour to scan an average difficulty tree by both SoT and EIT together.

Keywords: trunk rots, PiCUS 3, Treetronic, work sampling

Introduction

The traditional tree health inspection in urban forestry and arboriculture is based on visual assessment or invasive methods like Pressler's increment borer. Recently also modern less invasive and non-invasive approaches to tree inspection started to be used (De-florio et al. 2008). The additional information of the health status inside investigated tree is useful in questionable and/or complicated, controversial cases.

The tomograph technology is a new approach based on modern electronic instruments. The complete tomograph technology is made up by several individual tools. Electronic calliper calculates and shows the shape of cross-section and its area by triangulation

method. The measuring itself is provided by two independent technologies, sonic tomography (SoT) and electrical impedance tomograph (EIT).

The principle of SoT is that the sound waves going through the cross-section have different velocities depending on the modulus of elasticity (Brazee et al. 2011). The velocity is higher in the healthy wood and slower in the wood struck by a disease. EIT works on the principle of different values of electrical conductivity between dryer healthy tissue and wetter diseased tissue (Brazee et al. 2011).

Tree tomography is used for scanning especially urban trees for decay and rots. The tree tomography is not commonly used in forestry especially due to the high time demands. Its potential is in further decay analysis using powerful software tools (Heikura et al. 2008), in differentiating sapwood from heartwood (Guyot et al. 2013) as well as in many other cases. One of the major advantages of tree tomography compared to some invasive methods is that we obtain the whole cross-section image. Invasive methods are performed only at several spots around the stem and therefore the precision of the results drops rapidly when the pattern of the decayed part is irregular (Gilbert, Smiley 2004).

The aim of this paper was to scan selected trees (healthy and with trunk decay) and also one tree which would be afterwards cut down and we compared the output given by tree tomography instruments with the obtained cross-section.

Material and methods

For both instruments we need to measure the diameter of the scanned tree in the height of scanned cross-section and to drive appropriate number of roofing nails through the bark and phloem of a tree on the surface of wood tissue or slightly into it to provide measuring points (MP). The recommended number of measuring points is automatically suggested by the operational program according to diameter. The shape of the scanned cross-section is recorded by electronic calliper. The free shape delivered by calliper can be also replaced by simple circle or other pre-defined shapes, but under accordingly decreased precision of measuring.

Since for SoT the maximum number of sensors is 12, we usually do it first. After installing the box with connected probes on the measured tree, we start tapping on the nails (from 1 – 12) with radio hammer which is sending the sound waves to all other probes and they are intercepting the information about velocity [m.s^{-1}].

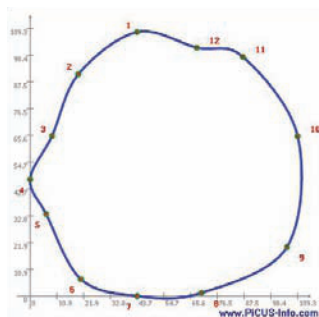
For EiT we mostly double the number of MPs (24). Box with connected crocodile clips is installed onto the measured tree and the procedure of electrical impedance scanning is launched through the operational program and ran automatically.

As a result we receive two very different figures of the same cross-section and have to properly interpret the results of the calculations.

As it is apparent from described procedure, the tomography scanning requires qualified persons and it is time demanding. Work sampling is important so as the users have idea about the general outlines for time requirements of this technology. They are created by counting the times of individual phases of the procedure.

We worked in several intravilan locations in Prague and surroundings. The devices were operated always by two people. First we had to prepare the geometrical basis for the

scanning (Fig. 1). Subsequently we performed sonic measurement and electronic impedance measurement and calculated the figures of health status.



During the measurements we carried out a work sampling investigation for the general work operations, divided according to the practical experience:

- preparing the equipment,
- geometry measuring,
- SoT measuring,
- EiT measuring,
- dismantling the equipment and cleaning up.

Fig. 1: Geometry of cross-section recorded by electronic calliper.

For the correct interpretation of measurements outcomes, it was necessary to verify how the scanned image of healthy tree looks like. We also wanted to include the comparison between a broadleaved and a coniferous tree. For the purposes of this paper, we chose representative species of native forest tree species, namely Scots pine (*Pinus sylvestris*) and English oak (*Quercus robur*) for tomography scans.

The image outcomes of SoT present the distribution of the velocities of sound propagation in wood. The image outcome of EIT presents the distribution of electrical impedance in wood.

Results

The first outcome of the tomography is the geometry image of cross-section. The geometry is further used for both of the types of measuring (SoT, EIT).

Fig. 2 and 3 show that in case of sonic tomography there is no visible difference between broad-leaved and coniferous trees. The velocity of sound signals is approximately equal in the whole cross-section (see Fig. 2 and 3 – left).

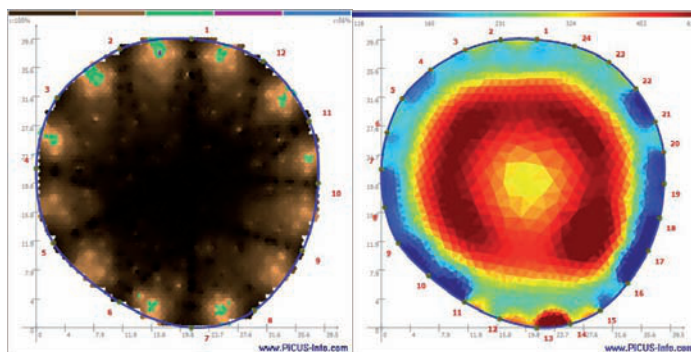


Fig. 2: SoT (left) and EIT (right) measurements on healthy oak (*Quercus petraea*); date: 2014-05-26; location: Truba Research Station; scanning height: 130 cm above ground.

In case of electrical impedance tomography, it is necessary to be careful when reading the outputs. It is known that the impedance depends especially on the water content in wood. Wet wood has low impedance, while impedance of dry wood is higher. According to

our experiences, in case of coniferous trees, the wood near the centre of trunk has usually higher impedance due the dryer wood and the impedance of sapwood is lower (higher water content), (Fig. 3 – right).

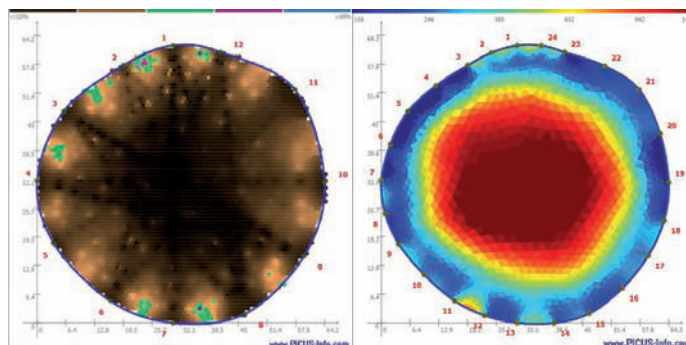


Fig. 3: SoT (left) and EIT (right) measurements on healthy pine (*Pinus sylvestris*); date: 2014-05-26; location: Truba Research Station; scanning height: 130 cm above ground.

In case of broadleaved trees the situation is basically similar. The heartwood of absolutely healthy trees should be also dryer (that means with a higher impedance) than the sapwood (Fig. 2 – right). As mentioned, we have to be careful when reading the output, since even the heartwood of absolutely healthy broadleaved trees can show lower impedance than sapwood. The reason for this can be a higher content of water in the heartwood which can be caused by the occurrence of a “right” heart (oak) or false heart (beech). The lower impedance of heartwood itself (in case of broadleaves) does not have to indicate any decay. This suggests that it is necessary to read both (SoT and EIT) image outputs together and the simultaneous assessment can offer the real idea about the condition inside the trunk.

The images of trees with some diseases show rather different outcomes as seen on Fig. 4 and 5.

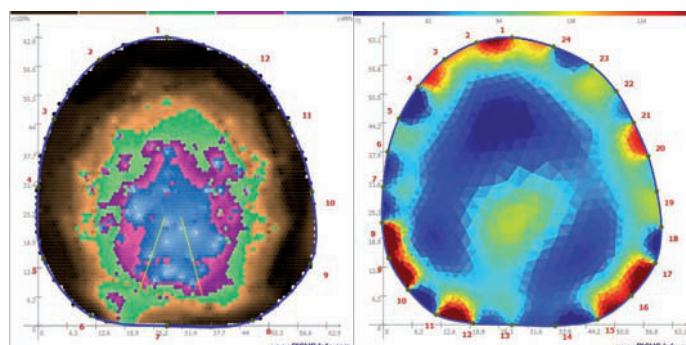


Fig. 4: SoT (left) and EIT (right) measurements on red oak (*Quercus rubra*) with trunk decay; date: 2014-04-23; location: Prague, Horáčkova street; scanning height: 50 cm above ground.

In Fig. 4 we can notice that the results are based on differences in the velocities (SoT) and electric impedance (EIT) in healthy and unhealthy wood. Maximal velocity is reached

in healthy wood. Diseased tissues transfer the sound waves more problematically and with slower velocity. The image of electrical impedance shows the low impedance in the core area of cross-section with a slight increase near the trunk-centre. We suppose that should denotes the higher content of water in decayed wood and probably even some small cavity in the centre of trunk. However, this conclusion should not be done only on a base of EIT image. Only the simultaneous assessment with the SoT outputs gives rather better imagination about the decay status of the trunk.

We have complete results of a Horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum*). We inspected the tree at the cross-section level of 25 cm above-ground, since in given conditions the *Aesculus* trees obtain fungi disease from roots. The precision and complexity of outputs can be evaluated from Fig. 5. Both the SoT and EIT were able to detect some divergence in comparison with a healthy tree. The real cross-section cut shows dry and soft rot as seen on Fig. 4 – bottom right.

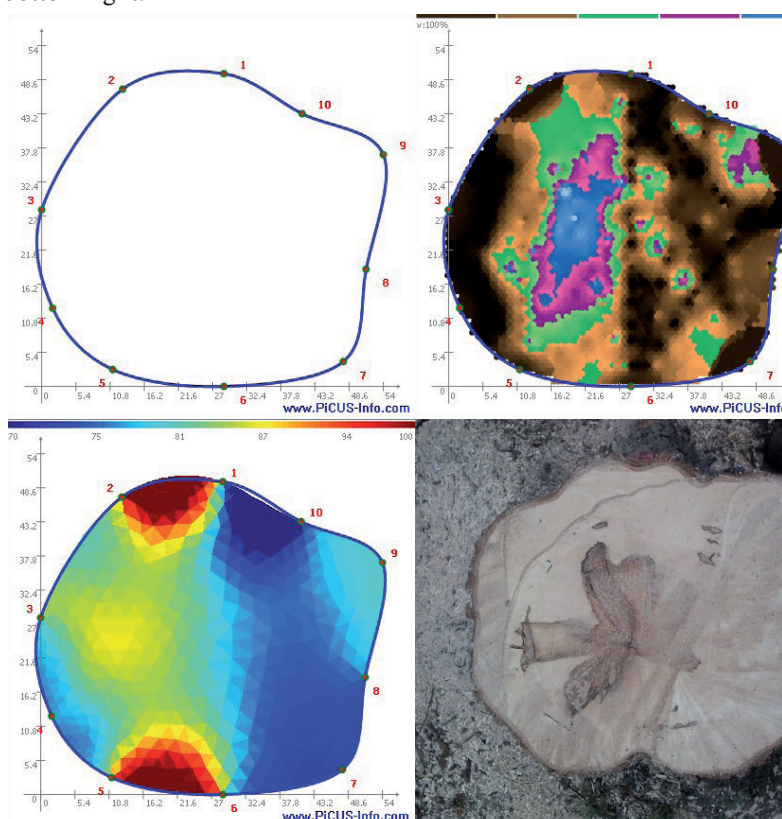


Fig. 5: *Aesculus hippocastanum* – cross-section geometry (top left), SoT (top right), EIT (bottom left) and real situation (bottom right); date: 2013-08-22; location: Prague, Moravská street; scanning height: 25 cm above ground.

Preliminary results of work sampling suggest that the scanning one average difficulty tree by both techniques combine takes around 1 hour. Driving took approximately 14 min; geometry measuring 7 min; sonic measuring 15 min; electronic impedance measuring 20 min and cleaning up 5 minutes.

Discussion

It seems that SoT and EiT can work complementary better than each technology separated. SoT can differentiate between heart wood (in healthy tree) and disease, as in Fig. 4. It was suggested that EIT is more successful in finding insipient decay (Brazee et al. 2010), but there is potential of a great improvement in these terms in near future as well (Deflorio et al. 2008). According to Nicolotti et al. (2003) SoT is able to show developed internal decay very accurately and synoptically, we confirm these results. A lot can be read from one output while the second gives us a little bit different perspective and we can minimize inaccuracies in the interpretation of the results. There are limits of the instruments of which the qualified personnel need to be aware – in case of cavities, holes and cracks we might obtain confusing results (Wang, Allison 2008). Although the technology is mostly used in urban forestry and arboriculture; it can also be applied in other fields – wood science (Oh, Lee 2014) and timber investigation (Nicolotti et al. 2003), modelling of carbon losses through disease (Breeze et al. 2010) etc.

Inspection of trees by tomography is time demanding and requires properly educated personnel. The total time of measuring is dependent on the worker's practice. Scanning of average tree by two trained workers should then take approximately 1 hour. Possible common errors can not only slow down the process of measuring, but also deteriorate the precision of the results. Some systematic and random errors occurred particularly often and one should beware them:

- Swapping the last two crocodile clips in Treetronic®. This places the connections into wrong positions and causes the results to deteriorate.
- Wrong amount of nails (e.g. 11 instead of 12).
- Nails not driven in properly.
- If the signal is not heard, often the cables and wires are distorted and they pull the sensors down from their positions.
- Appropriate voltage has to be set and the setting must be confirmed by press a button “apply to all”.

Conclusion

Scanning for defects and diseases proved to be beneficial in many situations when accurate determination of health status of trees was needed. The advantage of the tomography is minimum damage of living trees compared to invasive methods like core. Disadvantages are the costs and the need for more qualified personnel. It seems especially fine when both SoT and EIT are applied, because we have a perspective given by two different technologies showing various features in a different quality depending on tree species. It is hard to generalize in terms of presenting results, but SoT seems to be very accurate in detection of developed decay, whilst EIT is able to detect an early infection.

Long-term project on investigation of physiological changes in trees is being performed in Truba Research Station, Department of Silviculture. Work sampling is being carried out as well.

Acknowledgements

The data were processed at the Truba Research Station (Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences Prague).

References

- Brazee, N. J., Marra, R. E., Göcke, L., van Wassenae, P., 2011: Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography. *Forestry*, **84**(1): 33–39.
- Deflorio, G., Fink, S., Schwarze, F. W., 2008: Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood Science and Technology*, **42**(2): 117–132.
- Gilbert, E. A., Smiley, E. T., 2004: Picus Sonic Tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus alba*) and Hickory (*Carya* spp.). *Journal of Arboriculture*, **30**(5): 277–281.
- Guyot, A., Ostergaard, K. T., Lenkopane, M., Fan, J., Lockington, D. A., 2013: Using electrical resistivity tomography to differentiate sapwood from heartwood: application to conifers. *Tree Physiology*, **33**(2): 187–194.
- Heikura, T., Terho, M., Perttunen, J., Sievänen, R., 2008: A computer-based tool to link decay information to 3D architecture of urban trees. *Urban Forestry and Urban Greening*, **7**(4): 233–239.
- Nicolotti, G., Socco, L. V., Martinis, R., Godio, A., Sambuelli, L., 2003: Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. *Journal of Arboriculture*, **29**(2): 66–78.
- Oh, J.-K., Lee, J.-J., 2014: Feasibility of ultrasonic spectral analysis for detecting insect damage in wooden cultural heritage. *Journal of Wood Science*, **60**(1): 21–29.
- Wang, X., Allison, R. B., 2008: Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling. *Arboriculture and Urban Forestry*, **34**(1): 1–4.

PĚSTOVÁNÍ TŘEŠNĚ PTAČÍ (*PRUNUS AVIUM* [L.]) NA BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ: PŘEHLED POZNATKŮ

Growing wild cherry (*Prunus avium* [L.]) on former agricultural soil: review

Dušan Kacálek¹ • David Dušek^{1, 2} • Jiří Novák¹
• Jan Leugner¹ • Jan Bartoš²

¹ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumní stanice Opočno, Na Olivě 550, CZ – 517 73 Opočno, e-mail: kacalek@vulhmop.cz, dusek@vulhmop.cz, novak@vulhmop.cz, leugner@vulhmop.cz
² Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbátka, e-mail: bartos@vulhmop.cz

Abstract

Wild cherry is a valuable tree species that does not require a long rotation to provide merchantable wood. Wild cherry is also a fast-growing pioneer tree suitable for agricultural land afforestation. Formerly agricultural soils are relatively fertile sites. The cultivated soil, accessible terrain and missing remnants of the preceding forest crop (stumps, roots and coarse woody debris) allow us to establish intensively-maintained plantations. To grow wild cherry successfully, one must meet the two requirements: (1) to maintain demanded share of the cherry over the rotation and (2) to prescribe silvicultural measures to get the best wood quality. The former requirement is to be met using mixed crops and the latter is to be met using artificial pruning and avoiding a cherry stem sprouting. To prevent cherry trees from stem sprouting, the cherries should share the stand with side-sheltering understory. When mixing the cherry, the most suitable mixtures contain tree species that do not overgrow the cherry trees.

Keywords: wild cherry, afforestation, mixed stands

Abstrakt

Třešeň ptačí je ceněnou dřevinou, která nevyžaduje dlouhé obmýtí aby poskytla zpeněžitelné sortimenty. Je také rychlerostoucí pionýrskou dřevinou vhodnou k zalesňování zemědělské půdy. Bývalé zemědělské půdy jsou relativně úrodnými stanovišti. Kultivovaná půda, přístupný terén a chybějící zbytky po předchozím porostu (pařezy, kořeny a hrubé odřezky dřeva) nám dovolují zakládání intenzivněji ošetřovaných výsadeb. K úspěšnému pěstování třešně je třeba splnit dvě podmínky (1) udržet požadované zastoupení třešně během obmýtí a (2) stanovit péstební opatření k dosažení co nejkvalitnější produkce dřeva. První spočívá ve využití smíšené dřevin a druhá je zajištěna záměrným vyvětvováním a zabráněním tvorby kmenové výmladnosti třešně. Prevence vzniku této výmladnosti je zajištěna pokud kmeny třešně jsou bočně zastíněny dřevinami v podúrovni. Pokud jde o doprovodné dřeviny, nejvhodnější směsi třešně jsou s dřevinami, které ji nepředřstávají.

Klíčová slova: třešeň ptačí, zalesňování, smíšené porosty

Charakteristika třešně

Třešeň ptačí je pro svou světlomilnost a neschopnost snášet silnější zástín jen zanebatelně zastoupena ve smíšených přírodních lesích (Rugani et al. 2013). Je náročná na vláhu, přirozeně roste na hlubších živných půdách, na kyselých půdách je velmi vzácná a nesnáší půdy, které v létě vysychají (Claessens et al. 1999; Úradníček et al. 2009). Je rychle rostoucí dřevinou schopnou být součástí iniciálních sukcesních stádií lesa (Petrokas 2010) a časem bývá vystřídána klimaxovými dřevinami (Höltken, Gregorius 2006).

Funkční potenciál třešně

Jedná se o dřevinu poskytující ceněné dřevo, a proto je perspektivním druhem pro lesní hospodářství (Úradníček et al. 2009). K získání dobře obchodovatelných sortimentů není třeba dlouhého obmýtí a očekávaná produkční doba třešně je 50 – 80 let (Santi et al. 1998; Kleinschmit et al. 2000; Martinsson 2001; Nicolescu, Kruch 2009). Na trhu je v dřevo třešně v současnosti značně poptáváno, což je patrně důvodem jeho vyšší ceny (Esen et al. 2012). Třešeň je považována za natolik cennou, že byly vypracovány metody množení také formou in vitro (Malá et al. 2008).

Kromě produkční funkce je třešeň schopna plnit také funkce ekologické a environmentální. Spolu s dalšími cennými listnáči přispívá ke zvýšení resilience lesů zvýšením jejich druhové diverzity, při současném ekonomickém přínosu bez nutnosti dodatečných nákladů na lesnické hospodaření (Spiecker 2006; Oosterbaan et al. 2009; Hemery et al. 2010). Potřebu podpory biodiverzity vnášením určitých druhů dřevin jako nástroj adaptace lesů na změnu klimatu zmiňují Hlásny et al. (2014). Tito autoři sice třešeň ve své studii přímo nehodnotí, nepochybně je ale druhem obohacujícím druhovou skladbu středoevropských lesů. Rizikovou dřevinou by se třešeň mohla stát v oblastech se zvýšenou frekvencí letního sucha (Úradníček et al. 2009). Z fyziologického hlediska nebyla u třešně prokázána reakce na zvýšenou koncentraci vzdušného CO₂ zvýšením rychlosti fotosyntézy na rozdíl od buku a dubu (Lindner et al. 2010). Při sekundární sukcesí na rozsáhlých kalamitních holinách může být třešeň znevýhodněna proti anemochorním dřevinám s lehkými semeny (Kulla, Šebeň 2012). Nicméně jinak má pionýrské vlastnosti, které ji činí vhodnou dřevinou pro pěstování na zemědělské půdě, a to jak rámci agro-lesnických systémů (Chifflet et al. 2006; Reisner et al. 2007), tak po ukončení zemědělského využití při výsadbách nových lesních porostů (Santi et al. 1998; Kleinschmit et al. 2000; Daugaviete 2000; Martinsson 2001; Löff et al. 2004) a biokoridorů (Jelínek, Úradníček 2010). Vyhláškou č. 83/1996 Sb. v platném znění je doporučena jako meliorační a zpevňující dřevina na živných stanovištích vyšších až středních poloh a v ochranných lesích v habrových javořinách.

Pěstební péče o příměs třešně

Třešeň je nezbytné udržet v porostní úrovni (Hurt 2012; Podrázský, Kupka 2011) a nesmí dojít k jejímu potlačení (Indruch 1985). Proto je při tvorbě směsí klíčová volba dřevin, které ji nepředrůstají. K dosažení vysoké kvality kmene třešně je nezbytné vyvětřování (Dong et al. 2009; Seifert et al. 2010; Springmann et al. 2011) v době kdy nastává zastínění spodní části korun (Kupka 2007). Časné vyvětřování může nicméně vést k nežádoucí redukci růstu (Hammatt 1998; Springmann et al. 2011). Kromě toho Kerr a Morgan (2006) považují vyvětřování formující koruny listnáčů (včetně třešně) před dosažením zá-

poje za nejisté a nákladné opatření. Pokud jde o rychlost hojení řezných ran po vyvětřování, Schmaltz (2000) shledal, že se tenké pahýly větví nezacelují rychleji než ty silnější.

Třešeň ptačí je dřevina s časnou kulminací výškového růstu (Dong et al. 2009). Jakmile je zápojem jiných dřevin potlačena, není pravděpodobný její opětovný přesun do porostní úrovně (Stojecová, Kupka 2009). Z tohoto pohledu nejsou perspektivní směsi třešně s rychle rostoucími jehličnany. Udržení žádoucího podílu třešně v těchto směsích by si vyžádalo značné náklady nebo by nebylo možné. Aby třešeň předrůstala trvale např. smrk ztepilý, musela by směs být založena na stanovištích nižších poloh a nížin daleko od optimálního růstového prostředí smrku. Přesto na vhodných stanovištích se přirozeně zmlazuje i pod porostem a může tvořit značný podíl v podrostu např. pod duby (Souček 2009). Je-li pěstována jako přimíšená a vtroušená dřevina, je schopná se při dobrém zdravotním stavu dožít i více než 100 let; právě jednotlivé přimíšené třešně v listnaté směsi poskytují jakostní kulatinu (Indruch 1985). Z toho důvodu předpokládáme její výsadbové hektarové počty pouze v řádu stovek a finální podíl v mýtných porostech maximálně v řádu desítek jedinců. Chifflet et al. (2006) v rámci agro-lesnického hospodářského způsobu navrhoval spon 6×10 metrů. Pommerening, Murphy (2004) navrhli umístění pěti jedinců třešně s rozestupem 0,5 m doprostřed skupin (37 jedinců) vysázených duby a habry ve stejném rozestupu; jednotlivé habro-dubové skupiny jsou od sebe vzdáleny 7 m.

Pokud jde o listnaté směsi, Gavaland, Gauvin (1997) a Gavaland (2006) shledali pozitivní vliv olše na růst třešně. To může být dáno schopností olše získávat dusík od symbiotické aktinomycety *Frankia alni*. Příznivé působení dusík fixujících dřevin (olše lepkavá a trnovník akát) v Chile na růst třešně ptačí našli také Loewe et al. (2013). Použití akátu je, nicméně, v našich podmínkách diskutabilní; při zanedbání péče o porosty s příměsí akátu se může tato dřevina stát invazivní. Perspektivní by mohlo být využití výborné pařezové výmladnosti olše (Úradníček et al. 2009), která by při soustavném seřezávání vytvořila boční kryt a udržovala tak dobrou kvalitu kmene třešně. Bez zásahu do olšové složky je třešeň již velmi brzy olší předrůstána se všemi negativními dopady na její další vývoj. Pokud se jedná o jiné přimíšené dřeviny, Kerr (2004) sice doložil pozitivní vliv jasanu ztepilého na výškový růst třešně v rámci experimentu situovaném v jihozápadní Anglii. Nicméně postupující odumírání jasanu v kontinentální Evropě způsobované zejména houbou *Chalara fraxinea* (CAB International 2009; Pešková, Soukup 2013; Gubka et al. 2013) povede pravděpodobně k odklonu od tvorby směsí těchto dvou dřevin. Pommerening, Murphy (2004) navrhli použití třešně v kombinaci s hnízdovou výsadbou dlouhověkého dubu a příměsí habru. Kleinschmit et al. (2000) a Dong et al. (2009) navrhuje také smíšení třešně s habrem. Výhoda této směsi spočívá ve schopnosti habru tvořit životaschopnou podúroveň (obr. 1). Vhodně zvolená přimíšená dřevina pak může udržovat kmeny třešně v zástínu a zabraňovat tvorbě kmenových výmladků.

Obr. 1: Směs třešně ptačí s habrem obecným v Bílých Karpatech (foto D. Kacálek)

Fig. 1: Cherry mixed with hornbeam, Bílé Karpaty Mts. (photo by D. Kacálek)



Na základě našich dosud nepublikovaných výsledků by podobnou úlohu mohla plnit lípa, která také snáší zastínění. Zkušenosti z lesů Bílých Karpat potvrzují schopnost třešně prosperovat jako vtroušená dřevina v převážně bukových porostech (Indruch 1985).

Kromě podpory růstu cílové třešně a vytvoření bočního krytu, je zde také pozitivní ekonomický efekt pomocných dřevin. Namísto čisté výsadby ekonomicky nákladných sazenic cílové dřeviny je žádoucí vytvořit směs s levnějším sadebním materiálem jiných dřevin (Oosterbaan et al. 2009). Při použití kvalitních sazenic opadavých dřevin by navíc vlastník pozemku mohl žádat Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova o dotaci v rámci vyšší sazby na podporu zalesnění (Jarský, Pulkrab 2013).

Poděkování

Príspevok vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

Literatura

- CAB International, 2009: *Chalara fraxinea* T. Kowalski, Distribution Maps of Plant Diseases. Map No. 1060, Edition 1. Dostupné na internetu: <http://www.cabi.org/dmpd/FullTextPDF/2009/20093245819.pdf> [citováno 27. 5. 2014].
- Chiffot, V., Bertoni, G., Cabanettes, A., Gavaland, A., 2006: Beneficial effects of intercropping on the growth and nitrogen status of young wild cherry and hybrid walnut trees. *Agroforestry Systems*, **66**: 13–21.
- Claessens, H., Pauwels, D., Thibaut, A., Rondeux, J., 1999: Site index curves and autecology of ash, sycamore and cherry in Wallonia (Southern Belgium). *Forestry*, **72**(3): 171–182.
- Daugaviete, M., 2000: Afforestation of agricultural lands in Latvia. In: Weber N., (ed.) *NEWFOR – New Forests for Europe: Afforestation at the Turn of the Century*. Proceedings of the Scientific Symposium, February 16th – 17th 2000, Freiburg, Germany. EFI Proceedings, No. 35: 175–186.
- Dong, P. H., Eder, W., Muth, M., Krämer, R., Weber, D., Früh, H., 2009: Vogelkirschen-Anbauversuch im Forstamt Kusel. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz*, No. 67/09: 8–38.
- Esen, D., Yildiz, O., Esen, U., Edis, S., Çetintas, C., 2012: Effects of cultural treatments, seedling type and morphological characteristics on survival and growth of wild cherry seedlings in Turkey. *iForest*, (5): 283–289.
- Gavaland, A., 2006: Des pistes pour boiser des terres agricoles avec du merisier. *Forêt-Entreprise*, **170**: 21–25.
- Gavaland, A., Gauvin, J., 1997: Des plantations de merisier avec accompagnement d'aulne: premiers enseignements d'un essai INRA. *Forêt-Entreprise*, **118**: 21–26.
- Gubka, A., Nikolov, Ch., Gubka, K., Galko, J., Vakula, J., Kunca, A., Leontovych, R., 2013: History, Present and Expected Future of Forests in Slovakia. *American Journal of Plant Sciences*, **4**: 711–716.
- Hammatt, N., 1998: Influence of tree shelters, irrigation and branch pruning on early field performance of micropropagated wild cherry cv. F12/1. *New Forests*, **15**: 261–269.

- Hemery, G. E., Clark, J. R., Aldinger, E., Claessens, H., Malvolti, M. E., O'Connor, E., Raftoyannis, Y., Savill, P. S., Brus, R., 2010: Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. *Forestry*, **83**(1): 65–81.
- Höltken, A. M., Gregorius, H.-R., 2006: Detecting local establishment strategies of wild cherry (*Prunus avium* L.). *BMC Ecology*, **6**: 1–13.
- Hurt, V. 2012: Production potential and stability of a broadleaved mixed oak/hornbeam forest stand situated on a eutrophic site, Ždánický les. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, **60**(6): 135–144.
- Indruch, A., 1985: Zakládání a výchova listnatých porostů. Praha, SZN, 142 p.
- Jarský, V., Pulkrab, K., 2013: Analysis of EU support for managed succession of agricultural land in the Czech Republic. *Land Use Policy*, **35**: 237–246.
- Jelínek, B., Úradníček, L., 2010: The survival and growth rates of woody vegetation in the man-made Vracov biocorridor during the period of 1993–2007. *Journal of Landscape Ecology*, **3**(1): 5–15.
- Kerr, G., 2004: The growth and form of ash (*Fraxinus excelsior*) in mixture with cherry (*Prunus avium*), oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*), and beech (*Fagus sylvatica*). *Canadian Journal of Forest Research*, **34**: 2340–2350.
- Kerr, G., Morgan, G., 2006: Does formative pruning improve the form of broadleaved trees? *Canadian Journal of Forest Research*, **36**(1): 132–141.
- Kleinschmit, J., Spellmann, H., Rumpf, H., Guericke, M., Wachter, H., 2000: Entscheidungshilfen zur Bewirtschaftung der Vogelkirsche in Nordwestdeutschland. *Forst und Holz*, **55**(19): 611–616.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J., Marchetti, M., 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, **259**: 698–709.
- Pešková, V., Soukup, F., 2013: Houbové choroby v lesích Česka v roce 2012. In: Knížek, M., Modlinger, R., (eds): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2012/2013*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 11. 4. 2013. Zpravodaj ochrany lesa: 19–21.
- Kulla, L., Šebeň, V., 2012: An experiment with non-whole-area reforestation of calamity clearing on the demonstration area Husárik. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, **58**(3): 171–180.
- Kupka, I., 2007: Growth reaction of young wild cherry (*Prunus avium* L.) trees to pruning. *Journal of Forest Science*, **53**(12): 555–560.
- Loewe, V. M., González, M. O., Balzarinic, M., 2013: Wild cherry tree (*Prunus avium* L.) growth in pure and mixed plantations in South America. *Forest Ecology and Management*, **306**: 31–41.
- Löff, M., Thomsen, A., Madsen, P., 2004: Sowing and transplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for afforestation of farmland. *Forest Ecology and Management*, **188**(1–3): 113–123.
- Malá, J., Máchová, P., Cvrčková, H., 2008: Mikropropagace a využití sadebního materiálu třešně ptačí (*Prunus avium*). *Lesnický průvodce 2*. Strnady, VÚLHM: 17.

- Martinsson, O., 2001: Wild Cherry (*Prunus avium* L.) for Timber Production: Consequences for Early Growth from Selection of Open-pollinated Single-tree Progenies in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, **16**(2): 117–126.
- Nicolescu, V. N., Kruch, J., 2009: Cercetări privind efectele aplicării lucrărilor silvotehnice asupra arborilor tineri de cires sălbatic (*Prunus avium* L.). *Revista Pădurilor*, **124**(3): 8–16.
- Oosterbaan, A., Hochbichler, E., Nicolescu, V.-N., Spiecker, H., 2009: Silvicultural principles, goals and measures in growing valuable broadleaved tree species. *Die Bodenkultur*, **60**(3): 45–51.
- Petrokas, R., 2010: Prerequisites for the reproduction of wild cherry (*Prunus avium* L.). *Baltic Forestry*, **16**(1): 139–153.
- Podrázský, V., Kupka, I., 2011: Use of wild cherry as a site-improving and stabilizing tree species. *Scientia Agriculturae Bohemica*, **42**(2): 69–72.
- Pommerening, A., Murphy, S. T., 2004: A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, **77**(1): 27–44.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J., 2007: Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering*, **29**(4): 401–418.
- Rugani, T., Diaci, J., Hladnik, D., 2013: Gap Dynamics and Structure of Two Old-Growth Beech Forest Remnants in Slovenia. *PLOS ONE*, **8**(1): e52641.
- Santi, F., Muranty, H., Dufour, J., Paques, L. E., 1998: Genetic Parameters and Selection in a Multisite Wild Cherry Clonal Test. *Silvae Genetica*, **47**(2–3): 61–67.
- Schmaltz, J., 2000: Zur Standortwahl und Ästung der Vogelkirsche. *Forst und Holz*, **55**(5): 131–135.
- Souček, J., 2009: Podrost v dubovém porostu s rozdílnou výchovou. *Zprávy lesnického výzkumu*, **54**(1): 17–22.
- Seifert, T., Nickel, M., Pretzsch, H., 2010: Analysing the long-term effects of artificial pruning of wild cherry by computer tomography. *Trees*, **24**: 797–808.
- Spiecker, H., 2006: Minority tree species – a challenge for multi-purpose forestry. In: Diaci J., (ed.): *Nature-based Forestry in Central Europe, Alternatives to Industrial Forestry and Strict Preservation*. Studia Forestalia Slovenica Nr. 126. Ljubljana, Univerzita v Ljubljani: 47–59.
- Springmann, S., Rogers, R., Spiecker, H., 2011: Impact of artificial pruning on growth and secondary shoot development of wild cherry (*Prunus avium* L.). *Forest Ecology and Management*, **261**(3): 764–769.
- Stojecová, R., Kupka, I., 2009: Growth of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) in mixture with other species in demonstration forest. *Journal of Forest Science*, **55**(6): 264–269.
- Vyhláška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.
- Úradníček, L., Maděra, P., Tichá, S., Koblížek, J., 2009: Dřeviny České republiky. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 367 p.

BŘÍZA OJCOVSKÁ (*BETULA OYCOVIENSIS*) – DENDROLOGICKÁ ZAJÍMAVOST STŘEDNÍ EVROPY

Oyców birch (*Betula oycoviensis*) – Central European dendrological rarity

**Martin Baláš • Naďa Rašáková • Josef Gallo
• Olga Nováková • Ivan Kuneš**

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát, e-mail: balas@fd.czu.cz

Abstract

*This paper presents partial results of the exploration of Oyców birch (*Betula oycoviensis* Besser) population in „Volyně u Výsluní” (the Ore Mts.). This locality is the only one with proved occurrence of this species in the Czech Republic. The field survey revealed ca 70 individuals of Oyców birch. The condition of locality was described and the ability of population survival and reproduction was assessed. The potential risks for the population were analyzed. The morphological studies of the foliar shape were made on selected individuals. The geometrical morphometric method was used. 15 features suitable for distinguishing between *Betula oycoviensis* and *B. pendula* were found. The flow cytometry did not reveal significant differences in a ploidy of *Betula oycoviensis* and *B. pendula*. The appropriate management steps to support the natural regeneration of Oyców birch in the Volyně locality were recommended. Artificial regeneration could be used to accelerate the propagation of the population.*

Keywords: Oyców birch, Ore Mts., geometrical morphometric, PCA analysis, flow cytometry

Abstrakt

Náplní příspěvku je shrnutí dosavadních výsledků studia populace břízy ojcovské (*Betula oycoviensis* Besser) na dosud jediném známém místě výskytu tohoto druhu v ČR v lokalitě Volyně u Výsluní v Krušných horách. Při terénním průzkumu bylo nalezeno cca 70 jedinců břízy ojcovské. Byl popsán stav lokality a posouzena schopnost přežívání a další reprodukce tohoto druhu a analyzována případná rizika ohrožení populace. U vybraných jedinců byly provedeny morfologické studie listů pomocí geometrické morfometrie. Bylo nalezeno 15 znaků, podle kterých lze odlišit list břízy ojcovské a b. bělokoré. Metoda průtokové cytometrie neodhalila průkazný rozdíl v hodnotě ploidie mezi břízou ojcovskou a b. bělokorou. V rámci lokality výskytu je doporučeno přijmout vhodná managementová opatření k podpoře přirozené obnovy populace, případně obnovu urychlit umělou výsadbou.

Klíčová slova: *Betula oycoviensis* Besser, Krušné hory, geometrická morfometrie, PCA analýza, cytometrie

Úvod

Bříza ojcovská (*Betula oycoviensis* Besser) je středoevropský taxon blíže příbuzný bříze bělokoré. Dosud byla popsána zhruba desítky lokalit, z nichž na každé se vyskytuje pouze mikropopulace o počtu nejvýše několika desítek jedinců. V České republice se bří-

za ojcovská vyskytuje na jediné známé lokalitě (Volyně u Výsluní, Krušné hory). Vzhledem k velmi vzácnému výskytu se jedná o dendrologickou pozoruhodnost, zasluhující plnou ochranu. Velmi fragmentovaný areál výskytu je rovněž zajímavý z fylogenetického hlediska. V současné době tým z Katedry pěstování lesů (FLD ČZU v Praze) provádí bližší studium tohoto taxonu s cílem zmapování jediné známé české lokality výskytu. Realizovány jsou morfologické a genetické studie, které by měly popsat odlišnosti tohoto taxonu od jiných druhů.

Rozbor problematiky

Břízu ojcovskou poprvé popsal v roce 1805 polský botanik W. Besser. Popis však tehdy nebyl publikován v odborné literatuře. Další nálezy z 50. let 19. stol. (Berdau), z roku 1866 (Schur) a z roku 1912 (Woycicki) byly sice zadokumentovány, ale exempláře nebyly klasifikovány jako samostatný druh. Oficiálně byl druh popsán v roce 1920 a nález uveřejněn v roce 1928. Exempláře zaznamenala botanička Jentys-Szaferowa u obce Hamernia v Polsku (Szaferowa 1952).

Zpočátku byla *Betula oycoviensis* považována za endemit, rostoucí na jediné lokalitě v Polsku (Seneta, Dolatowski 1997). Později byl druh nalezen také na jiných místech v Polsku (Krzaczek, Krzaczek 1968) a dále ve Švédsku, Dánsku, Rakousku, v Rusku v oblasti Samara a na Ukrajině u Lvova (Stazskiewicz 2013).

Na českém území břízu ojcovskou poprvé našel v letech 1842 – 1843 botanik J. Knaf. Skutečnost, že se jedná o břízu ojcovskou, byla opět prokázána až později (Veselý 1969). Jediná známá lokalita výskytu břízy ojcovské v ČR se nachází v Krušných horách u osady Volyně u Výsluní, Ústecký kraj, okr. Chomutov. Za účelem ochrany populace bylo v místě výskytu v roce 1986 zřízeno maloplošné zvláště chráněné území v kategorii přírodní památka s názvem „Lokalita břízy ojcovské u Volyně“. Přírodní památka se skládá ze dvou částí o celkové ploše 1,5 ha. Podle dosavadních údajů (Ondráček 2008) na lokalitě rostlo 23 jedinců břízy ojcovské.

Bříza ojcovská je v nečetné literatuře (např. Seneta, Dolatowski 1997; Kříž 2003; Úradníček et al. 2009) uváděna jako samostatný druh. Roste na různém typu stanovišť, a to jak na skalnatých (Úradníček et al. 2009), tak i na hlinitých půdách (Stazskiewicz 2013). Dobře snáší vysychající a na živiny chudé půdy. Je to pionýrská, světlomilná dřevina. Na lokalitě Volyně se vyskytuje společně s *Betula pendula* (Úradníček et al. 2009).

Jedná se o dřevinu zpravidla keřovitého vzrůstu (výška cca do 4 m), ale také tvoří menší stromy. Stromová forma může dorůst do výšky 15 m (Szaferowa 1952). Kmen je často zakroucený, s bílou, někdy až tmavou borkou (Berndt 1979). Na starších kmenech je borka ve spodní části hluboce popraskaná (Stazskiewicz 2013). Větve jsou červenavě až šedě hnědé, nápadně žláznaté (Szaferowa 1952). Koruna je zpravidla většinou vejčitého a značně nepravidelného tvaru, hustější a štíhlejší (Seneta, Dolatowski 1997), zpravidla dosti vysoko nasazená (Szaferowa 1952). Vzhledem k pomalému růstu a spíše zakrslému charakteru je potenciál lesnického využití břízy ojcovské v podstatě nulový, ale pro svůj zakrslý vzrůst a velmi atraktivní „bonsajovitý“ habitus by se mohla uplatnit v okrasném sadovnictví. Na atraktivitě přidá i fakt, že je v přírodě velmi vzácným druhem.

Lysé letorosty mají velmi dlouhé brachyblasty. Drobné pupeny obvejčitého tvaru bývají lepkavé (Kříž 2003). Listy vyrůstají na zkrácených větévkách, v porovnání s břízou bělokorou jsou výrazně drobnější, jsou dlouhé 10 – 40 mm, široké 5 – 30 mm. Úhel mezi

bázi a hlavní žilnatinou je 40 – 90°. Mladé lístky jsou zpočátku lepkavé a mírně chlupaté. Řapík je velmi tenký a dosti variabilní (Stazskiewicz 2013). Na listech se nachází čtyři až šest párů postranních žilek (Seneta, Dolatowski 1997). Zkrácené větévky nesoucí jehnědy jsou dvakrát delší než u *Betula pendula*. Obvykle mají dva až devět listů (Szaferowa 1952). Typickou vlastností je tvorba kmenových výmladků a výskyt množství spících pupenů. Kořenové výmladky však netvoří.

Samčí jehnědy bývají obvykle po jedné až třech, při kvetení dosahují délky 2 – 5 cm. Na brachyblastech vyrůstají samičí jehnědy, které dosahují délky do 2 cm (Kříž 2003). Trojlaločné podpůrné šupiny jsou dlouhé cca 5 mm, zpravidla jsou širší než delší. Plodem je nažka, která je širší než u *Betula pendula*. Nažky jsou lemovány postranními křídélky 1,5 až 2krát širšími než průměrná nažka. Strom začíná obvykle plodit v mladém věku, někdy již od třetího roku. Jehnědy zůstávají na stromě, až do dalšího roku (Szaferowa 1952). To je jedním z důležitých rozpoznávacích znaků v mladém věku od *Betula pendula* v zimním období. Kvete od dubna do května, zároveň s rašením listů (Stazskiewicz 2013).

Betula oycoviensis má 28 chromozomů v genomu ($2n = 28$). Je považována za hybridní druh vzniklý křížením druhu bříza Szaferova (*Betula szaferi*), která se nachází jen na území Polska, a břízy bělokoré (*Betula pendula*), (Szaferowa 1967; Mrázek 2013). Řízené křížení *Betula oycoviensis* × *Betula oycoviensis* dalo vzniknout potomstvu tří typů: *verrucosa* (*pendula*), *oycoviensis* a „*nova*“. Typ „*nova*“ byl později nazván *Betula szaferi* (Szaferowa 1967). To je považováno za důkaz, že jedinci typu „*nova*“ (resp. *Betula szaferi*) a *Betula pendula* jsou rodiči druhu *Betula oycoviensis*. Kříženec (*Betula* „*nova*“) byl v roce 1967 objeven také ve volné přírodě (Stazskiewicz 1986), a to vždy poblíž jedince (jedinců) *Betula oycoviensis* (Korczyk 1967).

Vzhledem k obecně komplikované taxonomii rodu *Betula* je možné, že výše uvedené poznatky budou v budoucnu ve světle moderních genetických metod přehodnoceny. V prvé řadě je na místě otázka, zda břízu ojcovskou lze považovat za samostatný druh, nebo zda se jedná o některou jinou (nižší) taxonomickou jednotku (hybrid, poddruh, varieta, morfotyp). Velmi roztržitý areál výskytu je dále důvodem ke spekulacím ohledně původu tohoto taxonu. Teoreticky by se mohlo jednat o reliktní populace z původně hojnějšího výskytu, náhodné šíření na velké vzdálenosti z jednoho centra vzniku, antropogenní přenos (alespoň u některých lokalit), nezávislý vznik stejného druhu (hybridu) na více místech. Je také možné, že výskyt břízy ojcovské je výrazně hojnější, než se dosud předpokládá, pouze pro nenápadnost dosud unikala pozornosti. Na potvrzení dále čeká otázka, zda vůbec populace u Volyně je stejný taxon jako polské populace, případně zda se jedná o různé druhy (taxony), které si jsou jen morfologicky značně podobné.

Zejména s ohledem na nejasné taxonomické zařazení a fylogenetické okolnosti existuje motivace k podrobnějšímu výzkumu druhu břízy ojcovské. Zásadní věcí pro další studium je bezpečné rozpoznání *Betula oycoviensis* od druhu *Betula pendula* na základě morfologických znaků. Pro taxonomii a systematiku rostlin je jedním z důležitých rozlišovacích znaků tvar listů (Bell, Bryan 2008). Pro zhodnocení rozdílů ve tvaru listů jsou využívány klasické morfometrické metody (Viscosi, Cardini 2011). V taxonomii je důležité také sledování obrysů objektu nezávisle na velikosti zkoumaného objektu. S tímto přístupem pracuje geometrická morfologická analýza (geometrická morfometrika), která je založena na zjišťování relativních pozic anatomických bodů, které se mohou použít k proložení křivek a ploch (Jensen 2003). Rozdíly ve tvarech je možné vyjádřit graficky, a to jak pomocí konkrétních obrysů, tak pomocí grafického vyjádření vzájemných vztahů (Adams et al. 2004).

V taxonomii a dalších oblastech může být účelné společné využití genetických a morfologických studií k pochopení původu fenotypových rozdílů (Klingenberg 2010).

V této studii byla doplňkově použita metoda průtokové cytometrie ke stanovení velikosti genomu a hodnoty ploidie (Suda 2005; Doležel et al. 2007) s cílem zjistit případnou odlišnost velikosti genomu (hodnoty ploidie) břízy ojcovské v porovnání s břízou bělokorou. Velikost genomu je jeden ze znaků, který hraje důležitou roli při taxonomické identifikaci. Do budoucna se počítá také s analýzou mikrosatelitních oblastí DNA. Příspěvek k vyřešení uvedené problematiky se snaží výzkum, který v **současné době probíhá na Katedře pěstování lesů** (Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze).

Cílem příspěvku je prezentovat souhrn dosavadních výsledků studia populace břízy ojcovské na dosud jediném známém místě výskytu tohoto druhu v ČR v lokalitě Volyně u Výsluní v Krušných horách.

- Na základě morfometrické analýzy listů vybraných jedinců břízy ojcovské a břízy bělokoré určit znaky vhodné k rozlišování těchto dvou taxonů.
- Na základě cytometrické analýzy vybraných jedinců břízy ojcovské a břízy bělokoré porovnat velikost genomu těchto dvou taxonů.
- Na základě průzkumu stavu lokality a inventarizace populace břízy ojcovské posoudit rizika pro přežití populace a navrhnout vhodná managementová opatření k udržení a rozšiřování populace.

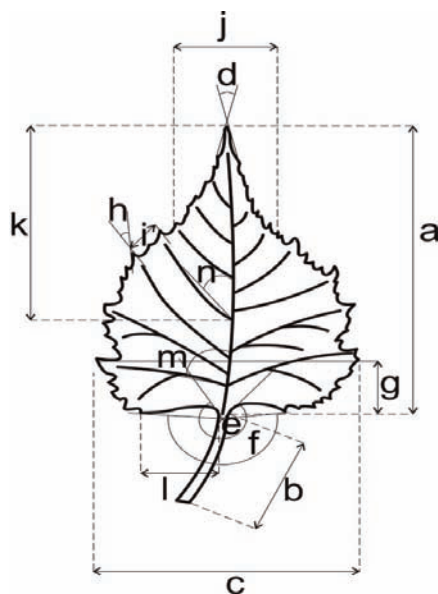
Materiál a metodika

Během léta 2013 proběhl terénní průzkum jediné známé lokality výskytu břízy ojcovské v ČR (Volyně u Výsluní, Krušné hory). Lokalita se nachází ve výšce cca 680–720 m n. m. a zahrnuje chudé pastviny, kamenitá lada a okraje lesa. Byla provedena podrobná inventarizace populace na území přírodní památky i v blízkém okolí. Celkem bylo podrobně inventarizováno 58 jedinců, které svými znaky odpovídají *Betula oycoviensis*. U každého stromu byly změřeny základní dendrometrické údaje (výška, výčetní tloušťka) a byl proveden popis vzhledu stromu a posouzena vitalita. Poloha každého jedince byla zaměřena přístrojem GPS. Dalších cca 10 jedinců nebylo vzhledem k nejednoznačné determinaci do inventarizace zařazeno. Celkový počet jedinců na dosud zmapovaném území na lokalitě Volyně lze tedy odhadnout cca na 70 ks, přičemž není vyloučeno, že při případném rozsáhlejší průzkumu budou v okolí nalezeni další jedinci.

Pro další analýzy byl vybrán vzorek z populace břízy ojcovské o velikosti 36 jedinců. Vybírání byli takoví jedinci, kteří se vyznačovali vzhledem typickým pro tento taxon. Dále byl vybrán srovnávací vzorek břízy bělokoré (17 jedinců). Z těchto jedinců byly odebrány vzorky větvíček pro morfometrické analýzy a genetické analýzy.

Část odebraných větvíček byla uložena do herbáře pro další zpracování prostřednictvím morfometrických analýz. Měřeny byly vždy dva listy z každé větvíčky, tj. čtyři listy z každého sledovaného stromu. Druhá část materiálu byla ještě v čerstvém stavu v laboratoři analyzována metodou průtokové cytometrie s cílem zjistit hodnotu ploidie (velikost genomu).

U každého listu bylo měřeno celkem 22 základních znaků (kvantitativních a kvalitativních). Měřené znaky jsou graficky znázorněny na obrázce 1. Uvedená metodika vychází z postupu použitého v práci Ešnerová et al. (2012).



Obr. 1: Znázornění jednotlivých sledovaných morfologických znaků na listech (podle Ešnerová et al. 2012)

Fig. 1: Depiction of observed morphological features on the leaves (according to Ešnerová et al. 2012)

Výčet sledovaných morfologických znaků, jejich označení na obrázce 1 a označení v analýze hlavních komponent: a – délka listové čepele (del_cep); b – délka řapíku (del_rap); c – šířka listové čepele (sir_cep); d – úhel špičky listové čepele (uh_sp_l); e – úhel na nasazení listové čepele (uhe_baz); f – úhel báze listu (uh_1zub); g – vzdálenost nejširšího místa čepele od báze (vz_sir_b); h – úhel vroubení listu (uh_vr_l); i – vzdálenost mezi žilkami (vzd_zub); j – šířka listové čepele v horní 1/4 (LTW); k – vzdálenost 4. žilky od špičky listu (vz_4z-ce); l – vzdálenost 1. zoubku od báze čepele (DFT); m – úhel 1. žilky (uh_1zil); n – úhel 4. žilky (uh_4zil).

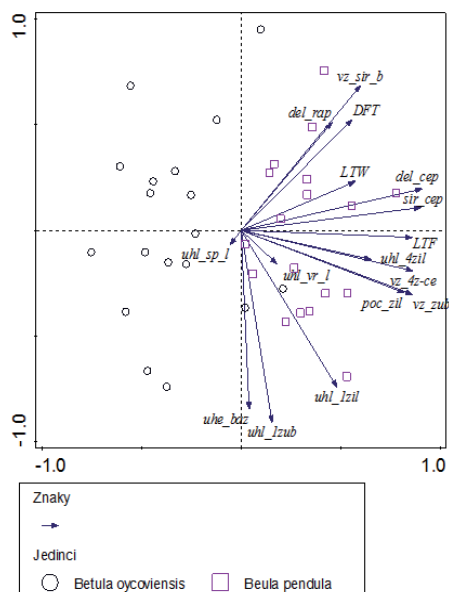
Výčet sledovaných kvalitativních znaků: počet zoubků mezi 3. a 4. žilkou (LTF); počet postranních žilek (poc_zil); chlupatost lícové strany (5bodová stupnice); chlupatost rubové strany (7bodová stupnice); uspořádání žilek; symetrie báze listu; tvar báze; typ pilování (4bodová stupnice).

Měřené znaky byly vybrány s ohledem na výstupy jiných autorů (např. Gill, Davy 1983). Geometrické znaky na listech byly měřeny pravítkem a úhломěrem. Chlupatost byla stanovena pod binolupou. Naměřené hodnoty byly dále zpracovány v programu R (R Development Core Team 2011). Výsledky cytometrické analýzy stanoveny pomocí Mann-Whitneyova testu (U-test). Pro hodnoty, které nabývají pouze dvou alternativních hodnot, byl použit neparametrický Fisherův přímý exaktní test. Pro data v kontingenční tabulce (znaky hodnocené stupnicí) byl použit test nezávislosti χ^2 (Chí kvadrát test). Analýza hlavních komponent PCA (nepřímá lineární metoda) byla provedena v programu CANOCO for Windows 5 (Ter Braak, Šmilauer 2002).

Výsledky a diskuse

Podrobným průzkumem lokality u Volyně bylo nalezeno celkem cca 70 jedinců břízy ojcovské, přičemž je pravděpodobné, že při dalším průzkumu v okolí budou ještě další jedinci nalezeni. Oproti dosavadním údajům (Ondráček 2008) bylo nalezeno cca 40 nových jedinců. Většina jedinců je v relativně dobrém zdravotním stavu a nehrozí jim akutní ohrožení. Kvůli nevhodnému stavu povrchu půdy (hustý travní drn) se na lokalitě prakticky nevyskytuje přirozené obnova břízy ojcovské.

U všech zkoumaných jedinců byla na základě naměřených morfologických dat provedena analýza hlavních komponent PCA, která zahrnuje 16 měřených kvantitativních znaků. Do této analýzy nebyly zahrnuty čtyři kvalitativní znaky a dále chlupatost lící a rubové strany listu.



Obr. 2: Analýza hlavních komponent PCA

Fig. 2: Principal component analysis

Z obrázku 2 je patrné, že existují rozdíly mezi taxony *Betula oycoviensis* a *Betula pendula*. Naměřené hodnoty *Betula oycoviensis* jsou výrazně nižší než u *Betula pendula*, která na sebe váže téměř většinu analyzovaných hodnot. Mezi průkazné hodnoty patří: délka čepele, šířka čepele, úhel 1. zoubku, úhel báze listu, vzdálenost nejširšího místa čepele od báze, vzdálenost mezi žilkami, šířka listové čepele v horní 1/4, vzdálenost 4. žilky od špičky čepele, vzdálenost prvního zoubku od báze čepele, úhel 1. žilky, úhel 4. žilky, počet zubů mezi 3. a 4. žilkou, počet postranních žilek.

Tabulka 1: Průměrné hodnoty měřených znaků pro *Betula oycoviensis* (O) a *Betula pendula* (P) a výsledky T-testu (T) a Wilcoxonova testu (W)

Table 1: Mean values of investigated features for *Betula oycoviensis* (O) and *Betula pendula* (P) and the results of T-test (T) and Wilcoxon test (W)

Kód ¹	Znak ²	Průměr (O) ³	Průměr (P) ⁴	Významnost ⁵
Kvantitativní znaky ⁶				
1	Délka čepele [mm]	31,37	42,66	***
2	Šířka čepele [mm]	24,69	32,86	***
3	Délka řapíku [mm]	12,53	14,46	*
4	Nejširší místo báze [mm]	11,58	13,87	***
5	Počet žilek	4,16	5,53	***
6	Vzdálenost mezi 3. a 4. žilkou [mm]	3,47	5,61	***
7	Počet zubů mezi 3. a 4. žilkou	0,43	1,43	***
8	Šířka čepele listu v horní 1/4 listu [mm]	8,4	10,58	***
9	Vzdálenost 1. zoubku od báze čepele [mm]	11,31	14,03	***
10	Úhel báze k 1. zoubku [°]	302,94	311,41	*
11	Úhel 1. žilky [°]	48,43	52,68	**
12	Úhel 4. žilky [°]	27,21	34,81	**
13	Vzdálenost 4. žilky [mm]	8,31	19,91	***
16	Úhel nasazení listu [°]	303,39	311,06	ns.
17	Úhel špičky čepele [°]	31,57	29,73	ns.
18	Úhel listové čepele [°]	35,5	35,9	ns.
19	Odění lícové strany	5	5	ns.
20	Odění rubové strany	7	7	ns.
Kvalitativní znaky ⁷				
14	Tvar báze			*
15	Typ pilování			***
21	Uspořádání žilek (párové × nepárové)			ns.
22	Symetrie báze (symetrická × asymetrická)			ns.

Poznámka – Notes: ¹Code, ²Feature, ³Mean value (*Betula oycoviensis*), ⁴Mean value (*Betula pendula*), ⁵Significance, ⁶Quantitative features: (1 – Blade length, 2 – Blade width, 3 – Petiole length, 4 – The widest part of blade, 5 – Number of major veins, 6 – Distance between third and fourth vein, 7 – Number of teeth between the third and the fourth vein, 8 – Blade width in the upper 1/4, 9 – Distance from the leaf base to the first tooth edge, 10 – Basal angle (to first tooth), 11 – Angle between the first vein and midrib, 12 – Angle between the fourth vein and midrib, 13 – Distance from the fourth vein to the tip, 16 – Angle of blade fitting, 17 – Angle of blade tip, 18 – Angle of leaf blade, 19 – Hairiness of a front blade side, 20 – Hairiness of a reverse blade side), ⁷Qualitative features: (14 – Base shape, 15 – Type of serration, 21 – Order of veins (paired x non paired), 22 – Base symmetry (symmetry x asymmetry)).

Počet měřených jedinců – number of measured trees: *Betula oycoviensis*: 36 ks (pcs), *Betula pendula*: 17 ks (pcs).

Hodnoty významnosti p – p-significance levels: *** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05; ns. – nesignifikanční výsledek – non-significant.

Pro rozlišování druhů *Betula pendula* a *Betula oycoviensis* metoda klasické morfometrie, podle které lze pomocí morfologických znaků na listech vcelku jednoznačně přislušný druh určit, ukázala jako poměrně účinná. Pro praktické určování je důležité zvolit takové znaky, které mají jednak dostatečnou rozlišovací schopnost a jednak jsou snadno zjistitelné (pozorovatelné). Celkem bylo sledováno 22 znaků, přičemž více než polovina znaků bylo statisticky významných. Důležitý znak, který se objevuje v určovacích klíčích pro rozeznávání již zmiňovaných bříz, je délka řapíku (Kříž 2003; Staszkievicz 2013). Přestože tento znak byl statisticky významný (p = 0,016), byly pozorovány jiné znaky, u kterých byla průkaznost značně vyšší (viz níže). Druhým často uváděným znakem je počet

postranních žilek (Kříž 2003; Seneta, Dolatowski 1997), který se i v této práci ukázal jako statisticky významný, a to dokonce na hladině $\alpha = 0,001$. Dalšími uváděnými znaky v rozlišovacích klíčích jsou délka a šířka listové čepele (Staszkiwicz 2013). Tyto znaky jsou opět analyzovány jako statisticky významné, a to na hladině významnosti $\alpha = 0,001$.

Během terénního průzkumu bylo zjištěno, že existují jedinci, u kterých se v rámci jednoho stromu vyskytují znaky typické pro břízu bělokorou (převíslé větve, větší listy) a zároveň znaky, které jsou považované za typické pro břízu ojcovskou (pokřivené a husté větvení, spící pupeny, kmenové výmladky, menší listy). Vysvětlení tohoto jevu bude náplní dalšího studia.

U vybraných jedinců byly provedeny genetické analýzy metodou průtokové cytometrie. Hodnoty ploidie *Betula oycoviensis* a *Betula pendula* jsou mírně odlišné, ovšem rozdíl není statisticky průkazný, byť je na hranici významnosti ($p = 0,066$).

Ačkoliv počet jedinců břízy ojcovské na lokalitě u Volyně je zřejmě výrazně vyšší, než se dosud udávalo, stále se jedná o velmi malou populaci, unikátní v rámci ČR. Ohrožení některých jedinců spočívá v hustším zápoji okolních dřevin. Místy bude žádoucí pěstebními zásahy zápoj uvolnit.

Vzhledem k pravděpodobnému výskytu jedinců břízy ojcovské také mimo bezprostřední okolí přírodní památky, existuje riziko odstranění jedinců během výchovných těžeb. Je proto žádoucí, aby pracovníci provádějící těžbu a další pracovníci byli poučeni, jak jedince břízy ojcovské bezpečně poznat od klasické břízy bělokoré. Pro zlepšení podmínek pro přirozené zmlazení je možné provést pomístní přípravu půdy stržením drnu.

Do budoucna je žádoucí vyvinout metody množení, ať již generativní, nebo vegetativní (mimo jiné také *in vitro*). Ověřovací zkoušky v současné době probíhají na Výzkumné stanici Truba u Kostelce nad Černými lesy (Katedra pěstování lesů FLD ČZU v Praze). Dle orientačních zkoušek klíčivosti má osivo relativně dobrou klíčivost. Dále byly provedeny výsevy osiva, opět s relativně dobrým výsledkem – bylo získáno až několik set semenáčků. Je ovšem otázka, zda semenáčky budou mít fenotypové vlastnosti *B. oycoviensis*, případně zda se bude jednat o křížence s *B. pendula* a fenotypové vlastnosti budou odlišné (pravděpodobně blízké *B. pendula*). To bude zřejmé až za několik let, až semenáčky dostatečně vyspějí a bude možné na nich hodnotit fenotypové znaky.

Dále (opět v prostorách stanice Truba) probíhá zjišťování možností vegetativního množení *in vitro*. K pěstování byly použity na jaře (2013) odebrané, ještě nevyrašené pupeny. Byla zaznamenána relativně úspěšná ujmavost (cca 30 %), následně ovšem většina jedinců se začala vyvíjet v květy a následně uhynula. Pouze zhruba 10 % jedinců prorostlo v normálně se vyvíjející rostlinu. V současné době (květen 2014) je již jedna rostlina přesazena do běžného půdního substrátu a dosahuje velikosti cca 30 cm. V dostupné literatuře nebyla nalezena žádná zmínka o pěstování *Betula oycoviensis* v *in vitro* kultuře. Minimálně v rámci ČR se tedy zřejmě jedná o unikátní aktivitu.

Závěr

Příspěvek se zabývá výzkumem břízy ojcovské (*Betula oycoviensis* Besser) na území přírodní památky „Lokalita břízy ojcovské u Volyně“. Výsledky ukazují, že lze poměrně spolehlivě pomocí vybraných morfologických znaků na listech odlišit zástupce druhu *Betula pendula* a *Betula oycoviensis*. Výsledky cytometrické analýzy rozdílnost ploidie sice neprokázaly, výsledek byl však téměř na hranici statistické průkaznosti.

Při terénním průzkumu bylo sice nalezeno celkem cca 70 jedinců, oproti dosud uváděným 23 jedincům. Přesto lze břízu ojcovskou považovat za značně ohrožený taxon, kterému je proto žádoucí věnovat zvýšenou péči a zajistit ochranu stávající populace a do budoucna podpořit rozšiřování její početnosti (přirozená nebo umělá obnova, případně generativní množení). Lesnický význam břízy ojcovské je prakticky nulový, ale vzhledem ke svému zajímavému habitu má nezanedbatelný potenciál v okrasném sadovnictví. Studium břízy ojcovské může přispět k poznání komplikované taxonomie celého rodu *Betula*.

Poděkování:

Vznik článku byl podpořen grantovými projekty: IGA FLD ČZU v Praze č. 20134364, CIGA ČZU v Praze č. 20124304, MZe ČR – NAZV č. QJ1220331.

Literatura

- Adams, D. C., Slice, D. E., Rohlf, F. J., 2004: Geometric morphometrics. Ten years progress following the 'revolution'. Italian Journal of Zoology, **71**(1): 5–16.
- Bell, A., Bryan, A., 2008: Plant Form: An Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology. London, Timber Press, 432 p.
- Berndt, J., 1979: Brzozy: *Betula* L. Poznań, Państwowe wydawnictwo naukowe, 388 p.
- Doležel, J., Greilhuber, J., Suda, J. (eds.) 2007: Flow cytometry with plant cells: analysis of genes, chromosomes and genomes. Weinheim, Wiley-VCH Verlag, 454 p.
- Ešnerová, J., Karlík, P., Zahradník, D., Koňasová, T., Stejskal, J., Baláš, M., Vítámvás, J., Rašáková, N., Stacho, J., Kuthan, J., Lukášová, M., Kuneš, I., 2012: Morfologická variabilita rodu bříza (*Betula* L.) v Krkonoších se zaměřením na tetraploidní zástupce. Zprávy lesnického výzkumu, **57**(2): 112–125.
- Gill, A., Davy, A. J., 1983: Variation and polyploidy within lowland populations of the *Betula pendula*/*Betula pubescens* complex. New Phytologist, **94**(3): 433–451.
- Jensen, R. J., 2003: The conundrum of morphometrics. Taxon, **52**(4): 663–671.
- Klingenberg, C. P., 2010: Evolution and development of shape: integrating quantitative approaches. Nature Reviews Genetics, **11**(9): 623–635.
- Korczyk, A., 1967: Brzoza oycowska (*Betula oycoviensis* Besser.) w Dolinie Kobylanskiej. Fragment Flora Geobotany, **13**: 493–497.
- Krzaczek, W., Krzaczek, T., 1968: New locality of *Betula oycoviensis* Bess. Polish Fragmenta Floristica et Geobotanica, **14**(2): 155–156.
- Kříž, Z., 2003: *Betula* L. – bříza. In: Hejný, S., Slavík, B., (eds.): *Květena České republiky, část II*. Praha, Academia, s. 35–46.
- Mrázek, T., 2013: *Betula oycoviensis* Besser – bříza ojcovská. Dostupné na internete: <<http://botany.cz/cs/betula-oycoviensis>>, [cit. 24-01-2014].
- Ondráček, Č., 2008: Plán péče o přírodní památku – Lokalita břízy ojcovské u Volyně na období 2008–2017, 15 p.
- Dostupné na internete: <www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1647628>, [cit. 15-04-2014].

- Seneta, W., Dolatowski, J., 1997: Dendrologia. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 559 p.
- Staskiewicz, J., 1986: *Betula szaferi* – a new species of the genus *Betula* L. from Poland. Acta societatis Botanicorum Polaniae, **55**(3): 361–366.
- Staszkiewicz, J., 2013: Brzoza ojcowaska – *Betula* × *oycoviensis* Besser. (*B. pendula* var. *oycoviensis* Dippel) syn. *Betula pendula* ssp. *oycoviensis* (Besser). Dostupné na internete: <<http://www.brzozanaskielku.republika.pl>>, [cit. 27-02-2013].
- Suda, J., 2005: Co se skrývá za rostlinnou průtokovou cytometrií. Živa, **53**(1): 46–48.
- ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., 2002: **CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)**. New York, Microcomputer Power, Ithaca, 500 p.
- Úradníček, L., Maděra, P., Tichá, S., Koblížek, J., 2009: **Dřeviny České republiky. 2., přepracované vydání**, 368 p.
- Veselý, J., 1969: O ochraně bříz. Ochrana přírody, **24**: 9–10.
- Viscosi, V., Cardini, A., 2011: Leaf Morphology. Taxonomy and Geometric Morphometrics: A Simplified Protocol for Beginners, PLoS ONE, **6**(10): e25630, ISSN 1932-6203.

SEZÓNÍ ZMĚNY FLUORESCENCE CHLOROFYLU VEGETATIVNĚ A GENERATIVNĚ MNOŽENÉHO SADEBNÍHO MATERIÁLU SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) V KLIMATICKY ATYPICKÉ ZIMĚ 2013/2014

Seasonal changes of chlorophyll fluorescence in vegetatively and generatively propagated plants
of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in atypical winter 2013/2014

Jarmila Martincová, Ondřej Špulák, Jan Leugner

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, CZ – 517 73 Opočno,
e-mail: martincova@vulhmop.cz, spulak@vulhmop.cz, leugner@vulhmop.cz,

Abstract

Chlorophyll fluorescence were measured in transplants, seedlings and rooted cuttings since January to March in relation to seasonal course of mean and minimal daily temperatures. Thanks to the warm early winter in relatively high values of F_v/F_m were observed in January 2014 in all assessed treatments. Chlorophyll fluorescence was related mainly to the average temperature during the two days preceding the measurement, minimum temperature one day before the measurement and by the day of the year. There was no clear effect of plant origin and method of cultivation on the dynamics of chlorophyll a fluorescence. Significant differences emerged only after frosts and during the subsequent recovery when generative propagated plants and from rooted cuttings progeny of individuals with medium intensity juvenile growth showed the highest values of F_v/F_m .

Keywords: Norway spruce, chlorophyll fluorescence, relation to temperature, generatively and vegetatively propagated plants

Abstrakt

U sazenic, semenáčků a řízkovanců smrku ztepilého byly v lednu až březnu hodnoceny změny fluorescence chlorofylu v souvislosti s průběhem průměrných a minimálních denních teplot. Díky teplému začátku zimy byly v lednu 2014 pozorovány relativně vysoké hodnoty F_v/F_m u všech sledovaných variant. K jejich výraznému snížení došlo po období silných mrazů na konci ledna. Fluorescence chlorofylu korelovala především s průměrnou teplotou během dvou dnů předcházejících měření, minimální teplotou jednoho dne před měřením a dnem v roce. Nebyl zjištěn jednoznačný vliv původu a způsobu pěstování na dynamiku fluorescence chlorofylu. Průkazné rozdíly se objevily pouze po mrazech a během následné regenerace, kdy vykazovaly nejvyšší hodnoty F_v/F_m generativně množené sazenice a z řízkovanců potomstva jedinců se střední intenzitou juvenilního růstu.

Klíčová slova: smrku ztepilý, fluorescence chlorofylu, vztah k teplotě, generativně a vegetativně množené sazenice

Úvod a problematika

Při pěstování sadebního materiálu je velmi důležitá znalost aktuálního fyziologického stavu sazenic. Ve fyziologickém a ekologickém výzkumu se často využívá měření různých parametrů fluorescence chlorofylu *a*, které údaje o stavu asimilačního aparátu rostlin (Ritchie, Landis 2005). Významný je zejména vztah sledovaných charakteristik k vitalitě asimilačního aparátu a k fotosyntéze (Maxwell, Johnson 2000).

Metoda měření fluorescence chlorofylu *a* se uplatňuje především tam, kde jsou požadována opakovaná nedestruktivní hodnocení stejného rostlinného materiálu (Mohammed et al. 1995). Tato metoda může poskytnout zejména údaje o schopnosti rostlin tolerovat stresy prostředí a o rozsahu, v jakém tyto stresy poškozují fotosyntetický aparát (Maxwell, Johnson 2000).

Fotosyntéza a fluorescence chlorofylu *a*, podobně jako řada dalších fyziologických procesů, vykazují značnou sezónní dynamiku. U dormantních rostlin jsou redukovány v souvislosti se zvýšením schopnosti rostlin překonat vlivy nepříznivých klimatických v zimním období.

Sezónní dynamika fluorescence chlorofylu se vyznačuje výrazným poklesem většiny parametrů v době nástupu dormance v porovnání s obdobím aktivního růstu. Na jaře, v souvislosti s obnovou fotosyntetické aktivity, se fluorescence chlorofylu výrazně zvyšuje (Hawkins, Lister 1985; Repo et al. 2004).

Intenzita (hloubka) dormance je ovlivňována genetickými dispozicemi, průběhem klimatických podmínek i způsobem pěstování ve školce. Rozdíly v hloubce dormance byly pozorovány i mezi generativně a vegetativně množným sadebním materiálem (Fennessy et al. 2000).

Následující příspěvek se zabývá hodnocením fluorescence chlorofylu *a* v druhé polovině letošní velmi teplé zimy a sledováním rozdílů mezi řízkovanci pocházejícími ze smrků tříděných ve stádiu semenáčků podle různé intenzity růstu a sazenicemi smrku ztepilého generativního původu.

Materiál a metody

Klimatické podmínky

Pro hodnocení klimatických podmínek jsou použity údaje z automatické meteorologické stanice (NOEL 2000, výrobce Ing. Libor Daneš (ČR)) umístěné v objektu výzkumné stanice v bezprostřední blízkosti pokusných záhonů. Pro sledování vztahu mezi meteorologickými podmínkami a fluorescencí chlorofylu byly použity průměrné a minimální denní teploty vzduchu vypočítané z údajů měřených v hodinových intervalech ve výšce 200 a 30 cm nad zemí.

Sadební materiál

Pro hodnocení dynamiky fluorescence chlorofylu byly použity čtyřleté řízkovance smrku ztepilého původem z výzkumné plochy Svorová hora v Krkonoších. Tato výzkumná plocha byla založena v roce 2004 specificky pěstovaným sadebním materiálem smrku ztepilého z 8. lvs (B-SM-798-22-8-TU), který byl před školkováním roztríděn do 6 výškových tříd včetně nejmenších semenáčků. Ze všech původních velikostních kategorií byly odebrá-

ny řízků a dopěstován sadební materiál. Fluorescence chlorofylu byla hodnocena u tří kategorií (původních velikostí semenáčků): menší než 5 cm, 5 – 10 cm a větší než 25 cm (tab. 1). Jako generativně množený sadební materiál byly použity čtyřleté sazenice smrku ztepilého krkonošského původu (CZ -2-2A-SM-3044-22-8-H). Pro srovnání vlivu mikroklimatických podmínek byla fluorescence chlorofylu měřena i u dvouletých semenáčků smrku stejného původu jako generativně množené sazenice umístěných v prostoru konstrukce fóliového krytu zakryté pouze stínící textilií. Popis variant je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Popis a označení variant sadebního materiálu

Table 1: Description and identification of the treatments (planting stock)

Typ ¹	Označení ²		Poznámka ³
Řízkovance (potomstva z velikostních kategorií semenáčků) ⁴	< 5 cm	5–	velikostní kategorie představuje velikost semenáčků před školkováním ⁵
	10 – 15 cm	10–15	
	> 25 cm	25+	
Sazenice ⁶		s	sazenice na venkovním záhonu ⁷
Semenáčky fólník ⁸		f	fólník zakryt podkasanou stínovkou ⁹

¹Kind of plants, ²Mark, ³Note, ⁴Rooted cuttings (progeny of size category of seedling), ⁵Size category means the size of seedlings before transplanting, ⁶Transplants, ⁷Transplants on the outdoor bed, ⁸Seedlings from greenhouse, ⁹Greenhouse covered only by shading net

Měření fluorescence chlorofylu

Měření fluorescence chlorofylu bylo realizováno v období od 22. ledna do 4. dubna 2014 v jedno až dvoutýdenních intervalech. Měření bylo prováděno na 6 jedincích z každé varianty, z každého jedince byly měřeny minimálně 2 jehlice (tzn. dvě opakování).

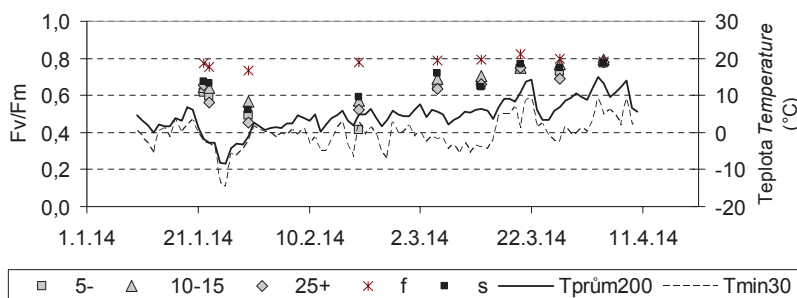
Fluorescence chlorofylu byla měřena přístrojem Imaging-PAM 2000 (výrobce Heinz Walz GmbH). U jehlic adaptovaných na tmu byly měřeny hodnoty F_0 (minimální fluorescence při všech reakčních centrech fotosystému II otevřených) a F_m (maximální fluorescence vzorku adaptovaného na tmu – všechna reakční centra uzavřena, fotochemické procesy ještě nejsou aktivovány). Z nich byla počítána hodnota $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ (maximální výtěžek fluorescence vzorku adaptovaného na tmu). Pro tato měření bylo aplikováno měřící světlo intenzity $3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a saturační impuls intenzity $2400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ v délce 800 ms.

Statistické hodnocení

Průkaznost rozdílů mezi jednotlivými variantami byla hodnocena analýzou variance s následným testováním rozdílů průměrů Tukey testem, vztahy mezi charakteristikami průběhu počasí (teplota) a fluorescencí chlorofylu byly hodnoceny pomocí lineární regrese. Testy byly považovány za průkazné, jestliže $\alpha \leq 0,05$.

Výsledky a diskuse

Na obrázce 1 je znázorněn maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu F_v/F_m zároveň s průběhem průměrných a minimálních denních teplot.



Obr. 1: Sezónní změny maximálního kvantového výtěžku fluorescence F_v/F_m v souvislosti s průběhem teplot. Označení variant viz tabulka 1, $T_{prům200}$ = průměrná denní teplota ve výšce 200 cm nad zemí, T_{min30} = minimální denní teplota ve výšce 30 cm nad zemí

Fig. 1: Seasonal changes of maximal quantum yield of fluorescence F_v/F_m in relation to course of temperature. Marking of variants see Table 1, $T_{prům200}$ = mean daily temperature in 200 cm above the ground, T_{min30} = minimum daily temperature at a height of 30 cm above the ground

V prvním termínu měření (22. 1. 2014) byly pozorovány na zimu relativně vysoké hodnoty F_v/F_m (vyšší než 0,6) související zřejmě s mimořádně teplou zimou v tomto roce. Po prudkém poklesu teploty ve dnech 25. až 27. ledna došlo k výraznému snížení hodnot F_v/F_m . Hodnoty F_v/F_m nižší než 0,6 byly pozorovány ještě 3 týdny po přechodu mrazů, zvýšení nad hodnoty z počátku měření bylo zaznamenáno až na začátku března (5 týdnů po přechodu mrazů). Se stoupající teplotou se po 20. březnu hodnoty F_v/F_m zvýšily nad hranici 0,74, která je považována za spodní limit fluorescence pro aktivní nestresované sazenice (Lichtenthaler et al. 2005). V tomto období tedy lze předpokládat úplné uvolnění dormance a začátek růstové aktivity. Pozorovatelné zvětšování pupenů se u hodnocených sazenic začalo objevovat v první dubnové dekádě. Pozorovaný průběh odpovídá údajům uváděným v literatuře. Robakowski (2005b) popisuje zvyšování poměru F_v/F_m u smrku ztepilého z hodnot 0,58 v únoru na téměř 0,8 v dubnu. Yatsko et al. (2011) uvádějí u smrku ztepilého v zimním období hodnoty F_v/F_m 0,45 až 0,50, v květnu po obnovení fotochemické aktivity pak hodnoty 0,72 až 0,77.

U semenáčků smrku umístěných pod stínící textilí (varianta „f“) byly po celou dobu měření pozorovány vyšší hodnoty F_v/F_m než u ostatních variant umístěných na nechráněných záhonech. Zřetelný je zejména rozdíl v nejchladnějším období, kdy byl pokles F_v/F_m v souvislosti se silnějšími mrazy u varianty „f“ minimální. Vyšší hodnoty parametru fluorescence chlorofylu F_v/F_m v celém měřeném období lze částečně přičítat sníženému přístupu světla. Vyšší hodnoty F_v/F_m v zimním období u stíněných semenáčků smrku v porovnání se semenáčky pěstovanými na plném slunci uvádí například Robakowski (2005a). Stínící textilie vytvářela příznivější klimatické podmínky a chránila semenáčky před silnějším mrazem. Rovněž po působení mrazů snižuje zastínění intenzitu poškození asimilačního aparátu (Langvall, Orlander 2001).

Vztah mezi jednotlivými vybranými charakteristikami času (den v roce) a teplotou a hodnotami maximálního kvantového výtěžku fluorescence chlorofylu F_v/F_m byl hodnocen pomocí lineární regrese (tab. 2).

Tabulka 2: Regresní koeficienty vyjadřující vztah mezi jednotlivými vybranými charakteristikami teploty vzduchu (minimální a průměrnou ve dnech předcházejících měření) a parametrem fluorescence chlorofylu F_v/F_m **Table 2:** Regression coefficients expressing the relationship between the minimum and average air temperature in the days preceding the measurement and chlorophyll fluorescence parameter F_v/F_m

Parametr ¹	Řízkovance ²			Sazenice ³	Semenáčky ⁴
	5-	10–15	25+	s	f
Den v roce ⁵	0,421	0,659	0,512	0,402	0,437
T30 min ⁰	—	—	—	—	—
T30 min ⁻¹	0,584	0,517	0,636	0,565	—
T30 min ⁻²	—	—	0,470	0,509	—
T30 min ⁻³	—	—	—	—	—
T200 prům ⁻¹	0,533	0,697	0,728	0,572	0,394
T200 prům ⁻²	0,448	0,487	0,764	0,568	0,417
T200 prům ⁻³	—	—	0,435	0,501	—

¹Parameter, ²Rooted cuttings, ³Transplants, ⁴Seedlings, ⁵Day in year

Vysvětlivky - Explanatory notes: Den v roce znamená pořadí dne od 1. 1. 2014, T30 min je minimální denní teplota ve výšce 30 cm nad zemí, T200 prům je průměrná denní teplota ve 200 cm, indexy znamenají dny počítané ode dne měření (0 = den měření), — představuje neprůkazný vztah – Den v roce is the order of the day from January 1st 2014, T30 min is the minimum daily temperature at a height of 30 cm above the ground, T200 prům is the average daily temperature in a 200 cm, superscripts indicate days of the date of measurement (0 = day of measurement), — represents an insignificant relationship

Z uvedených údajů je patrné, že hodnoty F_v/F_m reagovaly především na průměrnou teplotu během dvou dnů předcházejících měření a na minimální teplotu dne před měřením. Těsnou korelaci mezi fluorescencí chlorofylu a světelnými a teplotními podmínkami v období předcházejícím měření pozorovali Bolhar-Nordenkamp, Lechner (1988). Bergh, Linder (1999) uvádějí, že časový průběh jarní obnovy fotosyntetické kapacity smrku ztepilého byl ovlivňován především průměrnou teplotou vzduchu a přítomností silných nočních mrazů. Časovou shodu mezi obnovou fotosyntézy po zimě (hodnocenou jako vzestup F_v/F_m) a zvyšující se denní maximální a minimální teplotou u jednoletých semenáčků smrku ztepilého popisují i Strand, Lundmark (1995).

Skutečnost, že u semenáčků pod stínicí textilíi nebyl pozorován významný vztah fluorescence chlorofylu k minimálním denním teplotám, potvrzuje ochrannou funkci stínovky před ranními mrazy. Významným faktorem ovlivňujícím průběh fyziologické aktivity asimilačního aparátu byl i den v roce, protože s postupným splňováním požadavků rostlin na vystavení chladnému období se snižuje i hloubka dormance (Burr 1990).

Jedním z cílů pokus bylo zjistit, zda se liší průběh dormance a u běžných sazenic a řízkovanců smrku ztepilého a jestli existují rozdíly mezi potomstvy smrků vyznačujících se různou intenzitou juvenilního růstu.

Fennesy et al. (2000) popisují u smrku sitky v listopadu menší odolnost ke stresům a intenzitu dormance u řízkovanců v porovnání s generativně množenými semenáčky. Westin et al. (1995) pozorovali rozdíly mezi různě rychle rostoucími klony smrku v F_v/F_m po mrazení při teplotě nižší než 10 °C, což ukazuje na klonové rozdíly v odolnosti k mrazu a jejím vývoji. Menší jedinci (klony) měly ve věku 11 let značně nižší odolnost k mrazu než klony, které dosáhly dvojnásobné velikosti.

V našich měřeních naproti tomu nebyl jednoznačný vliv původu a způsobu pěstování na dynamiku fluorescence chlorofylu pozorován (tab. 3). Průkazné rozdíly se objevily pouze po mrazech a během následné regenerace, kdy vykazovaly nejvyšší hodnoty F_v/F_m gene-

Tabulka 3: Porovnání hodnot F_v/F_m v jednotlivých termínech měření (ANOVA a Tukey test)**Table 3:** Comparison of the F_v/F_m in individual dates of measurements (ANOVA and Tukey test)

Varianta ¹		22.1.		23.1.		30.1.		19.2.		5.3.		13.3.		20.3.		27.3.		10.4.	
5-	Průměr ²	0.616	a	0.598	ab	0.481	a	0.416	a	0.644	a	0.654	a	0.743	a	0.731	a	0.775	a
	sm. odch.	0.086		0.061		0.055		0.078		0.042		0.070		0.034		0.042		0.036	
10–15	Průměr ²	0.644	a	0.643	ab	0.575	b	0.569	b	0.691	ab	0.706	a	0.749	a	0.766	a	0.794	a
	sm. odch.	0.043		0.053		0.065		0.087		0.042		0.052		0.027		0.023		0.009	
25+	Průměr ²	0.655	a	0.568	a	0.458	a	0.521	ab	0.633	a	0.658	a	0.747	a	0.709	a	0.781	a
	sm. odch.	0.033		0.036		0.046		0.054		0.046		0.068		0.031		0.096		0.035	
s	Průměr ²	0.674	a	0.664	b	0.524	ab	0.590	b	0.719	b	0.645	a	0.769	a	0.751	a	0.773	a
	sm. odch.	0.055		0.053		0.028		0.032		0.036		0.048		0.016		0.023		0.026	

¹ Variant, ² Mean, sm. odch. = standard deviation

Poznámka – Note: Rozdílná písmena ve sloupcích značí příslušnost k odlišné skupině statistické homogeneity – Different letters in columns show different groups of statistical homogeneity

rativně množené sazenice a rizikovance varianty 10 – 15, tedy potomstva jedinců se střední intenzitou juvenilního růstu.

Závěr

Hodnocení sezónních změn fluorescence chlorofylu smrku ztepilého přineslo následující poznatky:

- Díky teplému začátku zimy byly v lednu 2014 pozorovány relativně vysoké hodnoty F_v/F_m u všech sledovaných variant.
- K výraznému snížení hodnot F_v/F_m došlo po období silných mrazů na konci ledna. Výraznější zvýšení bylo zaznamenáno až na začátku března, hodnoty signalizující aktivní nestresované sazenice byly dosaženy po 20. březnu.
- Fluorescence chlorofylu korelovala především s průměrnou teplotou během dvou dnů předcházejících měření, minimální teplotou jednoho dne před měřením a dnem v roce.
- Nebyl zjištěn jednoznačný vliv původu a způsobu pěstování na dynamiku fluorescence chlorofylu. Průkazné rozdíly se objevily pouze po mrazech a během následné regenerace, kdy vykazovaly nejvyšší hodnoty F_v/F_m generativně množené sazenice a z rizikovanců potomstva jedinců se střední intenzitou juvenilního růstu.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci projektu NAZV QI112A170 „Možnosti cíleného pěstování a využití geneticky hodnotných částí populací sadebního materiálu smrku ztepilého s klimaxovou strategií růstu pro horské oblasti“ a výzkumného záměru MZe 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

Literatura

- Bergh, J., Linder, S., 1999: Effects of soil warming during spring on photosynthetic recovery in boreal Norway spruce stands. *Global Change Biology*, 5(3): 245–253.
- Burr, K. E., 1990: The target seedling concepts: Bud dormancy and cold-hardiness. In: Rose, R., Campbell, S. J., Landis, T. D. (eds.): *Target Seedling Symposium*: Proc. Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc. August 13–17, 1990. Gen. Techn. Rep. RM-200. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat, p. 79–90.

- Bolhar-Nordenkamp, H. R., Lechner, E. G., 1988: Temperature and light dependent modifications of chlorophyll fluorescence kinetics in spruce needles during winter. *Photosynthesis Research*, **18**(3): 287–298.
- Fennessy, J., O'Reilly, C., Harper, C. P., Thompson, D., 2000: The morphology and seasonal changes in cold hardiness, dormancy intensity and root growth potential of rooted cuttings of Sitka spruce. *Forestry-Oxford*, **73**(5): 489–497.
- Hawkins, C. D. B., Lister, G. R., 1985: In vivo chlorophyll fluorescence as a possible indicator of the dormancy stage in Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, **15**(4): 607–612.
- Langvall, O., Orlander, G., 2001: Effects of pine shelterwoods on microclimate and frost damage to Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**(1): 155–164.
- Lichtenthaler, H. K., Buschmann, C., Knapp, M., 2005: How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, **43**(3): 379–393.
- Maxwell, K., Johnson, G. J., 2000: Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, **51**(345): 659–668.
- Mohammed, G. H., Binder, W. D., Gillies, S. L., 1995: Chlorophyll fluorescence: a review of its practical forestry applications and instrumentation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, **10**(4): 383–410.
- Repo, T., Leinonen, I., Ryyppö, A., Finér, L., 2004: The effect of soil temperature on the bud phenology, chlorophyll fluorescence, carbohydrate content and cold hardiness of Norway spruce seedlings. *Physiologia Plantarum*, **121**(1): 93–100.
- Ritchie, G., Landis, T. D., 2005: Seedling quality tests: Chlorophyll fluorescence. *Forest Nursery Notes*, USDA Forest Service, Winter 2005. Portland, USDA Forest Service. Pacific Northwest Region, p. 12–16.
- Robakowski, P., 2005a: Species-specific acclimation to strong shade modifies susceptibility of conifers to photoinhibition. *Acta Physiologiae Plantarum*, **27**: 255–263.
- Robakowski, P., 2005b: Susceptibility to low-temperature photoinhibition in three conifers differing in successional status. *Tree Physiology*, **25**(9): 1151–1160.
- Strand, M., Lundmark, T., 1995: Recovery of photosynthesis in 1-year-old needles of unfertilized and fertilized Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) during spring. *Tree Physiology*, **15**(3): 151–158.
- Westin, J., Sunblad, L. G., Hällgren, J. E., 1995: Seasonal variation in photochemical activity and hardiness in clones of Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, **15**: 685–689.
- Yatsko, Y. A. N., Dymova, O. V., Golovko, T. K., 2011: Violaxanthin cycle pigment de-epoxidation and thermal dissipation of light energy in three boreal species of evergreen conifer plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, **58**(1): 169–173.

CHEMISMUS LESNÍCH PŮD A OBSAH ŽIVIN V JEHLIČÍ SMRKU V OBLASTI POSTIŽENÉ CHRONICKÝM CHRÁDNUTÍM SMRKOVÝCH POROSTŮ NA LS VÍTKOV

Chemism of forest soils and nutrient content in spruce needles in an area affected
by spruce decline in Vítkov forest district

David Dušek^{1,2} • Jiří Novák¹ • Dušan Kacálek¹
• Marian Slodičák¹

¹ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumní stanice Opočno, Na Olivě 550,
CZ – 517 73 Opočno

² Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát,
e-mail: dusek@vulhmop.cz, novak@vulhmop.cz, kacalek@vulhmop.cz, slodicak@vulhmop.cz

Abstract

Norway spruce stands decline is one of the most persistent problems in some parts of northern Moravia. The main reason seems to be precipitation deficiency resulting from global climate change. The second reason can be unsatisfactory availability of nutrient contents in forest soils. In autumn 2009 and 2013, soil samples were taken under young spruce stands on localities affected by spruce decline. Additionally, needle samples from green and yellowish spruce trees were taken in 2013. Both forest floor and topsoil horizons were low in base nutrients. Yellowish needles were low in nitrogen, calcium and magnesium.

Keywords: Norway spruce decline, nutrient status, forest soils

Abstrakt

Hynutí smrkových porostů je přetrvávajícím problémem lesů části severní Moravy. Hlavní příčinou jsou pravděpodobně nízké srážkové úhrny spojené s globální klimatickou změnou. Dalším důvodem může být také nepříznivý stav zásoby živin v lesních půdách. Na podzim v letech 2009 a 2013 byly odebrány vzorky půdy holorganických a organominerálního horizontu pod smrkovými mlazinami v oblasti postižené hynutím smrkových porostů. Na podzim 2013 byly navíc odebrány vzorky asimilačního aparátu mladých smrků, které vykazovaly nebo naopak nevykazovaly příznaky žloutnutí. Chemická analýza ukázala nízkou saturaci živin v sorpčním komplexu humusového a organominerálního horizontu. Ve žlutnoucích jehlicích byl zjištěn nízký obsah dusíku, vápníku a hořčíku.

Klíčová slova: hynutí smrku, stav živin, lesní půdy

Úvod

Část území severní Moravy a Slezska je v současnosti zasažena chronickým chrádnutím a odumíráním smrkových porostů. První příznaky žloutnutí, defoliace, poruch rašení a odumírání smrku v této oblasti lze sledovat od druhé poloviny devadesátých let

minulého století. Příznaky žloutnutí jsou postiženy porosty všech věkových tříd, bez zřetelné vazby na konkrétní soubory lesních typů (Šrámek et al. 2008). Za rozhodující příčinu současného stavu je považována kultivace smrku mimo areál jeho přirozeného rozšíření (Holuša 2004) a klimatické anomálie (Holuša, Liška 2002; Stanovský 2002; Bagár 2007) spojené s globální klimatickou změnou (Allen et al. 2010; Lindner et al. 2010; Mason et al. 2012). Fyziologický stres v důsledku sucha je považován za pravděpodobný spouštěč současného hynutí smrku v Evropě (Hentschel et al. 2014). Jako další negativní faktor bývá uváděn nepříznivý stav chemismu lesních půd (nízké pH, nenasyčenost sorpčního komplexu) v důsledku předchozí imisní zátěže, ačkoli ta se od začátku devadesátých let výrazně snížila a současná měření neprokazují výrazný vliv atmosférických imisí (Novotný et al. 2008) v dotčené oblasti. Oslabené porosty jsou většinou následně atakovány kambioxylofágním hmyzem (kůrovci) a je zde patrné masivní napadení smrkových porostů václavkou (*Armillaria ssp.*). Kombinace srážkového deficitu, vysokých teplot a napadení václavkou je považována za jeden z nejvýznamnějších destabilizačních faktorů v současných smrkových porostech (Čermák et al. 2004). Fragmentované porosty jsou dále rozvráceny působením sněhových a především větrných polomů (Holuša et al. 2010). Podobná situace je známa i z přilehlých oblastí Slovenska (Kmeť, Kulla 2001; Bošela et al. 2014) a Polska (Wilczyński, Feliksik 2005; Grodzski 2010).

Příčiny současného stavu jsou tedy pravděpodobně velmi komplexní a vyžadují celkovou změnu strategie pěstování lesa v dotčených oblastech. Jako nezbytná se jeví změna druhové skladby, spočívající v redukci zastoupení smrku ve 4. a 5. LVS a vnášení většího podílu dřevin schopných lépe odolávat nepříznivým klimatickým výkyvům, především častějším periodám sucha, a lépe přizpůsobených k čerpání živin z hlubších částí půdního profilu. Tvorba směsí smrku s dalšími listnatými dřevinami je považována za jedno z opatření, které může zmírnit živinovou nerovnováhu ve smrkových porostech (Thelin et al. 2002). Dalším opatřením je optimalizace porostní výchovy s cílem stabilizace nebo přinejmenším zpomalení rozpadu stávajících, především mladých, smrkových porostů.

Klíčovými podklady nezbytnými pro návrh změn hospodaření v dotčených oblastech jsou exaktní údaje o současném stavu půd a výživy chřadnoucích smrkových porostů, stejně tak jako experimentální údaje o reakci těchto porostů na výchovné zásahy. V letech 2010 – 2013 byly na lesní správě Vítkov (okres Opava) založeny série experimentálních ploch s výchovou smrkových mlazin a tyčkovin, které vykazují příznaky žloutnutí, defoliace a usychání (Dušek et al. 2014). **Před založením experimentálních ploch byly odebrány půdní sondy pro kvalitativní a kvantitativní analýzu holorganických horizontů.** Dále byly na třech lokalitách odebrány vzorky asimilačního aparátu smrků pro posouzení stavu výživy v dotčených porostech. Cílem příspěvku je podat první předběžné vyhodnocení stavu lesní půdy a stavu výživy smrku ve smrkových mlazinách na území LS Vítkov, která patří k oblastem významně postiženým současným chřadnutím smrku.

Materiál a metodika

Na přelomu roku 2009 a 2010 byly pod čtyřmi vybranými mlazinami (LS Vítkov – revír Bílovec), určenými pro založení experimentálních ploch ke sledování vlivu výchovných zásahů, ambulantně odebrány vzorky půd. Pod každým porostem byl odebrán jeden směsný vzorek pro kvalitativní analýzu (kvantitativní odběr nebyl proveden). Byly vylišeny jednotlivé holorganické horizonty a organominerální horizont. Na podzim roku 2013 bylo pod nově založenou experimentální plochou Mokříny (LS Vítkov – revír Jánské Koupe-

le) odebráno celkem 6 půdních sond pomocí kovových rámečků o rozměru 25 × 25 cm. Byly samostatně odebrány holorganické horizonty L, F, H a organominerální horizont Ah. Laboratorně bylo stanoveno pH/H₂O, pH/KCl, procento oxidovatelného uhlíku metodou Springel-Klee, procento dusíku metodou Kjeldahl (Jones et al. 1991), saturace bází podle Kappena (Kappen 1929) a koncentrace přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III (Mehlich 1984).

Odběr rostlinného materiálu proběhl na podzim 2013 na třech lokalitách LS Vítkov (revíry Jánské Koupele a Čermná). Smrkové mlaziny, kde odběr probíhal, pochází z přirozené obnovy a jejich horní výška nepřekračovala ca 5 m. Nadmořská výška ploch se pohybuje v rozmezí od 435 do 500 m, soubor lesních typů byl určen jako 4B – bohatá bučina, CHS 45 – hospodářství živných stanovišť středních poloh. V porostech se vyskytuje množství žlutnoucích jedinců a v menší míře také dochází k usychání jednotlivých stromů. Mlaziny jsou značně husté a nebyly zde doposud provedeny žádné výchovné zásahy. Z náhodně vybraných stromů na transektech napříč porosty byly odebrány větve (jedna větev na strom) z horní osluněné části koruny. Vzdálenost mezi jednotlivými odběrovými stromy nepoklesla pod porostní výšku. Vzorky byly rozděleny na zelené, bez viditelných barevných změn asimilačního aparátu a žlutnoucí. Z odběru byli vyloučeni jedinci hynoucí a jedinci s usychajícím terminálem. Na každé lokalitě bylo takto odebráno 15 zelených a 15 žlutnoucích vzorků, celkově bylo odebráno 90 vzorků. Pro chemickou analýzu byly použity pouze jehlice prvního (nejmladšího) ročníku. Laboratorně byl stanoven obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku. Koncentrace dusíku byla stanovena Kjeldahlovou metodou, fosfor byl stanoven spektrofotometricky (Macháček, Malát 1982). Ke stanovení draslíku byl použit absorpční spektrofotometr (Novozamsky et al. 1983). Vápník a hořčík byl stanoven atomovou absorpcí (AAS) po přidání La (Ramakrishna et al. 1966).

Výsledky

Koncentrace živin, stupeň nasycení sorpčního komplexu a pH klesá směrem k horizontu Ah. Aktivní půdní reakce se v L+F horizontu pohybovala v rozmezí 4,7 až 5,0; v H horizontu v rozmezí 4,0 až 4,6 a v Ah horizontu v rozmezí 3,5 až 4,0. Potenciální půdní reakce byla o 0,6 až 1,5 nižší než pH/H₂O. Poměr C/N byl ve všech horizontech relativně vyrovnaný a pohyboval se od 13 do 26. Nejvyšší koncentraci živin vykazuje v sestupném pořadí vápník, draslík, hořčík a fosfor (tab. 1, 2). Obsah hořčíku v Ah horizontu lze považovat za střední, v případě odběru na lokalitě Mokřínský za dobrý. Obsah vápníku se pohyboval od dobrého po nízký a obsah draslíku lze hodnotit jako dobrý (podle Šrámek et al. 2013). Nasycení sorpčního komplexu bylo v rozsahu 48 – 65 % (L+F), 18 – 45 % (H) a 17 – 29 % (Ah). Saturace sorpčního komplexu v H horizontu byla ve dvou případech nasycená, ve dvou případech nenasycená a v jednom případě ji lze hodnotit jako výrazně nenasycenou. Sorpční komplex v Ah horizontu byl v jednom případě nasycený, v jednom nenasycený a ve třech případech výrazně nenasycený.

Tabulka 1: Chemická analýza půdních odběrů ze čtyř experimentálních ploch z roku 2009**Table 1:** Chemical analysis of soil samples from four experimental plots in 2009

Plocha ¹	Horizont ²	pH/H ₂ O	pH/KCl	S cmol ⁺ .kg ⁻¹	T cmol ⁺ .kg ⁻¹	V %	P	K mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	Dusík %	C/N
217 A 1 a	L+F	5.0	4.3	33	51	65	86	1712	3 144	422	1.7	23
	H	4.0	3.4	16	66	25	46	976	1716	208	1.5	17
	Ah	4.0	3.2	3	17	16	9	137	368	58	0.2	17
218 D 1 a	L+F	4.8	3.9	27	46	59	58	1172	2558	216	1.6	21
	H	4.6	3.1	20	74	27	24	802	1 122	172	1.4	20
	Ah	3.8	3.0	4	21	19	1	114	278	58	0.2	18
221 A 1	L+F	4.8	3.5	32	61	53	36	822	2098	462	2.0	17
	H	4.1	3.0	12	66	18	34	422	1 374	304	1.9	15
	Ah	3.8	3.0	2	18	13	5	111	243	60	0.4	13
221 A 1 a	L+F	4.9	4.0	24	50	48	98	848	2 340	394	1.6	21
	H	4.2	3.4	29	66	45	72	596	1 730	220	1.6	18
	Ah	3.5	2.8	6	26	23	63	303	673	97	0.9	14

¹Plot, ²Horizon**Tabulka 2:** Chemická analýza půdních odběrů z plochy Mokřínky z roku 2013**Table 2:** Chemical analysis of soil samples from Mokřínky experimental plot in 2013

Horizont ¹		pH/H ₂ O	pH/KCl	S cmol ⁺ .kg ⁻¹	T cmol ⁺ .kg ⁻¹	V %	P	K mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	N %	C/N
F	Průměr ²	4.7	3.9	37	66	56	63	746	2 401	423	1.8	22
	S.D.	0.3	0.2	8	11	8	14	196	579	138	0.1	
H	Průměr ²	4.0	3.2	28	80	36	41	634	1 961	328	1.6	22
	S.D.	0.4	0.4	5	13	7	8	187	307	143	0.1	
A	Průměr ²	3.5	2.7	14	47	29	18	268	792	143	1.0	26
	S.D.	0.3	0.3	2	3	4	5	114	170	46	0.2	

¹Horizon, ²Mean

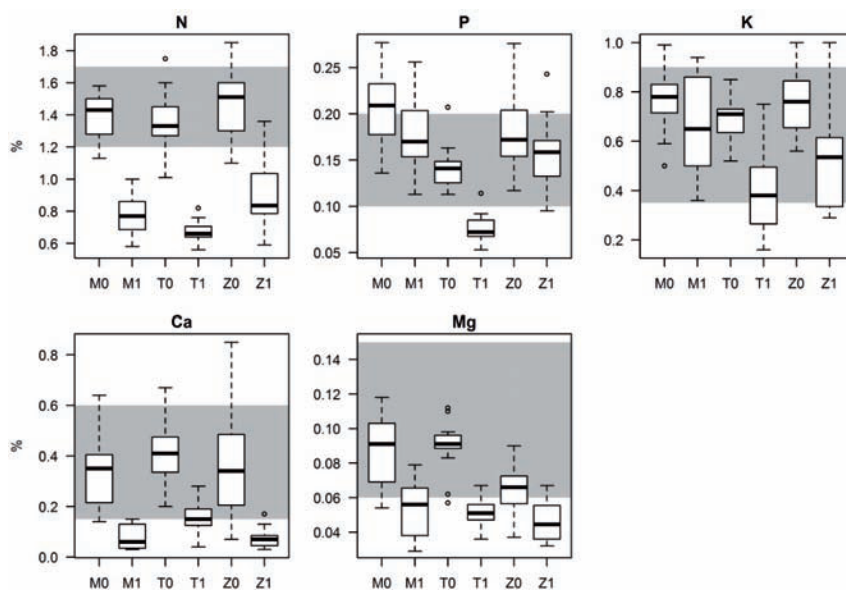
Vysvětlivky – Explanatory notes: S.D. – směrodatná odchylka – standard deviation

Z analýzy obsahu živin v prvním ročníku smrkových jehlic je patrný nízký obsah dusíku, vápníku a hořčíku ve vzorcích vykazujících příznaky žloutnutí. Obsah fosforu a draslíku ve žloutnoucích jehlicích byl nízký pouze na jedné ploše. Obsah prvků v zelených jehlicích byl v průměru střední, některé vzorky vykazovaly vysoký a v případě hořčíku také nízký obsah živin. Potenciálně může být ohrožena výživa hořčíkem, kde žádný vzorek zelených jehlic neobsahoval vysokou koncentraci tohoto prvku (obr. 1).

Diskuse

Hodnota aktivní půdní reakce v humusovém horizontu byla ve třech z pěti případů nižší než 4,2, což je hodnota, při níž již může docházet k rozkladu jílových minerálů a hydroxidů hliníku. Hodnota rovna nebo nižší než 3,8 byla zjištěna ve čtyřech případech v Ah horizontu. Při těchto hodnotách již dochází ke snižování sorpční kapacity a uvolňování iontů Al³⁺ (Fabiánek 2004). Naše údaje o půdním chemismu víceméně korespondují s údaji výsledku monitoringu lesních půd v rámci projektu „BIOSOIL“ pro bohatou řadu (Šrámek et al. 2013). Při hodnocení obsahu bazických prvků je třeba zohlednit, že naše údaje pochází z nejsvrchnějšího organominerálního horizontu, přičemž nejnižší hodnoty

se zpravidla vyskytují ve vrstvách 10–40 cm (Šrámek et al. 2013). Výsledky rozboru chemismu půd pod smrkovými mlazinami vyznívají z pohledu stavu sorpčního komplexu méně příznivě než rozborů pod ca 46letou smrkovou monokulturou na probírkovém experimentu IUFRO (Dušek et al. 2011) na území LS Vítkov, ačkoli příznivější stav sorpčního komplexu zde mohl být do značné míry ovlivněn předchozím zemědělským využíváním půdy. Ačkoli je smrk považován za dřevinu relativně nenáročnou na živiny, uvádí Vejre (1999) nízké zásoby výměnného vápníku a hořčíku v živinově chudých a písčitých půdách západního Dánska, jako kritický faktor limitující přírůst smrku. Oulehle et al. (2006) dokumentují výrazné snížení depozice a koncentrací vápníku v půdním roztoku za období 1994 až 2005 v Krušných horách. Vavříček et al. (2005) zjistili výrazně nízké koncentrace vápníku a fosforu v minerálním horizontu a nízký obsah hořčíku v celém půdním profilu pod smrkovými porosty Hanušovické vrchoviny. Alewell et al. (2000) zaznamenali v průběhu dvanácti let pokles koncentrace vápníku a hořčíku v půdním roztoku současně s poklesem koncentrací těchto živin ve smrkových jehlicích v severovýchodním Bavorsku. Živinové nerovnováhy také zjistili Thelin et al. (2002) pod nesmíšenými smrkovými porosty jižního Švédska.



Obr. 1: Krabicové grafy koncentrace živin v nejmladším ročníku jehlic. M – Mokřinky, T – Těchanovice, Z – Zálužné, 0 – bez barevných změn, 1 – žloutnoucí; šedá zóna označuje hranici středního obsahu živin podle metodiky ICP

Fig. 1: Box plot of nutrient content in the youngest needles. M, T, Z – denotes localities, 0 – green needles, 1 – yellowish needles; the grey zone depicts medium content of nutrients according to ICP

Podle Šrámka et al. (2009) je listová analýza základním postupem pro zjištění úrovně výživy dřevin. Existuje přitom značná variabilita související s věkem, sezónními rozdíly, rozdíly mezi dřevinami a rozdíly v jednotlivých částech rostlin. Fosfor, draslík, uhlík a hořčík vykazují nejvyšší koncentraci v nejmladším ročníku jehlic, u vápníku a křemíku je tomu naopak. Z uvedeného je zřejmé, že závěry o stavu živin z jednorázových odběrů musí být činěny se značnou opatrností. Obsahy biogenních prvků v rostlinných orgánech také

nemusí nutně souviset s úrovní disponibilních zásob v půdě. Kromě absolutního množství živin hrají významnou úlohu i jejich vzájemné poměry (Ingestad 1982). Pro stanovení limitních obsahů živin byla použita metodika ICP Forests (Šrámek et al. 2009), která při stanovení hranice nedostatku dobře koresponduje s údaji Hüttla (Šrámek et al. 2009). Hodnoty hranice nadbytku jsou však u Hüttla nižší než uvádí metodika ICP. Flückiger, Braun (1998) experimentálně doložili negativní závislost depozice dusíku na koncentraci vápníku, fosforu, draslíku a hořčíku v prvním ročníku smrkového jehličí. Stromy s vyšší koncentrací dusíku, resp. nevyváženým poměrem dusíku k dalším živinám byly také častěji napadány biotickými škůdci. Také Linder (1995) považuje poměr obsahu živin k obsahu dusíku za lepší ukazatel stavu výživy než samotnou koncentraci jednotlivých živin.

Závěr

- Sorpční komplex půd humusového a organominerálního horizontu se pohyboval od stádia nasyceného až po výrazně nenasyčený. Obsah hořčíku v Ah horizontu byl střední až dobrý. Obsah vápníku se pohyboval od dobrého po nízký a obsah draslíku lze hodnotit jako dobrý.
- Vzorky smrkového jehličí vykazující symptomy žloutnutí obsahovaly nízké koncentrace dusíku, vápníku a hořčíku. Na jedné lokalitě se také projevil deficit fosforu a draslíku. Koncentrace živin v zelených jehlicích bez karenčních jevů lze v průměru hodnotit jako střední, relativně nejnižší zásobu vykazoval hořčík.
- Ačkoli nelze stav analyzovaných lesních půd ani obsah živin v asimilačním aparátu nepoškozených mladých smrků považovat za kritický, může představovat značné riziko ve spojení s nepříznivými klimatickými faktory (především suchem) posledních dvou dekád.

Poděkování

Publikace vznikla v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

Literatura

- Alewell, Ch., Manderscheid, B., Gerstberger, P., Matzner, E., 2000: Effects of reduced atmospheric deposition on soil solution chemistry and elemental contents of spruce needles in NE-Bavaria, Germany. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.*, **163**: 509–516.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bechelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzales, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Deminova, N., Lim, J. H., Allard, G., Runing, S. W., Semerci, A., Cobb, N., 2010: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, **259**: 660–684.
- Bagár, R., 2007: Vývoj klimatických podmínek v oblasti Lesní správy Lesů České republiky Opava v letech 1961–2006. Zpráva pro Lesy České republiky, Opava, 19 p.
- Bošela, M., Sedmák, R., Sedmáková, D., Marušák, R., Kulla, L., 2014: Temporal shifts of climate-growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management*, **325**: 108–117.

- Čermák, P., Jankovský, L., Cudlín, P., 2004: Risk evaluation of the climatic change impact on secondary Norway spruce stands as exemplified by the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, **50**(6): 256–262.
- Dušek, D., Novák, J., Slodičák, M., 2011: Srovnání charakteristik nadložního humusu pod porosty smrku a lípy na bývalé zemědělské půdě. In: Kacálek, D. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*, s. 203–208.
- Dušek, D., Novák, J., Slodičák, M., 2014: Reakce mladých smrkových porostů na výchovné zásahy v oblastech chronického chřadnutí smrku. *Zprávy lesnického výzkumu*, **59**(2): 104–108.
- Fabiánek, P. (ed.), 2004: Monitoring stavu lesa v České republice 1984–2003. Ministerstvo zemědělství České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha, 431 p.
- Flückiger, W., Braun, S., 1998: Nitrogen deposition in Swiss forests and its possible relevance for leaf nutrient status, parasite attacks and soil acidification. *Environmental Pollution*, **102**: 69–76.
- Grodzski, W., 2010: The decline of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in Beskid Śląski and Żywiecki: theoretical concept and reality. *Beskydy*, **3**(1): 19–26.
- Hentschel, R., Rosner, S., Kayler, Z. E., Andreassen, K., Børja, I., Solberg, S., Tveito, O. E., Priesack, E., Gessler, A., 2014: Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, **322**: 27–36.
- Holuša, J., Liška, J., 2002: Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, **47**(1): 9–15.
- Holuša, J., 2004: Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, **51**: 11–15.
- Holuša, J., Křístek, Š., Trombik, J., 2010: **Stability of spruce forests in the Beskids: an analysis of wind, snow and drought damages.** *Beskydy*, **3**(1): 43–54.
- Ingestad, T., 1982: Relative addition rate and external concentration: driving variables used in plant nutrition research. *Plant, Cell and Environment*, **5**: 443–453.
- Jones, J. B., Wolf, B., Mills, H. A., 1991: *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide.* Athens, Georgia, Micro-Macro Publishing, Inc., 213 p.
- Kappen, H., 1929: *Die Bodenazidität.* Berlin, Springer Verlag, 363 p.
- Kmeť, J., Kulla, L., 2001: Fyziologické aspekty zdravotného stavu smreka v oblasti Vysokých Tatier. *Beskydy*, **14**: 135–140.
- Linder, S., 1995: Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in Norway spruce. *Ecological Bulletins*, **44**: 178–190.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M.J., Marchetti, M., 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, **259**: 698–709.
- Macháček, V., Malát, M., 1982: The extraction-spectrophotometric determination of Phosphorus in plant material. *Rostlinná výroba*, **28**: 221–224.

- Mason, W.L., Petr, M., Bathgate, S., 2012: Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. *Journal of Forest Science*, **58**: 265–277.
- Mehlich, A., 1984: Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **15**: 1409–1416.
- Novotný, R., Lachmanová, Z., Šrámek, V., Vortelová, L., 2008: Air pollution load and stand nutrition in the Forest District Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science*, **54**(2): 49–54.
- Novozamsky, I., Houba, V. J. G., Van Eck, I., Van Vark, W., 1983: A novel digestion technique for multi-element plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **14**: 239–248.
- Oulehle, F., Hofmeister, J., Cudlín, P., Hruška, J., 2006: The effect of reduced atmospheric deposition on soil and soil solution chemistry at a site subjected to long-term acidification, Načetín, Czech Republic. *Science of the Total Environment*, **370**: 532–544.
- Ramakrishna, T. V., Robinson, J. W., West, P. W., 1966: The determination of calcium and magnesium by atomic absorption spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, **36**: 57–64.
- Stanovský, J., 2002: The influence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. *Journal of Forest Science*, **48**(10): 451–458.
- Šrámek, V., Vějpustková, M., Novotný, R., Hellebrandová, K., 2008: Yellowing of Norway spruce stands in the Silesian Beskids – damage extend and dynamics. *Journal of Forest Science*, **54**(2): 55–63.
- Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R., 2009: Hodnocení obsahu a zásob živin v lesních porostech - literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, **54**(4): 307–315.
- Šrámek, V., Jurkovská, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K., 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoring lesních půd v rámci projektu EU “BIOSOIL”. *Zprávy lesnického výzkumu*, **58**(4): 314–323.
- Thelin, G., Rosengren, U., Callesen, I., Ingerslev, M., 2002: The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*, **160**: 115–125.
- Vavříček, D., Samec, P., Šimková, P., 2005: Soil properties as a component of predisposition factors of Norway spruce forest decline in the Hanušovická highland mountain zone. *Journal of Forest Science*, **51**: 527–538.
- Vejre, H., 1999: Stability of Norway spruce plantations in western Denmark – soil nutrient aspects. *Forest Ecology and Management*, **114**: 45–54.
- Wilczyński, S., Feliksik, E., 2005: Disturbance in variation of the annual ring width of Norway spruce in the Polish Western Beskids Mountains. *Journal of Forest Science*, **51**: 549–547.

VERTIKÁLNA DISTRIBÚCIA JEMNÝCH KOREŇOV JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) A BUKA LESNÉHO (*FAGUS SYLVATICA* L.) V PODMIENKACH PRÍRODNÉHO LESA

The fine root vertical distribution of silver fir (*Abies alba* Mill.) and European beech
(*Fagus sylvatica* L.) in natural forest stand

**Peter Jaloviar • Stanislav Kuchel • Milan Saniga
• Jaroslav Vencurik**

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: jaloviar@tuzvo.sk, kuchel@tuzvo.sk, saniga@tuzvo.sk, vencurik@tuzvo.sk

Abstract

The study evaluates the quantity and distribution of European beech and silver fir fine roots (roots with the diameter under 2 mm) in old-growth fir-beech forest. In the investigated soil profile with the depth of 40 cm, beech and fir have unequal proportions from the fine root biomass as well as different distribution of fine roots in soil profile. Regarding the fine root demography, the most dynamic layer is located in the soil depth of 5–10 cm, where we found the highest fine root weights of both tree species and also the lowest share of dead roots from the total underground biomass. Beech colonizes the soil profile more homogeneously and, according to the model extrapolation, its fine roots penetrate deeper into soil profile than those of fir.

Keywords: *old-growth forest, fine roots, root distribution, root competition*

Abstrakt

Práca hodnotí kvantitu a distribúciu jemných koreňov (s hrúbkou do 2 mm) buka lesného a jedle bielej v jedľovo-bukovom prírodnom lese. V skúmanom pôdnom profile s hĺbkou do 40 cm sa zistilo, že buk a jedľa tvoria rozdielny podiel na biomase jemných koreňov a rozdielna je aj ich distribúcia v profile. Z hľadiska demografie jemných koreňov je najdynamickejšia vrstva 5 – 10 cm v pôde, kde sa zistili najvyššie hmotnosti jemných koreňov oboch drevín a najnižší podiel odumretých koreňov na celkovej podzemnej biomase. Buk prekoreňuje pôdny profil homogénnejšie a na základe extrapolácie modelu sa jeho jemné korene vyskytujú vo väčšej hĺbke ako je to pri jedli.

Kľúčové slová: *prírodný les, jemné korene, distribúcia koreňov, koreňová konkurencia*

Úvod a problematika

Zmena alokácie, t. j. umiestnenia jemných koreňov v pôdnom profile je výraznou odozvou jednotlivých druhov drevín na konkurenciu. Spolu s morfológickými zmenami jemných koreňov sa aj tu jedná o snahu stromu o zabezpečenie dostatočného prísunu vody a minerálnych látok. Prejav konkurencie z hľadiska alokácie koreňov majú buď

charakter nahromadenia jemných koreňov všetkých drevín v najlepšie zásobenom pôdnom horizonte, resp. v tých priestoroch, ktoré sú najlepšie zásobené, alebo naopak v segregácii koreňových systémov v horizontálnom alebo vertikálnom smere (Hutchings, John 2003).

Konkurencia rastlín v pôdnom prostredí je všeobecný fenomén, ktorý sa vyskytuje v prírodných aj čiastočne pozmenených ekosystémoch (de Kroon et al. 2003). Interakcia rastlín v pôde je zvyčajne veľmi intenzívna, vo väčšine prípadov je intenzívnejšia ako v nadzemnom priestore (Casper, Jackson 1997). Zložitosť interakcie rastlín v pôdnom priestore vyplýva hlavne z mimoriadnej heterogenity pôdneho prostredia. Základným predpokladom, aby vznikol konkurenčný vzťah je existencia aspoň jedného limitujúceho zdroja o ktorý sa medzi konkurentmi vedie vzájomná súťaž. V nadzemnom priestore je to v zásade jediný zdroj – svetlo. V pôde je to voda a okrem nej najmenej 20 mikro- a makroelementov s rozdielnym významom pre rozdielne rastliny, s rôznymi chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami a rôznou mobilitou v pôde (Casper, Jackson 1997).

Z hľadiska symetrie resp. asymetrie konkurenčných vzťahov rastlín definujú Schwinig, Weiner (1998) 5 druhov od úplnej symetrie až po úplnú asymetriu. Z hľadiska interakcie koreňov sa najbežnejšie vyskytuje typ konkurencie, ktorý je charakterizovaný ako veľkostne symetrický. Veľkostná symetria konkurenčných vzťahov koreňových systémov nie je trvalý jav, ale podlieha vlastnej dynamike a v prípade medzidruhovej konkurencie aj vplyvom, vyplývajúcim z ich rozdielnej fyziológie.

Pre adaptáciu na konkurenčný tlak využívajú rastliny v zásade tri odlišné mechanizmy. Podľa Hodge (2004) sa jedná o adaptáciu prostredníctvom:

- morfologických zmien, kde podľa nej patrí okrem zmeny vlastných morfologických parametrov (špecifická dĺžka a povrch, priemerná hrúbka koreňov resp. hustota pletív) aj zmena alokácie koreňov,
- fyziologickej plasticity,
- zmien demografie koreňov, t.j. prostredníctvom regulácie dĺžky života jednotlivých koreňov, vyjadrených najčastejšie ako miera obmeny koreňov (*root turnover rate*).

Konkurencia lesných drevín zvyčajne nevedie k nárastu kvantity ich jemných koreňov (koreňov s hrúbkou do 2 mm). Pri väčšine experimentov zameraných na porovnanie kvantity jemných koreňov v rovnorodých a zmiešaných porastoch určitých drevín sa nezistilo žiadne preukázateľné zvýšenie (*overyielding*) alebo zníženie kvantity (hmotnosti alebo objemu) jemných koreňov (Meinen et al. 2009; Hertel, Leuschener 2006).

Podiely jednotlivých drevín na celkovej biomase živých jemných koreňov nemusia podľa zistení Hertela (1999) zodpovedať podielom v nadzemnej biomase. V zmiešanom dubovo-bukovom poraste zistil že **pri približne rovnakom podiele obidvoch drevín z hľadiska zastúpenia v nadzemnej biomase vytvoril dub len okolo 20–30 % celkovej biomasy jemných koreňov.**

Zmena alokácie sa netýka výhradne frakcie jemných koreňov ale celých koreňových systémov. Mauer, Palátová (1999) zistili, že v interakcii smreka, jarabiny a buka v podmienkach vysokohorského lesa dochádza k výraznému posunu uloženia koreňových systémov uvedených drevín v závislosti od toho, ktoré dreviny si navzájom konkurujú.

Cieľom predloženej práce je analýza interakcie jemných koreňov, jedle a buka v prírodnom lese NPR Badínsky prales. Vzájomná interakcia obidvoch drevín, ktorá sa týka iba dospelých jedincov jedle a buka je posudzovaná len z hľadiska rozloženia biomasy a nekromasy jemných koreňov v pôdnom priestore vo vertikálnom smere.

Materiál a metodika

Miestom výskumu bola NPR Badínsky prales. Jedná sa o prírodný bukový klimaxový les, ktorý podľa Križovej (2000) patrí väčšinou do 4. vegetačného stupňa, bukového (sensu Zlatník 1976), mezotrofného radu B, skupine lesných typov *Fagetum typicum* (asi 80 % plochy) a v najvyššie položených častiach pralesa (asi 20 % plochy) sa nachádza skupina lesných typov *Abieto-Fagetum* nižší stupeň. Prales sa nachádza v juhovýchodnej časti Kremnického pohoria. Klimaticky patrí do chladnej oblasti, okrsk C1 – mierne chladný. Priemerná ročná teplota je 5,5 – 6,0 °C, priemerný úhrn ročných zrážok 850 – 900 mm. Geologické podložie tvoria tufy a aglomeráty pyroxenických andezitov, tufity a ojedinele kompaktný andezit. Z pôdných typov prevažuje kambizem typická nasýtená, hlboká, slabohumózná až humózná. Nadložný humus vykazuje mullové a priaznivé moderové formy. Hnedé pôdy rankrové sú v hlavnej rizosfére silno skeletnaté, so zníženou schopnosťou zadržať vodu. Fyziologická hĺbka pôdy sa pohybuje okolo 45 cm.

Odber vzoriek sa vykonával pomocou dutého pôdneho vrtáka s priemerom 80 mm t. j. s prierezom 50 cm² a dĺžkou dutej časti 200 mm. Vzorky sa odoberali od päty stromu každých 1,5 m v troch smeroch do hĺbky 40 cm od rozhrania horizontov nadložného humusu a A-horizontu. Smery boli rozdelené pod 120° uhlom, pričom v každom smere sa vybralo 7 vzoriek. Celá vzorka (valec pôdy v prirodzenom uložení s rozmermi 8 × 40 cm) sa rozdelil na jednotlivé sekcie podľa hĺbky v pôde tak, aby charakterizovali nasledovné vrstvy: nadložný humus, vrstva 0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm a 30 – 40 cm.

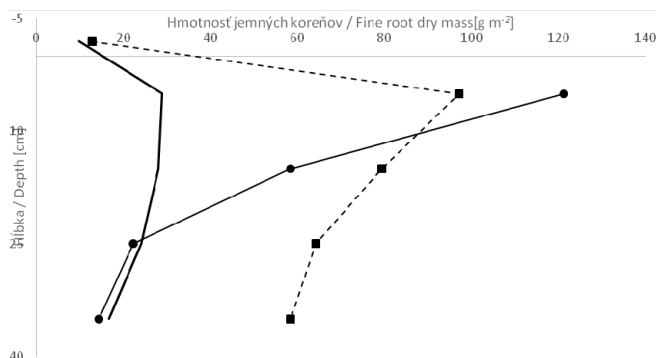
Spracovanie vzoriek pokračuje ich vymytím v stojatej vode na site s veľkosťou oka 0,5 mm. Jednotlivé odobraté vzorky sa vymývajú a následné z nich získavame jemné korene. Pri vymývaní používame sito s veľkosťou oka 0,5 mm. Z humusu sa jemné korene vyberú bez vymytia. Jemné korene sa po vymytí vizuálne triedia podľa všeobecne platných kritérií na živé a odumreté. Živé korene sa líšia od odumretých farbou vyššou ohybnosťou a schopnosťou vrátiť sa do pôvodne stavu pri ohybe. Živé korene sa ďalej triedili podľa druhu dreviny (jedľa a buk) väčšinou na základe makroskopických znakov, len výnimočne sa muselo použiť triedenie na základe anatomickej stavby (t. j. štruktúry koreňa na reze a pod mikroskopom) Jaloviar (2010). Konštantná hmotnosť sa stanovuje po 72 hodinovom sušení pri 60 °C s presnosťou na 0,1 g.

Výsledky a diskusia

Celková hmotnosť živých jemných koreňov obidvoch drevín a odumretých jemných koreňov pripadajúca na celý skúmaný profil je 635,0 g.m⁻². Pre zmiešané lesy mierneho pásma uvádzajú Finér et al. (2007) hmotnosti v 379 ± 252 g.m⁻². Rovnako Jackson et al. (1996) aj Persson (2002) zistili koncentrácie biomasy, ktoré zodpovedajú týmto hodnotám, hoci v ich prípade sa jedná len o hodnoty podielov z uvedenej biomasy všetkých koreňov. Podiel odumretých koreňov na celkovej hmotnosti dosahuje za celý profil len 16,9 %.

Jedľa tvorí 34,0 % z celkovej hmotnosti koreňov, buk 49,1 %. Rozdelenie jemných koreňov v pôdnom profile je variabilné s výrazným nahromadením živých jemných koreňov v hornej časti pôdneho profilu v hĺbke do 10 cm (obr. 1). Takýto tvar rozdelenia je typický pre mezotrofný lesný ekosystém a pôdu, v ktorej plynule prebieha dekompozícia organického materiálu a následné dopĺňanie zásoby makroelementov (najmä dusíka).

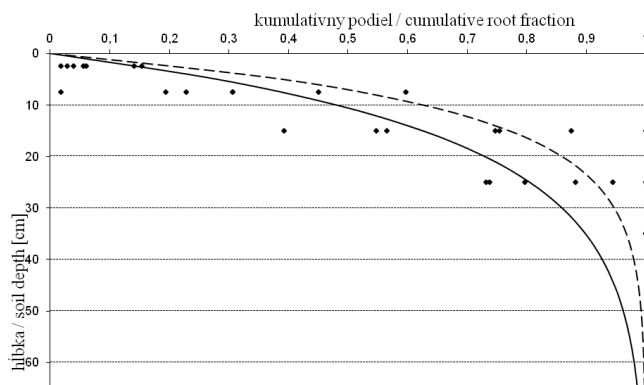
Korene buka sú v pôde z hľadiska hmotností aj podielov v porovnaní s jedľou rozmiestnené rovnomernejšie. Podiel buka je najvyšší v najväčšej sledovanej hĺbke v pôde – vo vrstve



Obr. 1: Distribúcia živých jemných koreňov buka a jedle a odumretých jemných koreňov podľa hmotnosti v pôdnom profile do hĺbky 40 cm. Plná čiara – odumreté korene, čiarkovaná čiara so štvorcami – živé korene buka, plná čiara s krúžkami – živé korene jedle

Fig. 1: Distribution of silver fir and beech fine root biomass and dead root mass in the soil profile up to depth of 40 cm. Solid line – dead roots, dashed line with squares – beech biomass, solid line with circles – silver fir biomass

30–40 cm, najväčšiu hmotnosť dosahuje buk vo vrstve 0 – 10 cm. Od hĺbky 10 cm jeho hmotnosti klesajú, ale tento pokles je oveľa miernejší ako pri jedli. Z tohto dôvodu podiel buka so zväčšujúcou sa hĺbkou rastie. Jedľa má odlišné rozdelenie jemných koreňov v profile. Vo vrstve nadložného humusu jej korene celkom chýbajú. Najväčšiu hmotnosť aj podiel dosahuje vo vrstve 0 – 10 cm, pričom sa ale sústreďuje do dolnej polovice tejto vrstvy. Vo vrstve 5 – 10 cm sa nachádza najviac jemných koreňov jedle ($109,2 \text{ g m}^{-2}$), jedľa z hľadiska biomasy koreňov jedine tu prevyšuje buk a tvorí 62 % z celkovej biomasy (hmotnosti živých jemných koreňov). Táto vrstva pôdy je najdynamickejšou časťou pôdného profilu aj z hľadiska demografie jemných koreňov. Podiel odumretých koreňov na celkovej hmotnosti predstavuje len okolo 7,2 %, pričom vo všetkých ostatných vrstvách je to minimálne 17 %. Znamená to, že obmena jemných koreňov je pri oboch drevinách v tejto vrstve najintenzívnejšia a zároveň je miera dekompozície organických látok vysoká. Z hľadiska vertikálnej distribúcie jemných koreňov teda nedochádza v výraznej segregácii.



Obr. 2: Závislosť kumulatívneho podielu jemných koreňov od hĺbky v pôde v tvare $y = 1 - \beta^d$ (Gale, Grigal 1987). Plná čiara predstavuje buk v tvare: $y = 1 - 0,937^d$, čiarkovaná čiara predstavuje jedľu v tvare $y = 1 - 0,906^d$

Fig. 2: Relation between cumulative root fraction and soil depth, (Gale, Grigal 1987). Solid line is for common beech: $y = 1 - 0,937^d$, dashed line is for silver fir: $y = 1 - 0,906^d$

Z hľadiska objektivizácie rozloženia jemných koreňov v profile je potrebné použiť taký ukazovateľ, ktorý nie je zaťažený absolútnou hodnotou hmotnosti, ale vyjadruje podiel jednotlivých vrstiev pôdy na celkových hmotnostiach živých jemných koreňov. Najpoužívanejší je model, ktorý popisuje úbytok jemných koreňov smerom do hĺbky v pôde je závislosť kumulatívneho podielu jemných koreňov od hĺbky (Gale, Grigal 1987) v tvare: $y = 1 - \beta^d$, kde y je kumulatívny podiel jemných koreňov v danej hĺbke, β je tzv. koeficient úbytku a d je hĺbka v pôde. Koeficient úbytku β je vhodný ako objektívna charakteristika pôdno-ekologických podmienok (Jackson et al. 1996; Robinson et al. 2003) a to aj v rámci širších rozsahov terestriálnych biómov.

Napriek očakávaniu, ktoré vyplýva z typov koreňových systémov charakteristických pre jedľu (kolovitý systém) a pre buk (srdcovitý systém) (Köstler et al. 1968) sú jemné korene buka homogénne distribuované aj vo väčších pôdnych hĺbkach (obr. 2). Na základe extrapolácie modelu je pri buku vyššia aj maximálna hĺbka výskytu jemných koreňov v pôde. Kolovité korene sú však príkladom allorízie, t. j. sústredenia biomasy koreňov do horných vrstiev. Navyše distribúcia jemných koreňov sa riadi najmä dostupnosťou živín a vody v pôde, preto typ koreňového systému a distribúcia jemných koreňov nemusia spolu úzko súvisieť (Hertel 1999). Napriek mimoriadnym produkčným schopnostiam jednotlivých stromov jedle v nadzemnom priestore (Saniga 1996) je z hľadiska kvantity a distribúcie buk jednoznačne silnejším konkurentom.

Prezentované výsledky konkurenčných vzťahov jemných koreňov jedle a buka hodnotia iba kvantitu a distribúciu jemných koreňov v profile. Asymetrická interakcia obidvoch drevín z hľadiska ich podielu na biomase jemných koreňov je síce viditeľná, ale nezohľadňuje fyziologické aspekty absorpčnej výkonnosti a životnosti jemných koreňov, ktoré môžu byť pri obidvoch zúčastnených drevinách významne odlišné.

Podakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu APVV-0286-10.

Literatúra

- Casper, B. B., Jackson, R. B., 1997: Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **28**: 545–570.
- de Kroon, H., Mommer, L., Nishiwaki, A., 2003: Root Competition: Towards a mechanistic Understanding. In: De Kroon, H., Visser, E. (eds.): *Root Ecology*. 215–234.
- Finér, L., Helmisaari, H. S., Lohmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Børja, I., Eldhuset, T., Godbold, D., Grebenc, T., Konôpka, B., Kraigher, H., Möttönen, M. R., Ohashi, M., Oleksyn, J., Ostonen, I., Uri, V., Vanguelova, E., 2007: Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Biosystems*, **141**: 394–405.
- Gale, M. R., Grigal, D. F., 1987: Vertical root distributions of northern tree species in relation to successional status. *Canadian Journal of Forest Research*, **17**: 829–834.
- Hertel, D., 1999: Das Feinwurzelsystem von Rein- und Mischbeständen der Rotbuche: Struktur, Dynamik und interspezifische Konkurrenz. *Dissertationes Botanicae* **317**, Berlin Stuttgart, J. Cramer Verlag, p. 25–56.

- Hertel, D., Leuschner, Ch., 2006: The in situ root chamber: A novel tool for the experimental analysis of root competition in forest soils. *Pedobiologia*, **50**: 217–224.
- Hodge, A., 2004: The plastic plant: root responses to heterogenous supplies of nutrients. *New Phytologist*, **162**: 9–24.
- Hutchings, M. J., John, E. A., 2003: Distribution of Roots in Soil, and Root Foraging Activity. *In*: De Kroon, H., Wisser, E. (eds.): *Root Ecology*, p. 32–60.
- Jackson, R. B., Canadell, J., Ehleringer, J. R., Mooney, H. A., Sala, O. E., Schulze, E. D., 1996: A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, **108**: 389–411.
- Jaloviari, P., 2010: Produkcia a morfológické znaky jemných koreňov smreka. Zvolen, TU, 60 p.
- Köstler, J. N., Brückner, E., Bibelriether, H., 1968: Die Wurzel der Waldbäume. Berlin, Hamburg, Paul-Parey-Verlag, 282 p.
- Mauer, O., Palátová, E., 1999: Architektonika kořenového systému dřevin horského lesa. *In*: *Pěstování lesů v podmínkách antropicky změněného prostředí*, s. 205–207.
- Meinen, C., Hertel, D., Leuschner, Ch., 2009: Biomass and morphology of fine roots in temperate broad-leaved forests differing in tree species diversity: is there evidence of below-ground overyielding? *Oecologia*, **161**: 99–111.
- Ostonen, I., Lohmus, K., Helmisaari, H.-S., Truu, J., 2007: Fine root morphological adaptations in Scots pine, Norway spruce and silver birch along a latitudinal gradient in boreal forests. *Tree Physiology*, **27**: 1627–1634.
- Persson, H., 2002: Root system of arboreal plants. *In*: Waisel, Y., Eshel, A., Kafafi, U. (eds.): *Plant Root, the hidden Half, 3rd edition*, p. 187–204.
- Robinson, D., Hodge, A., Fitter, A., 2003: Constraints on the Form and Function of Root. *In*: De Kroon, H., Wisser, E. (eds.): *Root Ecology*, p. 1–31.
- Saniga, M., 1996: Štruktúra porastu v pokročilom štádiu prebudovy na výberný les. *Acta Facultatis Forestalis*, **38**: 78–82.
- Schwinning, S., Weiner, J., 1998: Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia*, **113**: 447–455.

MNOŽSTVÍ OPADU V MLADÝCH POROSTECH MODŘÍNU OPADAVÉHO (*LARIX DECIDUA* MILL.)

Amount of litter-fall in young stands of larch (*Larix decidua* Mill.)

Jiří Novák • David Dušek • Marian Slodičák

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,
CZ – 517 73 Opočno, e-mail: novak@vulhmop.cz, dusek@vulhmop.cz, slodicak@vulhmop.cz

Abstract

Quantity of litter-fall was observed on two thinning experiments in young larch stands. Mean annual litter-fall was ca 4 000 kg.ha⁻¹ at the age of 13–25 years. Although environmental conditions on both experiments were different (one experiment established in Piceeto-Fagetum oligo-mesotrophicum after mechanical raking of slash to rows compared with experiment established in former forest nursery in Fageto-Quercetum illimerosum) mean annual litter-fall was comparable. Values of litter-fall oscillated in individual years, for example amount of litter-fall significantly decreased after heavy thinning. In case of light or medium thinning, crown biomass increased after thinning during only several years and, consequently, amount of litter-fall under control and thinned stand was comparable in following years.

Keywords: dry-mass of litter-fall, thinning, substitute tree species stands

Abstrakt

Na dvou experimentech s výchovou mladých modřínových porostů byla sledována kvantita každoročně opadávající biomasy. Bylo zjištěno, že ve věku 13 až 25 let opadáva v těchto porostech ročně ca 4 tuny sušiny na hektar. Průměrné množství ročního opadu bylo srovnatelné bez ohledu na silné stanovištní rozdíly (experiment na SLT 6S, založen po mechanizovaném shrnutí klestu jako porost náhradních dřevin ve srovnání s experimentem založeným v bývalé lesní školce na SLT 2I). V jednotlivých letech množství opadu kolísá, je například výrazně sníženo po provedených silných výchovných zásazích. U mírnějších zásahů dochází již za několik let k nárůstu biomasy korun u uvolněných jedinců a hodnoty ročního opadu se srovnávají s kontrolním porostem bez zásahu.

Klíčová slova: sušina v opadu, výchova lesa, porosty náhradních dřevin

Úvod

Modřín evropský (*Larix decidua* Mill.) je v České republice důležitou domácí dřevinou a jeho zastoupení v druhové skladbě lesů neustále roste. V minulém desetiletí (2002–2012) stoupla jeho výměra o více jak 2,5 tis. ha, a v současnosti činí jeho zastoupení 3,9 % (Mze 2013). Navíc je zde potenciál k jeho dalšímu rozšíření až k doporučeným 4,5 %.

Modřín je dřevinou směsí a zakládání modřínových monokultur je považováno za nevhodné (Vyskot et al. 1978; Korpel et al. 1991; Bezecný et al. 1992). Případy čistých modři-

nových porostů však nejsou v lesích České republiky vzácností. Jde zejména o imisní oblasti (Krušné a Jizerské hory), kde byl použit při zakládání porostů náhradních dřevin, a také o poměrně širokou škálu stanovišť při zalesňování bývalých zemědělských půd.

Výhodami pěstování modřínu jsou rychlý růst a tvorba biomasy, propouštění většího množství srážek a světla pod koruny (např. Lang 1971) a zejména prokázaný stabilizační efekt modřínu v porostech jiných dřevin, např. smrku (Vicena 1998).

Na druhou stranu byl v několika studiích zjištěn jeho negativní vliv na půdní chemismus a procesy v organické vrstvě půdy (Podrázský, Ulbrichová 2004; Podrázský 2008). Opad lesních dřevin (jehličí, kůra, větve atd.) patří mezi nejdůležitější faktory ovlivňující půdní poměry pod lesními porosty. Dlouhodobé sledování opadu v modřínových porostech tak může přispět k podrobnějšímu poznání vlivu této dřeviny na půdní procesy a koloběh živin v ekosystému. Jedním z předpokládaných faktorů, který může ovlivnit množství opadávané biomasy je výchovný zásah.

Cílem předkládané práce bylo zjistit jaká je kvantita opadávané biomasy v mladých modřínových porostech v Krušných horách a jak je toto množství ovlivňováno prováděním výchovných zásahů.

Metodika

Výzkum probíhal na dvou experimentálních sériích Kraslice a Kalek v PLO 1 – Krušné hory (Novák, Slodičák 2006). Na obou experimentech je sledován vliv výchovy na růst a vývoj mladých modřínových porostů. Série variant s výchovou je vždy doplněna srovnávacím porostem bez výchovy, kde jsou odstraňovány pouze zlomy, vývraty a souše.

Experiment Kraslice byl založen v 11letém modřínovém porostu před růstovou sezónou v roce 2001 v nadmořské výšce 560 m na LT 214 (*Fageto-Quercetum illimerosum acidophilum* – *Melampyrum pratense*). Porost vznikl výsadbou v bývalé lesní školce v pravidelném sponu s počtem jedinců ca 2 500 na jeden hektar a v době založení experimentu (před růstovou sezónou 2001) vykazoval věk 11 let a střední porostní výšku 6 – 7 metrů.

Experiment Kalek byl založen v 12leté modřínové monokultuře v roce 1999 v nadmořské výšce 780 m na LT 6S4 (*Piceeto-Fagetum oligo-mesotrophicum* – *Calamagrostis villosa*). Sledovaný modřínový porost vznikl řadovou výsadbou (v původním sponu 1 × 1,5 m – 6 667 jedinců na 1 ha) po mechanizovaném shrnutí klestu do valů. V roce 1996, kdy byl modřínový porost 9letý, byly rozpadající se valy rozhrnuty a zalesněny smrkem ztepilým. Takto vznikly střídající se pásy dvou dřevin (o šíři 15 – 20 m) na celkové ploše 9,7 ha.

Sledování opadových poměrů bylo na obou experimentech zahájeno v roce 2002, kdy byly v porostech instalovány opadoměry se záchytnou plochou 0,25 m² nejprve po 3 a později po 4 kusech na každou dílčí variantu. Na experimentu Kraslice byly opadoměry od počátku instalovány na obě varianty (Kontrola, Zásah). Na experimentu Kalek bylo sledování opadu pod porostem s výchovou přiřazeno později (v roce 2007).

Vzorky z opadoměrů byly odebírány jednou ročně po kompletním opadání jehličí. Výjimkou jsou údaje na experimentu Kraslice z let 2008 – 2009 (věk 19 – 20 let) a 2011 – 2012 (věk 22 – 23 let) a na experimentu Kalek z let 2011 – 2012 (věk 24 – 25 let), kdy byl z technických důvodů odebrán opad společně za obě sezóny a v analýze je tak vždy uvedena průměrná hodnota. U všech vzorků byla stanovována hmotnost sušiny (vysušením při teplotě 70 °C do konstantní hmotnosti). Pro účely této práce byly vyhodnoceny výsledky získané v

období 2002 až 2012. Vzhledem k designu experimentů jsou data analyzována pouze pomocí popisných charakteristik výběru – aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Výsledky

Experiment Kraslice

Sledování opadu bylo na tomto experimentu zahájeno ve věku 13 let, tj. 2 roky po výchovném zásahu, při kterém bylo negativním výběrem v celé struktuře porostu odstraněno 44 % stromů. Porost se zásahem tak vykazoval výčetní základnu ve výši 62 % v porovnání s kontrolním porostem (obr. 1 nahore). Během sledování opadu byl ve věku 20 let proveden druhý výchovný zásah, který představoval redukci 75 % stromů. Výčetní základna zásahové plochy se snížila ve vztahu ke kontrolnímu porostu ze 77 % na 29 %. Na konci sledovaného období (ve věku 23 let) byl hektarový počet stromů na kontrolní ploše 1 730 jedinců s výčetní základnou 40,5 m².ha⁻¹. Plocha se zásahy vykazovala vůči kontrole 18 % počtu stromů (310 ks.ha⁻¹) a 36 % výčetní základny (14,6 m².ha⁻¹).

Roční opad na kontrolní ploše kolísal z 2,7 t.ha⁻¹ ve věku 15 let na 6,0 t.ha⁻¹ ve věku 23 let (obr. 2 vlevo). Celkově je patrný trend nárůstu množství opadu s věkem porostu. Na ploše se zásahy bylo až do věku 20 let zaznamenáno pouze nepatrně nižší množství opadu (86 až 99 % v porovnání s údaji kontrolní plochy). Výjimku tvořil rok 2003 (věk 14 let) kdy na ploše se zásahy opadlo 2,2 t sušiny na ha (68 % kontrolní plochy) a kdy ještě patrně dozníval vliv prvního výchovného zásahu provedeného před třemi lety.

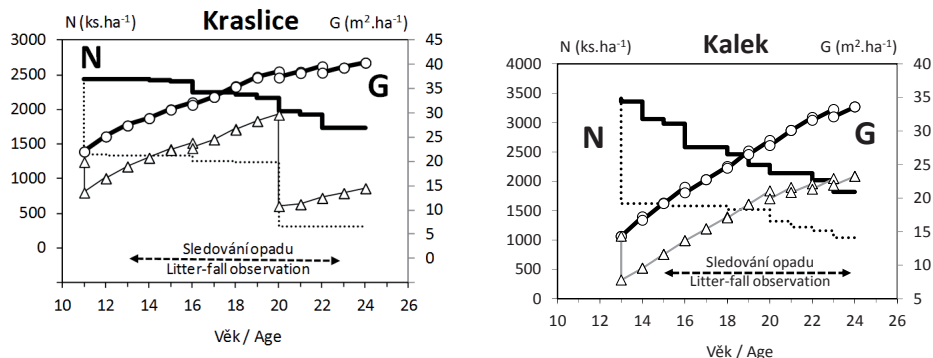
Po druhém zásahu ve věku 20 let se však situace změnila a pod porost se zásahy opadávalo pouze 44 až 53 % množství sušiny ve srovnání s kontrolou. Na konci sledování ve věku 23 let činil opad sušiny na hektar na kontrolní ploše 6,0 t, zatímco na ploše se zásahy 2,6 t. Za celých jedenáct let sledování (věk 13 až 23 let) opadlo v kontrolním porostu 46,6 tun sušiny na hektar (průměrný roční opad 4,2 tuny). V porostu se zásahy činilo toto množství 34,0 tun (průměrný roční opad 3,1 tuny), tj. 73 % vůči hodnotám zjištěným na kontrole.

Experiment Kalek

Sledování opadu na tomto experimentu probíhalo od věku porostu 15 let pouze v kontrolním porostu, který vykazoval hustotu 3 000 stromů na ha a výčetní základnu 19,3 m².ha⁻¹ (obr. 1 dole). Na ploše se zásahy bylo zahájeno sledování opadu až ve věku 20 let, tj. 7 let po zásahu, který by proveden ve věku 13 let a představoval redukci 52 % stromů (46 % výčetní základny). Na konci sledovaného období (ve věku 24 let) byl hektarový počet stromů na kontrolní ploše 1 820 jedinců s výčetní základnou 33,6 m².ha⁻¹. Plocha se zásahy vykazovala vůči kontrole 57 % počtu stromů (1 040 ks.ha⁻¹) a 69 % výčetní základny (23,3 m².ha⁻¹).

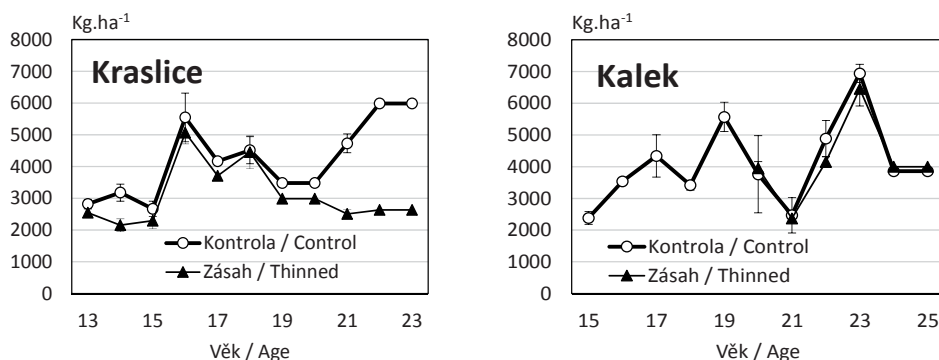
Roční opad na kontrolní ploše kolísal z 2,4 t.ha⁻¹ ve věku 15 let na 6,9 t.ha⁻¹ ve věku 23 let (obr. 2 vpravo). Trend nárůstu množství opadu s věkem porostu není jednoznačný. Na ploše se zásahy (sledování zahájeno až ve věku 20 let) bylo zaznamenáno pouze nepatrně nižší (ve věku 21 až 23 let o 4 – 15 %) nebo vyšší (ve věku 20 a 24 let o 5 a 4 %) v porovnání s údaji kontrolní plochy. Vliv prvního výchovného zásahu provedeného ve věku 13 let tedy již nebyl patrný. Za celých jedenáct let sledování (věk 15 až 25 let) opadlo v kontrolním porostu 45,0 tun sušiny na hektar (průměrný roční opad 4,1 tuny). V porostu se zásahy byl

opad měřen pouze šest let a průměrný roční opad činil 4,2 tuny. V kontrolním porostu byl ve stejném období průměrný roční opad o 3 % vyšší (4,3 t.ha⁻¹).



Obr. 1: Vývoj počtu stromů (N) a výčetní základny (G) na experimentech Kraslice (nahore) ve věku 11 až 24 let (2000–2013) a Kalek (dole) ve věku 13 až 24 let (2000–2011)

Fig. 1: Number of trees (N) and basal area on experiments Kraslice (above) at the age of 11 – 24 years (2000–2013) and Kalek (below) at the age of 13 – 24 years (2000–2011)



Obr. 2: Roční opad (průměr a směrodatné odchylky) na experimentech Kraslice (vlevo) ve věku 13 až 23 let (2002 – 2012) a Kalek (vpravo) ve věku 15 až 25 let (2002 – 2012)

Fig. 2: Annual litter-fall (mean with standard deviations) on experiments Kraslice (left) at the age of 13 – 23 years (2002 – 2012) and Kalek (right) at the age of 15 – 25 years (2002 – 2012)

Diskuse

Informací o opadu v mladých modřinových porostech není v lesnické literatuře mnoho. Navíc, podobně jako u dalších dřevin, jsou výzkumy směřovány spíše do starších porostů. Námi zjištěné hodnoty průměrného ročního opadu v mladých (věk do 25 let) porostech modřinu evropského se pohybují v rozmezí 4,1 až 4,3 tuny na hektar. K podobným údajům – průměrný roční opad 3,7 t.ha⁻¹ – došli v 28letých porostech Gower a Son (1992). Také ve starších (ca 40letých) porostech modřinu japonského (*Larix leptolepis*) byl zjištěn průměrný roční opad 3–4 tuny sušiny na hektar (Chang et al. 2009, 2011; Jeong et al. 2009; Kim et al. 2010).

U obou našich experimentů s modřínem nejsou v mladém věku výrazné rozdíly ani při srovnání dvou stanovištně odlišných lokalit. Přestože je experiment Kalek klasifikován na SLT 6S (navíc byl porost založen po mechanizovaném shrnutí klestu), jsou zde sledované modřínové porosty každoročně schopny vytvořit srovnatelnou biomasu jehlic jako na stanovišti experimentu Kraslice založeného v bývalé lesní školce (SLT 2I).

Po výchovném zásahu bylo v porostu v následujících letech zaznamenáno méně opadu. Rozdíl mezi variantou kontrolní a s výchovou byl nejvíce patrný u silných zásahů (druhý zásah na experimentu Kraslice). U mírnějších zásahů dojde již za několik let k nárůstu biomasy korun u uvolněných jedinců a hodnoty opadu se na obou variantách srovnávají (viz situace na experimentu Kalek).

Také k výraznému ovlivnění další fáze koloběhu živin (tj. dekompozice a mineralizace opadu) dochází až po několika letech po zásahu, přičemž je efekt výchovy závislý na její intenzitě. Pro mladé porosty modřínu japonského to potvrzuje, např. Son, Lee (1997) a Son et al. (1999).

Vliv výchovy na opad a jeho dekompozici prostřednictvím změny zápoje a s tím spojenou změnou mikroklimatu v porostu byl zaznamenán i pro další světlomilnou dřevinu – borovici: *Pinus sylvestris* (Blanco et al. 2006), *Pinus pinaster* (Roig et al. 2005) a *Pinus densiflora* (Kim et al. 2012).

Závěr

Na základě provedené analýzy množství opadu na dvou experimentech s výchovou modřínových porostů Kraslice a Kalek v Krušných horách lze konstatovat:

- V mladých porostech modřínu evropského do 25 let opadáva ročně ca 4 tuny sušiny na hektar.
- V jednotlivých letech množství opadu kolísá, je například výrazně sníženo po provedených silných výchovných zásazích.
- U mírnějších zásahů dochází již za několik let k nárůstu biomasy korun u uvolněných jedinců a hodnoty opadu se srovnávají s kontrolním porostem bez zásahu.

Z analýzy vyplývá nutnost dalšího sledování experimentů zaměřeného také na živinové složení opadu a šetření humusových a půdních poměrů. Do budoucna se také předpokládá sledování efektu klimatických charakteristik (například sucha nebo pozdních mrazů) na množství opadávající biomasy.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství České republiky – MZE-0002070203.

Literatura

- Bezecný, P. et al., 1992: Pěstování lesů. Praha, Ministerstvo zemědělství – Zemědělské nakladatelství, Brázda, 376 p.
- Blanco, J. A., Imbert, J. B., Castillo, F. J., 2006: Influence of site characteristics and thinning intensity on litterfall production in two *Pinus sylvestris* L. forests in the western Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, **237**: 342–352.

- Gower, S. T., Son, Y., 1992: Differences in Soil and Leaf Litterfall Nitrogen Dynamics for Five Forest Plantations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **56**: 1959–1966.
- Chang, Y. J., Cao, J., Jian-Jian, L., Pan, C. L., Chen, Q., Ma, L. D., 2009: Chemical properties of litter layers in coniferous forests of western Qinling Mountains. *Chinese Journal of Ecology*, **28**(7): 1308–1315.
- Chang, Y., Chen, Q., Cao, J., Lu, H., Wang, W., 2011: Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain, Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica*, **31**(9): 2392–2400.
- Jeong, J., Kim, C., An, H. C., Cho, H. S., Choo, G. C., 2009: A comparison of litterfall dynamics in three coniferous plantations of identical age under similar site conditions. *J. Ecol. Field Biol.*, **32**(2): 97–102.
- Kim, C., Jeong, J., Cho, H. S., Son, Y., 2010: Carbon and nitrogen status of litterfall, litter decomposition and soil in even-aged larch, red pine and rigitaeda pine plantations. *J. Plant Res.*, **123**: 403–409.
- Kim, C., Son, Y., Lee, W. K., Jeong, J., Noh, N. J., Kim, S. R., Ram Yang, A., 2012: Litter decomposition and nutrient dynamics following forest tending (Soopkakkugi) works in a *Pinus densiflora* stand. *Forest Science and Technology*, **8**(2): 99–104.
- Korpel, Š. et al., 1991: Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda, 472 p.
- Lang, W., 1971: Ökologische und hydrologische Untersuchungen in verschieden stark durchforsteten Fichten- und Lärchenbeständen des Schwarzwaldes. Baden-Württemberg, Stuttgart, Landesverwaltung, 87p.
- Mze, 2013: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. Praha, Ministerstvo zemědělství, 132 p.
- Podrázský, V., 2008: Restoration of humus forms on the bulldozed plots and reforested agricultural lands in the Ore Mts. *Scientia Agriculturae Bohemica*, **39**(2): 232–237.
- Podrázský, V. V., Ulbrichová, I., 2004: Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. *J. For. Sci.*, **50**: 249–255.
- Roig, S., Rio, M., Canellas, I., Montero, G., 2005: Litter fall in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. stands under different thinning regimes. *Forest Ecology and Management*, **206**: 179–190.
- Son, Y., Lee, I. K., 1997: Soil nitrogen mineralization in adjacent stands of larch, pine and oak in central Korea. *Annales des Sciences Forestieres*, **54**(1): 1–8.
- Son, Y., Lee, W. K., Lee, S. E., Ryu, S. R., 1999: Effects of thinning on soil nitrogen mineralization in a Japanese larch plantation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **30**(17–18): 2539–2550.
- Vicena, I., 1998: Modřín zvyšuje odolnost porostů proti vichřicím. *Lesnictví-Forestry*, **44**: 230–234.
- Vyskot, M. et al., 1978: Pěstění lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 448 p.

VLIV RŮZNÝCH ZPŮSOBŮ VYUŽITÍ TĚŽEBNÍCH ZBYTKŮ A MECHANICKÉ PŘÍPRAVY PŮDY NA CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

Impact of different utilization of logging residues and mechanical soil preparation
on the chemical properties of the soil

Jiří Remeš • Lukáš Bílek • Martin Fulín

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchbát, e-mail: remes@fld.czu.cz, bilek@fld.czu.cz, fulin@fld.czu.cz

Abstract

This paper presents a research project aimed at optimizing the utilization of logging residues in forests with regard to nutrient balance and sustainability of forest production. The basic aim of the project is to define and quantify the potential benefits and possible risks of using forest logging residues, which were not yet used to a greater extent. The first preliminary results of the effect of the variants use of logging residues and soil preparation on selected chemical properties in a model locality Municipal forests Doksy are also presented. The impact of the implemented measures as well as the considerable heterogeneity of soil properties was documented.

Keywords: logging residues, soil preparation, soil chemistry, sustainability of forest production

Abstrakt

Předložený příspěvek představuje výzkumný projekt zaměřený na optimalizaci využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce. Základním cílem řešeného projektu je definovat a kvantifikovat možné přínosy i případná rizika využívání zbytků po těžbě dřeva, které se dosud obvyklým lesnickým a dřevařským způsobem ve větší míře nevyužívaly. Prezentovány jsou dále první předběžné výsledky vlivu variantního využití těžebních zbytků a celoplošné přípravy půdy na vybrané chemické vlastnosti na modelovém území Městských lesů Doksy. Byl doložen vliv provedených opatření i značná heterogenita půdních vlastností.

Klíčová slova: těžební zbytky, příprava půdy, chemismus půdy, trvalost produkce

Úvod

V současné době se do popředí zájmu dostává využití těžebních zbytků. Hlavním cílem je především jejich energetické využití, což lze spatřovat mimo jiné i jako důsledek mezinárodních závazků České republiky vyplývajících ze Směrnice 2009/28/ES, která určuje pro ČR závazný cíl podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Protože je zřejmé, že biomasa (a tím i lesní štěpka) tvoří velmi významný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás využívají pro výrobu energie (tepla i elektrické energie), je význam této suroviny značný. Dalším významným faktorem, který tento zájem

vyvolává, je bezprostřední ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný.

Na druhé straně existují obavy z toho, aby tímto způsobem nedocházelo v důsledku systematického odnímání významného množství důležitých živin k postupné degradaci lesních stanovišť (zejména půdy). Je totiž známo, že obsah, resp. koncentrace důležitých živin (N, P, K) jsou nejnižší ve dřevě (které se také těžbou z porostů odstraňuje) a vyšší jsou ve dřevě větví, v kůře, v kořenech a v asimilačních orgánech (Materna 1963; Šrámek et al. 2009), tedy vesměs v těžebních zbytcích, které se klasickým lesnickým a dřevařským způsobem nevyužívají. Když k tomu připočítáme ještě nepříznivou situaci ve stavu lesních půd v České republice, projevující se zejména její acidifikací (Hruška, Ciencala 2001; Remeš, Podrázský 2006; Materna 2002), a s tím související problémy s výživou lesních dřevin (Materna 2002; Šrámek et al. 2009), jeví se reálnými předpoklady o možném vyčerpání zásoby kationtů v lesních půdách v případě odnímání celé biomasy stromů (Kreutzer 1979; Smith et al. 1986; Bublinec, Ilavský 1990; Corbeels et al. 2005).

Jednoznačně je proto doporučováno, aby v případě nutnosti tuto biomasu kompletně využívat bylo prováděno doplňování zásoby živin aplikací melioračních materiálů, přičemž může úprava chemismu půdy také přispět ke zlepšení zdravotního stavu a vitality lesních porostů (Flückiger, Braun 1995; Katzensteiner et al. 1995; Jandl et al. 2001; Podrázský et al. 2005; Vacek et al. 2009).

Aktuálnost výše zmíněné problematiky je důvodem řešení výzkumného projektu s názvem Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce. Základním cílem řešeného projektu je definovat a kvantifikovat možné přínosy i případná rizika využívání zbytků po těžbě dřeva, které se dosud ve velké míře obvyklým lesnickým a dřevařským způsobem nevyužívaly. Prakticky využitelným cílem projektu bude návrh jak optimálně a diferencovaně nakládat s těžebními zbytky na modelovém území, aby byla zajištěna trvalost produkčních a stanovištně-ekologických podmínek spolu s dosažením maximálních ekonomických přínosů.

Východiska projektu:

- 1) Mezinárodní závazek České republiky vyplývající ze Směrnice 2009/28/ES určuje pro ČR závazný cíl podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Dřevo včetně těžebních zbytků je relevantním zdrojem obnovitelného zdroje energie.
- 2) Trvale udržitelné hospodaření v lesích je možné pouze za předpokladu, že jsou dlouhodobě vyrovnané vstupy a výstupy látek (živin) z (do) ekosystému (půdy).

Materiál a metodika

Projekt je realizován na modelovém území Městských lesů Doksy, s.r.o. (cca 60 km severně od Prahy), které se nachází v přírodní lesní oblasti č. 18 Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Založení experimentu předcházela mytní těžba nesmíšených borových porostů (zásoba porostu cca 300 m³.ha⁻¹), na stanovišti charakterizovaném SLT 0M – chudý bor (*Querceto*)-*Pinetum oligotrophicum*, nadmořskou výškou cca 270 m, terénně jde o rovinu přecházející ve velmi mírný svah. Po vytěžení a odvozu dříví byly na oddělených částech ploch realizovány následující varianty nakládání s těžebními zbytky:

- I. Odstranění těžebních zbytků z vytěžené plochy bez náhrady** (odvoz štěpky a její energetické využití).
- II. Spálení těžebních zbytků a ponechání vzniklého popela na místě** (experiment s přihnojením popelem ze spalovny biomasy – lesní štěpky byl založen až následně po odběrech vzorků půdy a není předmětem tohoto hodnocení).
- III. Rozštěpkování těžebních zbytků drtičem klestu a jejich rozptýl po obnovované ploše.**
- IV. Koncentrace (shrnutí) klestu do valů.**

Poté byla u všech variant provedena celoplošná příprava půdy naoráním v souladu s obvyklým postupem při obnově borových porostů na těchto chudých stanovištích. Poté zde byly založeny experimentální plochy (velikost cca 0,03 ha), které byly následně zalesněny borovicí lesní a dubem zimním. Všechny plochy byly oploceny, aby se vyloučil vliv zvěře. Celkem byly založeny výzkumné plochy na třech lokalitách, jednotlivé varianty managementu těžebních zbytků byly na jednotlivých lokalitách dvakrát opakovány. Předložený příspěvek prezentuje vybrané charakteristiky půd ze dvou lokalit.

Sledované a hodnocené parametry

- chemismus svrchních vrstev půdy (*charakteristiky sorpčního komplexu, pH, celkové, přístupné a výměnné živiny, vybrané těžké kovy – Cd, Cu, Zn, Pb, As, základní parametry biologické aktivity půdy*),
- vlhkost svrchní vrstvy půdy,
- růstové parametry vysázených dřevin na obnovovaných plochách (*výšky, výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku*). Sledovány jsou každoročně,
- stav jejich výživy (*včetně obsahu rizikových prvků – Cd, Cu, Zn, Pb, As*) – hodnoceno bude na začátku a na konci sledovaného období,
- monitoring přirozené obnovy a rozvoje přizemní vegetace na obnovených plochách,
- kvantifikace těžebních zbytků a v nich obsažených živin pro vyčíslení ztrát živin v případě komplexního využívání lesní biomasy během mýtní těžby.

Pro potřeby tohoto příspěvku jsou zde uvedené pouze některé předběžné sumární výsledky hodnocení vlivu přípravy půdy a managementu těžebních zbytků na chemismus vrchních vrstev půdy, a to na dvou lokalitách.

V jednotlivých odebraných vrstvách půdy (0 – 10, 10 – 20, 20 – 30 cm) bylo stanoveno:

- obsah oxidovatelného uhlíku, obsah humusu, obsah celkového dusíku Kjeldahlovou metodou,
- půdní reakce, jako pH v H₂O a 1 N KCl, charakteristiky sorpčního komplexu: S – obsah bází, T-S (H) – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná acidita a V – nasycení sorpčního komplexu bázemi,
- přístupné živiny byly stanovené metodou Mehlich III,
- charakteristiky výměnné acidity stanovené ve výluhu KCl.

Výsledky a diskuze

V tabulce 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty sledovaných parametrů kyselosti a stavu sorpčního komplexu svrchní vrstvy substrátu (0 – 10 cm), do kterého byly vysázeny sazenice. Jde o průměrné hodnoty ze dvou lokalit, na každé lokalitě byly přítom vzorky odebrány ve třech opakováních z každé varianty, v tabulce jde tedy o průměr z 6 údajů. Z výsledků

jsou patrné poměrně výrazné rozdíly u jednotlivých variant. V případě půdní kyselosti zde bylo zjištěno průkazně nižší pH u variant, kde byl klest spálen nebo rozdrcen (tab. 1). S narůstající hloubkou půdy se rozdíly snižovaly. Tento výsledek je poněkud překvapující zejména u varianty, kde byl klest spálen. Je obecně známo, že popel ze spálené dřevní biomasy je alkalický a měl by tudíž pH zvyšovat (Augusto et al. 2008). Protože však nebyl popel ze spálených hromad klestu rovnoměrně po ploše rozhrnutý, je možné, že místa odběru půdních vzorků nebyla tímto popelem výrazně dotčena. Velký vliv měla také pravděpodobně i provedená mechanická příprava půdy naoráním, která výrazně promísila půdní profil a překryla vliv zpracování těžebních zbytků. Byl proto následně založen samostatný experiment s přihnojením přesnou dávkou dřevěného popelu a bude vyhodnocen jeho vliv na růst sazenic i stav půdy.

Naopak u parametrů sorpčního komplexu byla situace opačná a varianty s využitím těžebních zbytků na obnovované ploše (pálení a drcení) mají vyšší obsah bázi i vyšší nasycenost sorpčního komplexu (statisticky průkazné jsou přitom rozdíly mezi variantou pálení a odvozem klestu, na hranici průkaznosti jsou pak rozdíly mezi pálením a shrnutím klestu do valů, tab. 1). Relativně velmi nízké hodnoty nasycenosti, resp. extrémně vysoká nenасыcenost sorpčního komplexu odpovídají charakteru půdy, jedná se totiž o téměř čistý písek s minimálním sorpčním potenciálem. Obdobné výsledky přinesly analýzy obsahu humusu, oxidovatelného uhlíku, dusíku a spalitelných látek i hodnoty složek výměnné titrační acidity (tab. 2). Mechanizované odstranění těžebních zbytků představuje i shrnutí části humusové vrstvy, čímž dochází ke ztrátám uhlíku. Nižší obsahy uhlíku a dusíku na skarifikovaných plochách oproti plochám, kde byly těžební zbytky spáleny doložil z oblasti Skandinávie také např. Örlander et al. (1996). Ztrátu organické hmoty jako následek mechanické přípravy půdy dokládá také, např. Graham et al. (1989).

Tabulka 1: Acidita půdy a parametry sorpčního komplexu ve svrchní vrstvě půdy (0 – 10 cm)

Table 1: Soil acidity and parameters of adsorption complex in upper soil layer (0 – 10 cm)

Varianta ¹	pH H ₂ O	pH KCl	S	T – S	T	V
			[mmol/kg]			[%]
Pálení ²	3.91	3.22	32.4	208.2	240.7	10.42
Odvoz klestu ³	4.76	4.38	0.1	14.2	14.3	0.36
Klest ve valech ⁴	4.84	4.50	0.1	21.4	21.5	0.26
Rozdrcený klest ⁵	3.84	3.34	13.3	189.4	202.8	6.23

¹Variant, ²Swamper burning, ³Transport of slash, ⁴Slash disposal, ⁵Crushing slash

Tabulka 2: Obsah humusu, dusíku, uhlíku, spalitelných látek a výměnné titrační acidity ve vrchní vrstvě půdy (0 – 10 cm)

Table 2: Content of humus, nitrogen, carbon, combustible matters and exchangeable volumetric acidity in upper soil layer (0 – 10 cm)

Varianta ¹	Humus ⁶	Oxidovatelný uhlík ⁷	Spalitelné látky ⁸	Dusík ⁹ Kjeldahl	Výmenná titr. acid. ¹⁰	Výměnný ¹¹ H ⁺	Výměnný ¹² Al ³⁺
	[%]				[mmol/kg]		
Pálení ²	21.02	12.19	24.73	0.33	65.76	2.62	63.14
Odvoz klestu ³	1.01	0.59	0.86	0.01	2.10	0.03	2.08
Klest ve valech ⁴	0.77	0.44	1.17	0.00	2.32	0.28	2.03
Rozdrcený klest ⁵	8.49	4.93	12.23	0.13	39.75	5.31	34.44

¹Variant, ²Swamper burning, ³Transport of slash, ⁴Slash disposal, ⁵Crushing slash, ⁶Humus, ⁷Oxidizable carbon, ⁸Combustible matters,

⁹Nitrogen (Kjeldahl), ¹⁰Exchangeable volumetric acidity, ¹¹Exchangeable H⁺, ¹²Exchangeable Al³⁺

Tabulka 3: Obsah přístupných živin (Mehlich III) ve svrchní vrstvě půdy (0 – 10 cm)
Table 3: Content of available nutrients (Mehlich III) in upper soil layer (0 – 10 cm)

Varianta ¹	P	K	Ca	Mg
	[mg/kg]			
Pálení ²	16.11	175.44	208.83	88.38
Odvoz kletu ³	2.78	54.39	132.17	50.00
Klest ve valech ⁴	1.00	20.33	242.33	31.00
Rozdrcený klest ⁵	5.17	64.33	131.83	136.16

¹Variant, ²Swamper burning, ³Transport of slash, ⁴Slash disposal, ⁵Crushing slash

Také v obsahu přístupných živin (Mehlich III.) jsou na jednotlivých variantách patrné rozdíly. Ty jsou však vesměs pod hranicí průkaznosti. Přesto se zdá, že odvoz a shrnutí těžebních zbytků ze zalesňované plochy v kombinaci s mechanickou přípravou půdy poměrně významně snížil obsah přístupných živin (s výjimkou vápníku) ve svrchní vrstvě substrátu (tab. 3). Snížení obsahu některých živin v půdě jako následek skarifikace potvrzuje také, např. Hope (2007). Naproti tomu Mariani et al. (2005) konstatuje, že sledované mikrobiální parametry půdy (obsah C, N, C:N, mikrobiální respirace a přístupný dusík) nebyly způsobem těžby (včetně odstranění povrchu půdy) významně dotčeny.

Závěr

V předloženém příspěvku byl hodnocen vliv rozdílného využití těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na vybrané chemické vlastnosti půdy, resp. substrátu, do kterého se zalesňuje. Předběžné výsledky potvrdily poměrně významný vliv provedených opatření na svrchní vrstvu půdy (0 – 10 cm), ale i značnou heterogenitu zkoumaných půdních vlastností. Směrem do větší hloubky půdy (10 – 30 cm) se rozdíly zkoumaných parametrů významně snižovaly. U některých parametrů se nepotvrdily předpokládané dopady zpracování a ponechání těžebních zbytků na plochách (např. obsah humusu a pH u varianty spálení těžebních zbytků), v případě obsahu bází a nasycenosti sorpčního komplexu byly výsledky již spíše očekávané. Obsah přístupných živin byl odstraněním organické hmoty (těžebních zbytků) z plochy poněkud snížen. Výsledky tak naznačují velký vliv mechanické přípravy půdy naoráním i možnou vysokou přirozenou variabilitu půdních vlastností na daném stanovišti. Jedná se zatím o první předběžné výsledky, které budou dále zpřesňovány zahrnutím další lokality do hodnocení. Vyhodnoceno bude také odrůstání a vitalita výsadeb a experiment s přihnojením sazenic popelem ze spalovny na dřevěnou štěpku.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu NAZV QJ1220099 Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce.

Literatura

- Augusto, L., Bakker, M. R., Meredieu, C., 2008: Wood ash applications to temperate forest ecosystems – potential benefits and drawbacks. *Plant Soil*, **306**: 181–198.
- Bublinec, E., Ilavský, J., 1990: Harvesting of aboveground biomass of trees and its effect on site conditions in forests. *Lesnictví*, **36**: 887–894.

- Corbeels, M., McMurtrie, R. E., Pepper, D. A., Mendham, D. S., Grove, T. S., O'Connell, A. M., 2005: Long-term changes in productivity of eucalypt plantations under different harvest residue and nitrogen management practices: a modelling analysis. *For. Ecol. Manage.*, **217**: 1–18.
- Graham, R. T., Harvey, A. E., Jurgensen, M. F., 1989: Effect of site preparation on survival and growth of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) seedling. *New Forests*, **3**: 89–98.
- Hope, G. D., 2007: Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia. *For. Ecol. Manage.*, **242**: 625–635.
- Hruška, J., Ciencala E., 2001: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor dnešního lesnictví. Praha, MŽP, 160 p.
- Jandl, R., Glatzel, G., Katzensteiner, K., Eckmüllner, O., 2001: Amelioration of magnesium deficiency in a Norway spruce stand (*Picea abies*) with calcined magnesite. *Water Air Soil Pollut.*, **125**: 1–17.
- Katzensteiner, K., Eckmuellner, O., Jandl, R., Glatzel, G., Sterba, H., Wessely, A., Hüttl, R., 1995: Revitalization experiments in magnesium deficient Norway spruce stands in Austria. *Plant Soil*, **168–169**: 489–500.
- Kreutzner, K., 1979: Oeschologische Fragen zur Vollbaumernte. *Forstw. Cbl.*, **98(4)**: 298–308.
- Mariani, L., Chang, S.X., Kabzems, R., 2006: Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology & Biochemistry*, **38**: 1734–1744.
- Materna, J., 1963: Hnojení lesních porostů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 227 p.
- Materna, J., 2002: Souhrnné výsledky průzkumu stavu povrchových vrstev lesních půd v období 1993–1999. Brno, ÚKZÚZ, 98 p.
- Örlander, G., Egnell, G., Albrektson, A., 1996: Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *For. Ecol. Manage.*, **86**: 27–37.
- Podrázský, V., Vacek, S., Remeš, J., Ulbrichová, I., 2005: Application of Mg – fertilizers to prevent and to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, **51** (Special issue): 43–48.
- Remeš, J., Podrázský, V., 2006: Fertilization of spruce monocultures in the territory of Training Forest Enterprise in Kostelec nad Černými lesy. *Journal of Forest Science*, **52** (Special issue): 73–78.
- Smith, C. T., McCormack, M. L., Hornbeck, J. W., Martin, C. W., 1986. Nutrient and biomass removals from a red spruce-balsam fir whole tree harvest. *Canadian Journal of Forest Research*, **16**: 381–388.
- Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R., 2009: Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, **54(4)**: 307–315.
- Vacek, S., Hejzman, M., Semelová V., Remeš, J., Podrázský, V., 2009: Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *Eur J Forest Res.*, **128**: 367–375.

VLIV ZVĚŘE NA STRUKTURU A PŘIROZENOU OBNOVU BUKOSMRKOVÝCH POROSTŮ V ORLICKÝCH HORÁCH

The impact of game on structure and natural regeneration of beech-spruce stands
in the Orlické Mountains

Zdeněk Vacek • Jan Král • Stanislav Vacek

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 - Suchbát, e-mail: vacekz@fld.czu.cz, kraljan@fld.czu.cz, vacekstanislav@fld.czu.cz

Abstract

The paper deals with the study of the forest stand structure and development with an emphasis on natural regeneration and damage by game in natural beech-spruce forest stands in NNP Trčkov in the Protected Landscape Area Orlické Mountains (Czech Republic). The research was conducted on two permanent research plots (PRP 5, 6) of the size 0.25 ha using FieldMap technology. Habitat and stand characteristics are the same on both PRP's, but PRP 5 is mechanically protected against game browsing, TVP 6 is located near and outside of the fence. Phase of regeneration and growth up stadium on the unfenced plot are suppressed despite of its multi-layer structure. The number of natural regeneration higher than 50 cm on PRP 5 was 1 852 pcs.ha⁻¹, on control PRP 6 it was 3 times lower (688 pcs.ha⁻¹). Significant differences in the current height growth were documented between plots since the age of 10 years ($p < 0.001$). The results show that the browsing effect of the game represents the significant limiting factor for successful development of natural regeneration of beech and spruce. Interspersed fir and rowan are completely eliminated by browsing (88.8 to 93.7 % of individuals).

Keywords: game damage, mixed natural forest, European beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), NNP Trčkov

Abstrakt

Príspevek sa zaoberá štúdiom štruktúry a vývoja porostů s akcentom na prirodzenou obnovu a škody zvierí v prírodných smrkobukových leších v NPR Trčkov v Chráněné krajinné oblasti Orlické hory (Česká republika). Výzkum se uskutečnil na dvou trvalých výzkumných plochách (TVP 5, 6) o velikosti 0,25 ha s použitím technologie FieldMap. Stanovištní i porostní charakteristiky obou TVP jsou stejné, TVP 5 je však mechanicky chráněna proti zvěři, TVP 6 se nachází v její blízkosti mimo oplocenku. Bohatě strukturované porosty jsou na neoplocené ploše početně a druhově ochuzeny o část fáze obnovy a stadia dorůstání. Celkový počet přirozeně jedinců obnovy vyšší než 50 cm byl na TVP 5 1 852 ks.ha⁻¹, na kontrolní TVP 6 byl 3krát nižší (688 ks.ha⁻¹). Při porovnání běžného výškového růstu a růstu sníženého okusem byl cca od věku 10 let zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$). Z výsledků vyplývá, že významným limitujícím faktorem zdárného vývoje přirozené obnovy buku a částečně i smrku je zde vysoká zvěř. Vtroušená jedle a jeřáb jsou okusem zcela likvidovány (88,8 – 93,7 % jedinců).

Klíčová slova: škody zvěří, smíšený přírodní les, buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.), NPR Trčkov

Úvod a problematika

Přírodě blízké lesy jsou díky své mnohonásobně větší druhové rozmanitosti v současnosti intenzivně studovaným objektem (Oheimb et al. 2005; Kuchel et al. 2012; Vacek et al. 2013). Přírodní a přírodě blízké lesy s vysokým stupněm přirozenosti představují nenahraditelný zdroj inspirace pro management kulturních lesních ekosystémů.

Jak se les na daném stanovišti vyvíjel, je možné poznat zejména v původním či přírodním lese, ve kterém probíhají primární lidskou činností nerušené vývojové procesy. Pokud původní či přírodní les na daných stanovištích neexistuje, tak je nutné mu dát dostatečný prostor v lesích přírodě blízkých, aby se vytvořil. K tomu je však třeba velmi dlouhé doby. Ve většině případů je proto přípustné a žádoucí, aby se přírodě k urychlení tohoto procesu pomohlo vhodným přírodě blízkým managementem (Lindh, Muir 2004). Avšak při tvorbě přírodě blízkého managementu by jedním z neopomenutelných hledisek měla být studie vlivu zvěře na přirozený a nerušený vývoj lesa. Přítomnost spárkaté zvěře může silně ovlivňovat strukturu, složení, růst a přirozený vývoj lesního porostu v důsledku intenzivního a selektivního poškozování, přičemž horské lesy jsou náchylnější k poškozování než lesy nížin (Motta 2003). Předmětem tohoto příspěvku je lokalita s přírodě blízkým složením porostů v NPR Trčkov v Orlických horách, kde cílem práce bylo zhodnotit porostní strukturu na dvou modelových plochách s akcentem na vliv spárkaté zvěře.

Materiál a metodika

NPR Trčkov s výměrou 65,13 ha se nachází v CHKO Orlické hory a náleží do PLO 22 – Orlické hory. Průměrná roční teplota se zde pohybuje okolo 5,5 °C a roční úhrn srážek je cca 1000 mm. Podloží tvoří převážně krystalické břidlice a převládajícím půdním typem jsou kyselé kambizemě. Druhovou skladbu tvoří smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.; SM, 63,7 %), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.; BK, 33,9 %), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L., KL, 1,0 %), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.; JD, 0,9 %) a 0,5 % ostatní dřeviny. Bylinné patro je tvořeno druhy smrkojedlobučin náležejícími do podsvazu *Acerion* a částečně *Eu-Fagion* a *Luzulo-Fagion* (Vacek et al. 2010, 2013). Ze systému 6 trvalých výzkumných ploch (TVP) pro tento účel byly vybrány TVP 5 a TVP 6, nacházející se ve stanovištně a porostně shodných podmínkách (tab. 1).

Tabulka 1: Přehled základních charakteristik o TVP Trčkov 5 a 6 (podle Lesního hospodářského plánu 2004, věk porostu aktualizován k roku 2014)

Table 1: Overview of basic characteristics of PRP 5 and 6 (according to Forest management plan, situation 2004, age of forest stands updated to 2014)

	Název plochy ¹	GPS	Dřevina ²	Věk ³	Výška ⁴	Výčetní tloušťka ⁵	Zásoba ⁶	Nadmoř. výška ⁷	Expozice ⁸	Sklon ⁹	Lesní typ ¹⁰
					[m]	[cm]					
5	Trčkov oplocená	50° 18' 51,7" N 16° 25' 06,2" E	SM	185/46	33	55	227	795	SV	11	6V1
			BK		30	56	118				
			JD		34	59	20				
6	Trčkov kontrolní	50° 18' 46,8" N 16° 25' 04,6" E	SM	189/52	35	55	262	815	SV	17	6S1
			BK		30	50	66				
			JD		36	58	19				

Vysvětlivky – Explanatory notes: oplocená – fenced, kontrolní – control, SM – spruce, BK – beech, JD – fir, SV – NE, 6V1 – moist spruce-beech forest with broad buckler fern, 6S1 – lush spruce-beech forest with broad buckler fern.

¹)Plot name, ²)Tree species, ³)Mean Age, ⁴)Height, ⁵)DBH, ⁶)Standing volume, ⁷)Altitude, ⁸)Exposure, ⁹)Gradient, ¹⁰) Forest type

TVP 5 je od r. 1989 oplocena a kontrolní TVP 6 je umístěna vedle oplocenky. Normované stavy zvěře v NPR Trčkov jsou u jelení zvěře 8 ks a u srnčí 32 ks na 100 ha. Vera (2000) přitom uvádí, že pro zdárné odrůstání přirozené obnovy jsou přípustné stavy 0,5 – 3 ks jelení zvěře a 4 – 5 ks srnčí zvěře na 100 ha. Současné stavy jelení zvěře jsou zde ještě vyšší a dosahují cca 10 ks na 100 ha. Pro stanovení struktury stromového patra na TVP o velikosti 50 × 50 m (0,25 ha) byla použita technologie FieldMap. U stromového patra byly změřeny pozice, korunové projekce, výčetní tloušťky, výšky stromů a nasazení zelené koruny. U jedinců přirozené obnovy s výškou ≥ 50 cm byla měřena: pozice, výška, šířka koruny a klasifikovány škody okusem. U juvenilních stadií byly v oplocence i mimo oplocenku v bezprostřední blízkosti TVP odebrány vzorky k růstovým analýzám v počtu 5 – 12 kusů z každé varianty.

Z naměřených dendrometrických údajů byly pro stromové patro vypočteny základní porostní ukazatelé. Diverzita porostu byla hodnocena v rámci druhové diverzity (bohatost, heterogenita, vyrovnanost), strukturální diverzity (horizontální a vertikální) včetně L -funkce a celkové diverzity (cf. Vacek et al. 2013). U horizontální struktury byl test významnosti odchylek proveden pomocí Monte Carlo simulací a střední hodnoty L -funkce byly odhadnuty jako průměry z 1999 vygenerovaných bodových struktur (software PointPro 2.2). Škody zvěří a diferenciacie obnovy byly testovány pomocí analýzy rozptylu a následně hodnoceny dle Fisherova testu (software Statistica 12).

Výsledky a diskuze

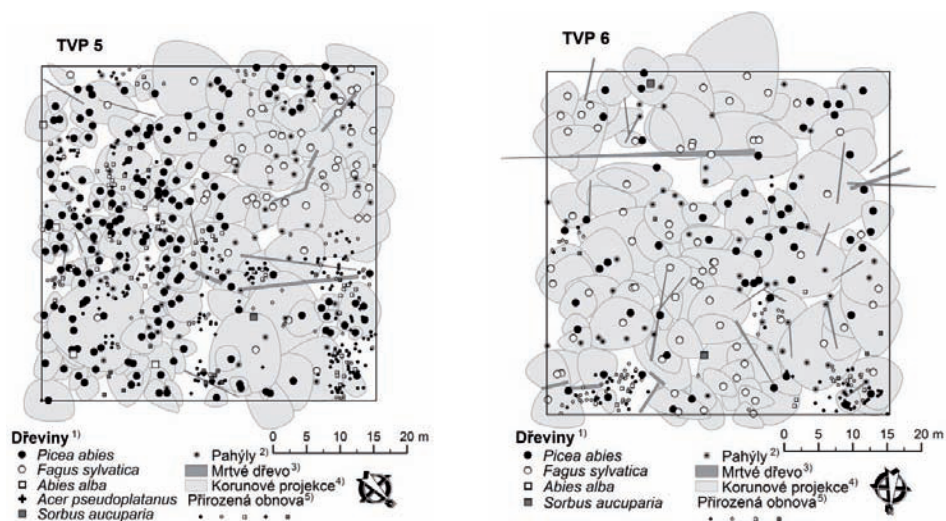
Z hlediska druhové diverzity s výskytem 3 (TVP 6) až 5 (TVP 5) dřevin se dle indexu druhové bohatosti, vyrovnanosti a různorodosti jedná o porosty s převážně střední diverzitou (tab. 2). Vertikální struktura je zde relativně diverzifikovaná ($A = 0,577 - 0,615$), je tvořena několika etážemi. Földnerův index výškové a tloušťkové diferenciacie ukazuje na porosty se střední strukturální diferenciací. Z hlediska porostní proměnlivosti (celkové diverzity) se na obou TVP jedná o porosty s bohatou výstavbou ($B = 7,818 - 8,772$). Ve všech zmiňovaných případech, vyjma druhové vyrovnanosti (nízký počet JD a JR), jsou zkoumané strukturální indexy ve prospěch oplocené TVP 5. Podle zjišťovaných agregčních indexů jsou jedinci stromového patra rozmístěni na TVP 6 náhodně (obr. 1). Na TVP 5 však horizontální struktura od náhodného uspořádání inklinuje ke shlukovitému, poněvadž početné zastoupení stromů v nižších vrstvách vykazuje sklon k agregaci, což je důsledek zdárného odrůstání přirozené obnovy (cf. Oheimb et al. 2005; Vacek et al. 2010). Shlukovité rozmístění od rozestupu 3 m potvrdila i L -funkce (obr. 2).

Tabulka 2: Přehled indexů popisující biodiverzitu stromového patra na TVP Trčkov 5 a 6

Table 2: Overview of indices describing the biodiversity of tree layer on PRP Trčkov 5 and 6

TVP	D (Mai)	H' (Shi)	E (Pii)	A (Pri)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	R (C&Ei)	α (Pi&Moi)	B (J&Di)
5	0,589	0,366	0,481	0,615	0,474	0,463	1,068	1,232	8,772
6	0,320	0,280	0,587	0,577	0,415	0,414	1,042	1,085	7,818

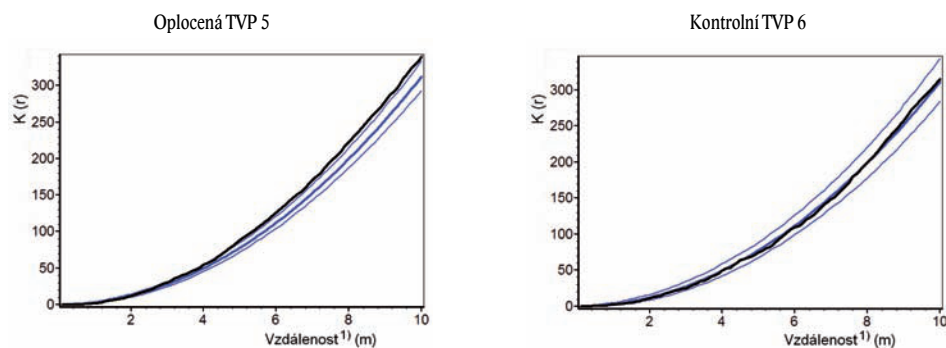
Vysvětlivky – *Explanatory notes:* TVP – trvalá výzkumná plocha – *permanent research plot*; D – index druhové bohatosti – *index of species diversity*, H' – index druhové různorodosti (entropie H') – *index of species diversity (entropy)*, E – index druhové vyrovnanosti – *index of species equability*, A – Arten-profil index – *Arten-profile index*, TM_d – index tloušťkové diferenciacie – *index of diameter differentiation*, TM_h – index výškové diferenciacie – *index of height differentiation*, R – agregční index – *index of aggregation*, α – index ne-náhodného rozdělení – *index of non-randomness*, B – index porostní proměnlivosti – *index of stand changeability (total diversity index)*.



¹Tree species, ²Stump, ³Lying dead wood, ⁴Crown projection, ⁵Natural regeneration

Obr. 1: Horizontální struktura stromového patra smíšeného porostu na oplocené TVP Trčkov 5 a kontrolní TVP 6 (program ArcGIS 10.0 Copyright 1999 – 2010 Esri)

Fig. 1: Horizontal structure of the tree layer of mixed forest on fenced PRP Trčkov 5 and control PRP 6 (program ArcGIS 10.0 Copyright 1999 – 2010 Esri)

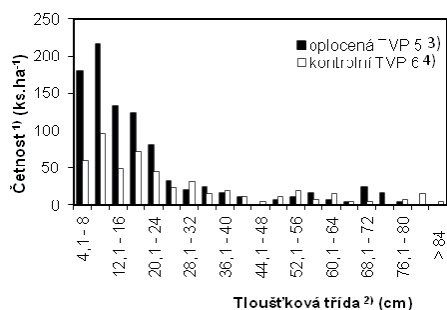


¹Distance

Obr. 2: Horizontální struktura stromového patra na TVP Trčkov 5 a 6 vyjádřená K-funkcí (program PointPro 2.2 Copyright 2010 Dan Zahradník)

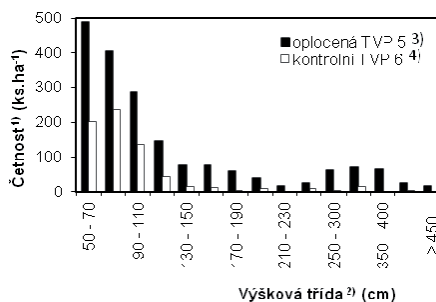
Fig. 2: Horizontal structures of tree layer on fenced PRP Trčkov 5 and control PRP 6 expressed by K-function (program PointPro 2.2 Copyright 2010 Dan Zahradník)

V současnosti se na TVP 5 a 6 jedná o prostorově a věkově výrazně diferencované smíšené porosty (podíl smrku 73 a 73 %, buku 15 a 27 %, jedle 12 a 0 % a jeřábu < 1 %). Zásoba hroubí sdruženého porostu kolísá mezi 552–558 m³.ha⁻¹ a celkový běžný přírůst je 6,75 – 7,55 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Na oplocené TVP 5 se nachází 928 ks.ha⁻¹ jedinců stromového patra, na kontrolní TVP 6 o 408 ks.ha⁻¹ méně (tab. 3). Tloušťkové třídy 4 – 24 cm početně výrazně převládají na oplocené TVP 5 (p < 0,001), která se blíží svým rozdělením výběrné struktury



Obr. 3: Histogram tloušťkových tříd stromového patra na oplocené TVP Trčkov 5 a kontrolní TVP 6 v přepočtu na 1 ha

Fig. 3: Frequency of diameter classes of tree layer per hectare on fenced PRP Trčkov 5 and control PRP 6



Obr. 4: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na oplocené TVP Trčkov 5 a kontrolní TVP 6 v přepočtu na 1 ha

Fig. 4: Frequency of height structure of natural regeneration per hectare on fenced PRP Trčkov 5 and control PRP 6

¹Number of trees per hectare, ²Diameter/heightclass, ³fenced PRP 5, ⁴control PRP 6

(obr. 3). Porost na TVP 5 má dobré autoregulační schopnosti, vyvíjí se úměrně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu, avšak na TVP 6 je značně ochuzen o počáteční stadium dorůstání. Zcela zde chybí jedle a jeřáb, jež spárkatá zvěř výrazně potravně upřednostňuje (Senn, Suter 2002; Motta 2003). V NPR Trčkov je jedle mimo oplocení zastoupena téměř výhradně jen v silných tloušťkových třídách, z toho zákonitě vyplývá redukce jejího podílu nejen v těchto cenných autochtonních porostech. Snižování podílu jedle bylo pozorováno, např. ve Slovinsku (Klopčič et al. 2010) nebo na Slovensku (Štefančík 2006).

Tabulka 3: Přehled porostních veličin sdruženého smíšeného porostu na TVP Trčkov 5 a 6

Table 3: Overview of stand parameters of total mixed stand on PRP Trčkov 5 and 6

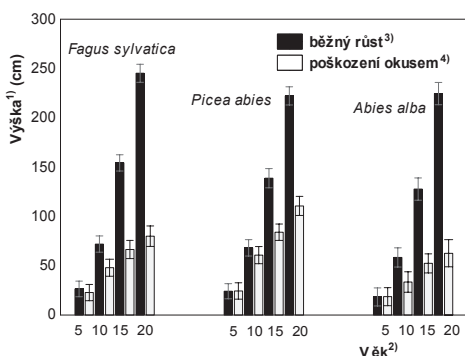
TVP	m	t	$d_{1,3}$	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP
5	BK	119	24,1	17,67	0,544	0,439	192	8,7	84	73,3	1,65	0,71
6	BK	131	25,3	17,67	0,625	0,555	272	13,6	151	69,8	2,35	1,21
5	SM	156	25,5	13,01	0,868	0,577	708	36,2	408	51,0	5,10	2,62
6	SM	165	41,6	18,66	0,657	1,667	240	32,4	400	44,9	4,40	2,42
5	JD	181	55,8	24,96	0,529	3,229	20	4,5	65	44,7	0,80	0,36
5	SUMA	153	26,1	14,20	0,791	0,601	928	49,6	558	54,4	7,55	3,64
6	SUMA	156	33,7	18,05	0,659	1,062	520	46,4	552	53,6	6,75	3,54

Vysvětlivky – Explanatory notes: TVP – trvale výzkumná plocha – permanent research plot; m – dřevina – species (BK – beech, SM – spruce, JD – fir); t – průměrný věk porostu – average stand age; $d_{1,3}$ – průměrná výčetní tloušťka (cm) – mean dbh (cm); h – střední výška (m) – mean height (m); f – výtvarnice – form factor; v – průměrný objem stromu (m^3) – average tree volume; N – počet stromů na 1 ha – number of trees per hectare; G – výčetní kruhová základna ($m^2 \cdot ha^{-1}$) – basal area; V – objem porostu ($m^3 \cdot ha^{-1}$) – stand volume; h:d – štíhlostní kvocient – slenderness quotient; CBP – celkový běžný přírůst ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) – total current increment; CPP – celkový průměrný přírůst ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) – total average increment.

U nárostu ($h \geq 50$ cm) se na TVP 5 nachází v přepočtu na 1 ha 1 068 jedinců SM, 388 BK, 312 JD a 84 JR; tj. celkem 1 852. Na TVP 6 je 688 ks. ha^{-1} nárostových jedinců se 48 % podílem SM, 40 % BK, 8 % JD a 4 % JR. Je to téměř 3krát nižší počet než na oplocené ploše. Na TVP 5 obnova vyšší 190 cm, tj. odrostlá terminálnímu okusu tvoří 40,1 % (364 ks. ha^{-1}), na TVP 6 pouze 11,3 % (40 ks. ha^{-1}). V důsledku silného tlaku spárkaté zvěře to nelze považovat za obnovu biologicky zabezpečenou. Při porovnání zastoupení exemplářů

nárastu ve výškových třídách početně dominuje TVP 5 ($p < 0,001$). Od výšky ≥ 150 cm na TVP 5 převyšují ostatní třídy 6 – 20krát oproti TVP 6 (obr. 4). Jen velmi sporadicky u kontrolní plochy dochází k přesunu nárastu z prvních výškových tříd do vyšších, občas je tomu u SM, u BK jen zřídka. Nejvíce jsou poškozovány JD a JR, přičemž žádný jedinec zde nepřesahuje výšku 110 cm. Na TVP 5 má JR 16 ks.ha⁻¹ a JD 84 ks.ha⁻¹. Těž z práce Klopčic et al. (2010) porovnávající přirozenou obnovu v oplocené a v neoplocené části porostu vyplývá, že zmlazení JD se mimo oplocenku v důsledku okusu téměř nevyskytovalo. Podobně tomu je např. v Italských Alpách, kde JR ve výškové třídě 100 – 160 cm vlivem okusu téměř chybí, ale SM je ve výškovém rozmezí 10 – 150 cm poškozován pouze u 10 – 16 % jedinců (Motta 2003). Tento vliv je též patrný z tabulky 4, kde na neoplocené ploše dochází ke škodám okusem u 15,8 % jedinců SM a 64,3 % BK. JR a JD jsou zvěří téměř zcela likvidovány (poškození 88,8 %, resp. 95,7 %). Ve smíšených horských lesích v Bavorsku také okusem nejsilněji trpí JD a BK, SM je jím ovlivněn méně (Ammer 1996).

Z porovnání průměrných hodnot vývoje běžného výškového přírůstu vzorníků v oplocence a sníženého mimo oplocenku (obr. 5) vyplývá, že limitujícím faktorem pro úspěšnost přirozené obnovy je spárkatá zvěř (Ammer 1996; Vera 2000). Nejvíce patrný rozdíl je zde u JD a BK se statisticky významným rozdílem od 10 let ($p < 0,001$), u SM méně. V juvenilním stadiu (cca do 9 let) nejsou sledované dřeviny zvěří v podstatě poškozovány (Klopčic et al. 2010). Jakmile začnou přesahovat výšku bylinného patra, jsou pravidelně okusovány a téměř neodrůstají. Např. JD v 20 letech na oplocené ploše má průměrnou výšku 224 ± 7 cm, ale při silném okusu zvěří jen 63 ± 9 cm, tj. cca 28 % běžné výšky (u BK 32 %, u SM 49 %).



Obr. 5: Vývoj průměrného výškového růstu jednotlivých dřevin přirozené obnovy se standardní chybou průměru v NPR Trčkov (průměrné hodnoty běžného trendu ve srovnání se sníženým růstem způsobeným okusem)

Fig. 5: Development of mean height growth of tree species of natural regeneration with standard error of mean on NPR Trčkov (average values of current trend in comparison with decreased growth due to browsing)

¹Height, ²Year, ³Current growth, ⁴Damage caused by browsing

Tabulka 4: Škody zvěří u přirozené obnovy přesahující výšku 50 cm diferencovaně dle dřevin na kontrolní TVP Trčkov 6 v přepočtu na hektar

Table 4: Damage caused by game at natural regeneration higher than 50 cm height differentiated by tree species on control PRP Trčkov 6 per hectare

Druh poškození ¹		<i>Fagus sylvatica</i>		<i>Picea abies</i>		<i>Abies alba</i>		<i>Sorbus aucuparia</i>	
		ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
Okus terminálního vrcholu ²	1×	68	21,8	20	7,2	12	18,7	8	22,2
	2–4×	56	17,9	12	4,3	28	43,7	12	33,3
	5× a více ³	48	15,4	8	2,9	20	31,3	12	33,3
	Celkem ⁴	172	55,1	40	14,4	60	93,7	32	88,8
Okus bočních prýtů ⁵		76	24,4	24	8,7	48	75,0	20	55,5

¹Type of damage, ²Browsing of terminal leader, ³5× and more, ⁴Total, ⁵Browsing of sideshoots

Závěr

Škody okusem terminálního vrcholu jsou významným omezujícím faktorem pro výškový růst náletů a nárůstů. Tento limitující činitel je patrný nejen z počtu jedinců přirozené obnovy, ale i z růstových analýz vzorníků zkoumaných dřevin. Spárkatá zvěř výrazně snižuje vertikální vývoj, což vede k udržování juvenilních jedinců po desetiletí v neprodukčním stavu a v kritické výšce ohrožované okusem. Zkoumané bohatě strukturované porosty jsou na neoplocené ploše početně a druhově ochuzeny o fázi obnovy a počáteční stadium dorůstání. K největším škodám dochází u jedle bělokoré a jeřábu ptačího. Pro ochranu těchto cenných porostů je nezbytné přistoupit k redukci spárkaté zvěře na úroveň ekologicky únosných škod nebo přirozené zmlazení dlouhodobě chránit účinným oplocením.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B0114), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Literatura

- Ammer, C., 1996: Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. *For. Ecol. Management*, **88**(1): 43–53.
- Lindh, B. C., Muir, P. S., 2004: Understory vegetation in young Douglas-fir forests: does thinning help restore old-growth composition? *For. Ecol. Management*, **192**: 285–296.
- Klopčic, M., Jerina, K., Boncina, A., 2010: Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric uneven-aged forests: are red deer an important factor? *Eur. J. For. Res.*, **129**: 277–288.
- Kucbel, S., Saniga, M., Jaloviar, P., Vencurik, J., 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *For. Ecol. Management*, **264**: 125–133.
- Motta, R., 2003: Ungulate impact on rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) height structure in mountain forests in the eastern Italian Alps. *For. Ecol. Management*, **181**(1): 139–150.
- Oheimb, G. von., Westphal, C., Tempel, H., Härdtle, W., 2005: Structural pattern of a near-natural beech (*Fagus sylvatica*) forest (Serrahn, northeast Germany). *For. Ecol. Management*, **212**: 253–263.
- Senn, J., Suter, W., 2003: Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *For. Ecol. Management*, **181**(1): 151–164.
- Štefančík, I., 2006: Changes in tree species composition, stand structure, qualitative and quantitative production of mixed spruce, fir and beech stand on Stará Pila research plot. *J. For. Sci.*, **52**: 74–89.
- Vacek, S., Vacek, Z., Schwarz, O. et al., 2010: Struktura a vývoj lesních na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Č. lesy, Lesnická práce, 567 p.
- Vacek, Z., Vacek, S., Remeš, J., Štefančík, I., Bulušek, D., Bílek, L., 2013: The structure and model development of stands in NNR Trčkov – protected landscape area Orlické hory, Czech Republic. *Lesnícky časopis – For. J.*, **59**(4): 248–263.
- Vera F., W. M., 2000: Grazing ecology and forest history. CABI Publishing, Oxon, 506 p.

ANALÝZA SVETELNÝCH POMEROV V DOLNEJ VRSTVE VÝBERKOVÝCH LESOV

The analysis of light conditions in the lower layer of selection forests

**Jaroslav Vencurik • Peter Jaloviar • Milan Saniga
• Stanislav Kuchel**

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,
e-mail: vencurik@tuzvo.sk; jaloviar@tuzvo.sk; saniga@tuzvo.sk; kuchel@tuzvo.sk

Abstract

The aim of this study was the evaluation of light conditions in the lower layer of two selection forests with different tree species composition. Research objects were located in areas of Smolnícka Osada (The Volovské vrchy Mts., compartment 144) and Donovaly-Mistříky (The Nízke Tatry Mts., compartment 631). Hemispherical pictures were taken in 2012 for a series of 72 research plots in the height of 130 cm above the soil surface. The images were analysed by the system WinScanopy Mid-O-Mount 10MP under standard weather conditions. Values of direct, diffuse and total radiation were not significantly different between research objects. Maximum values of relative radiation reach in the case of total radiation 23.5% from the radiation over the canopy. A negative correlation between direct or total radiation and stem number was found in both research objects.

Keywords: selection forest, hemispherical image, radiation, stem number

Abstrakt

Cieľom tejto práce bolo hodnotenie svetelných podmienok v dolnej vrstve dvoch výberkových lesov s odlišným zastúpením drevín. Výskumné objekty boli lokalizované v oblastiach Smolnícka Osada (Volovské vrchy, dielec 144) a Donovaly-Mistříky (Nízke Tatry, dielec 631). Hemisférické snímky boli vyhotovené v roku 2012 na sérii 72 výskumných plôch vo výške 130 cm nad úrovňou terénu. Snímky boli analyzované pomocou systému WinScanopy Mid-O-Mount 10MP pri štandardných podmienkach počasia. Maximálne zistené hodnoty relatívneho žiarenia dosahujú v prípade celkového žiarenia 23,5 % zo žiarenia na voľnej ploche. V oboch výskumných objektoch bola zistená negatívna korelácia medzi priamym, resp. celkovým žiarením a počtom stromov porastu.

Kľúčové slová: výberkový les, hemisférická snímka, žiarenie, počet stromov

Úvod a problematika

Výberkový hospodársky spôsob má na Slovensku dlhú tradíciu, pričom je využívaný predovšetkým v porastoch tvorených tzv. karpatskou zmesou drevín – smrek, jedľa a buk (Holubčík 1962; Korpeľ, Saniga 1993). Podstatou fungovania systému výberkového lesa je kontinuálna prirodzená obnova, ktorej vznik a následný rast ovplyvňujú predovšetkým svetelné pomery pod clonou porastu (Schütz 2001; Matthews 2006). Rôzne stupne zápoja porastu predstavujú rozmanité varianty svetelnej ekológie a spôsobujú vznik pohyblivých svetelných škvrn v porastovom vnútri, ktoré priamo ovplyvňujú proces fotosyntézy,

a tým aj rast jedincov prirodzenej obnovy (Reininger 1992). Tak vzniká úzky vzťah medzi svetelnými podmienkami v dolnej vrstve výberkového lesa, ktoré závisia od hustoty stromov strednej a hornej vrstvy, a rýchlosťou rastu následnej generácie. So zvýšením hustoty stromov strednej a hornej vrstvy sa spomaľuje vrastanie jedincov prirodzenej obnovy do dolnej vrstvy výberkového lesa (Schütz 1989; Reininger 2000; Saniga 2001). K podobným výsledkom dospeli aj Pittner (2007) a Balanda (2010, 2012) v prírodných lesoch Slovenska s rôznou štruktúrou a drevinovým zložením. **Zatiaľ čo vplyvu svetla na výškový rast prirodzenej obnovy a následné štruktúrálné a druhové zmeny v rôznovekých, zmiešaných lesoch sa venovala pomerne veľká pozornosť** (Robakowski et al. 2004; Grassi et al. 2004; Filipiak et al. 2005; Stancioiu, O'Hara 2006; Szymura 2005; Diaci, Firm 2011; Lin et al. 2012), stále chýbajú poznatky o samotnej distribúcii a množstve svetla v týchto ekosystémoch.

Cieľom tejto práce bola analýza svetelnej mikroklimy v dolnej vrstve dvoch výberkových lesov s odlišným zastúpením drevín v poraste, nachádzajúcich sa v **rôznych nadmorských výškach a lokalitách na Slovensku**. Zamerali sme sa predovšetkým na stanovenie množstva dopadajúceho žiarenia v prostredí dolnej vrstvy, jeho distribúciu na ploche porastu a jeho vzťah k základným porastovým charakteristikám.

Materiál a metodika

Výskumnými objektmi v tejto práci boli dva výberkové lesy situované v lokalitách Smolnícka Osada (Volovské vrchy, dielec 144) a Donovaly-Mistriky (Nízke Tatry, dielec 631). Skúmané výberkové lesy sa nachádzajú v nadmorskej výške 510 (dielec 144) a 950 m. n. m. (dielec 631). Geologické podložie je tvorené predovšetkým fylitom, rulou (dielec 144) a žulou (dielec 631), na ktorých sa vytvárajú kambizeme, resp. rankrové pôdy. Priemerná ročná teplota zaznamenaná na najbližších klimatologických stanicích (Švedlár 1970 – 2010; 48°48'S, 20°42'V; 477 m. n. m. a Liptovská Osada 1970 – 2010; 48°56'S, 19°12'V; 605 m. n. m.) sa pohybuje od 6,0 do 6,6 °C a priemerný ročný zrážkový úhrn od 550 do 950 mm. Podľa Zlatníkovej (1976) typologickej školy sa jedná o porasty na kyslých stanovištiach – skupiny lesných typov *Fageto-Abietum nst.* (dielec 144) a *Fagetum abietino-piceosum* (dielec 631). Lesné spoločenstvá sú tvorené prevažne smrekom (*Picea abies* [L.] Karst.) a jedľou (*Abies alba* Mill.) v rôznom pomere. V dieci 144 je vo väčšom rozsahu zastúpená tiež borovica (*Pinus sylvestris* L.) a buk (*Fagus sylvatica* L.). Z ostatných drevín sa jednotlivo vyskytujú smrekovec opadavý (*Larix decidua* Mill.), jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.) a javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.). Štruktúra skúmaných výberkových lesov je typicky diferencovaná.

Výskum sa uskutočnil v roku 2012 na sérii 41 (dielec 144), resp. 31 (dielec 631) kruhových výskumných plôch, ktoré boli rozmiestnené pravidelne po celej ploche skúmaných porastov v sieti 58 × 58 m (3 plochy/1 ha; dielec 144) a 35 × 35 m (8 plôch/1 ha; dielec 631). Na každej kruhovej ploche s polomerom 12,62 m (500 m²) sa zisťovali údaje o druhu dreviny a hrúbke stromov s $d_{1,3} < 4$ cm. Pre modelovanie empirických údajov rozdelenia hrúbok týchto stromov bola použitá negatívna exponenciálna funkcia (Diaci, Firm 2011).

Hemisférické snímky boli vyhotovené v strede každej kruhovej plochy vo výške 130 cm nad úrovňou terénu. Použitý bol systém Mid-O-Mount 10MP firmy Régent Instruments Inc. (digitálny fotoaparát s rozlíšením 10 MP, nástavec na objektív s ohniskovou vzdialenosťou 8 mm). Získané hemisférické fotografie boli spracované pomocou programu WinScanopy 2006 (Régent Instruments Inc.). Svetelné podmienky boli kvantifikované hodnotami priameho, nepriameho a celkového žiarenia. Všetky hodnoty týchto veličín sú

vypočítané ako relatívne veličiny v pomere k osvetleniu voľnej plochy, resp. osvetleniu nad korunami stromov.

Na vyhodnotenie vzťahov porastových charakteristík (počet stromov, kruhová základňa) a relatívnych ukazovateľov žiarenia sa použila metóda lineárnej korelácie. Pre testovanie rozdielov jednotlivých parametrov relatívneho žiarenia medzi dielcami 144 a 631 sa použil t-test. Všetky štatistické analýzy boli vykonané pomocou softwaru Statistica 6.0.

Výsledky a diskusia

Na sérii výskumných plôch v dielcoch 144 a 631 bola zistená priemerná početnosť živých stromov s dbh > 4 cm 819 ± 353 ks.ha⁻¹, resp. $1\,226 \pm 399$ ks.ha⁻¹ ($\bar{x} \pm s_x$) a kruhová základňa $41,0 \pm 9,3$ m².ha⁻¹, resp. $43,9 \pm 12,3$ m².ha⁻¹ (tab. 1). Empirické rozdelenie hrúbok stromov v skúmaných porastoch malo typický klesajúci trend, čo potvrdili tiež vysoké hodnoty indexov korelácie negatívnych exponenciálnych kriviek ($R^2 = 0,841$ pre dielec 144 a $R^2 = 0,843$ pre dielec 631). Dominantnou drevinou v dielci 144 bola jedľa so zastúpením 44,2 % z počtu stromov, resp. 64,4 % z kruhovej základne. Z ostatných drevín bol zastúpený smrek (22,3 %, resp. 7,1 %), borovica (6,6 %, resp. 19,9 %) a buk (28,2 %, resp. 8,7 %). V dielci 631 dominovali smrek so zastúpením 41,4 % z počtu stromov, resp. 61,5 % z kruhovej základne a jedľa (49,8 %, resp. 32,6 %). Zastúpenie smrekovca a buka tu nepresiahlo 9 %.

Tabuľka 1: Počet a kruhová základňa stromov s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 4 cm v dielcoch 144 a 631

Table 1: Stem density and basal area of trees with dbh over 4 cm in compartments 144 and 631

	Dielec 144		Dielec 631	
	$\bar{x} \pm s_x$	min – max	$\bar{x} \pm s_x$	min – max
Počet stromov (n.ha ⁻¹) ²				
Smrek ³	183 ± 207	0 – 747	507 ± 280	120 – 1 100
Jedľa ⁴	362 ± 222	119 – 1 181	610 ± 470	20 – 1 780
Ostatné ⁵	274 ± 262	0 – 1 359	109 ± 149	0 – 480
Celkom ⁶	819 ± 353	260 – 1 948	1226 ± 399	600 – 2 040
Kruhová základňa (m ² .ha ⁻¹) ⁷				
Smrek	2,9 ± 2,5	0,0 – 8,9	27,0 ± 11,4	8,0 – 52,2
Jedľa	26,4 ± 11,0	6,4 – 52,0	14,3 ± 9,3	0,1 – 36,4
Ostatné ⁸	11,7 ± 10,9	0,0 – 56,9	2,6 ± 4,0	0,0 – 12,6
Celkom	41,0 ± 9,3	22,2 – 63,8	43,9 ± 12,3	23,7 – 70,8

¹Compartment, ²Stem density, ³Spruce, ⁴Fir, ⁵Others, ⁶Total, ⁷Basal area

⁸borovica, smrekovec, buk, jarabina – pine, larch, beech, rowan

V podmienkach skúmaných porastov nepresiahli relatívne hodnoty priameho, nepriameho a celkového žiarenia na jednotlivých výskumných plochách 25 % (tab. 2). Štatisticky významné rozdiely v jednotlivých parametroch relatívneho žiarenia medzi oboma dielcami sa nepotvrdili ($p < 0,05$). Aj napriek rozdielnemu zastúpeniu a odlišnej priepustnosti svetla korunami jednotlivých druhov drevín (zvlášť borovice a buka) v dielcoch 141 a 631 tento fakt výraznejšie neovplyvnil svetelnú mikroklimu porastov. Pritom rozdiely v šírkach korún medzi drevinami vo výberkových porastoch môžu byť značné. Badoux (1949) zistil, že pri rovnakej hrúbke kmeňa sú koruny buka vo výberkovom lese 2× širšie ako pri drevine smrek. Schütz, Röhnisch (2003) v porastoch prebudovávaných na výberkový les (Kanton Neuchâtel, Schweizer Jura) konštatujú výrazné rozdiely v šírkach korún medzi smrekom,

resp. jedľou a listnatými drevinami, v pomere 1,7 pre jaseň, 2,1 pre javor a 2,4 pre buk. Predpokladáme, že výraznejší nárast zastúpenia buka v týchto porastoch (tento trend vyplýva z dlhodobých pozorovaní) môže v budúcom období významne redukovať množstvo dopadajúceho žiarenia v dolnej vrstve a tým vyvolať zmenu druhového zloženia prirodzenej obnovy. Toto konštatovanie potvrdzujú aj výsledky práce Jaloviari, Kuchel (2009) realizovanej v bukovom prírodnom lese (NPR Badínsky prales) ako aj v zmiešanom pestrom pralese Skalná Alpa (Saniga et al. 2013). Namerané hodnoty parametrov relatívneho žiarenia tu boli v porovnaní s našimi zisteniami z výberkových lesov podstatne nižšie, pričom nepresiahli hranicu 16 %.

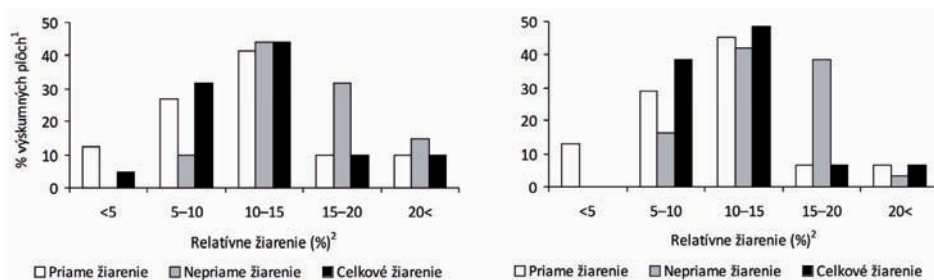
Tabuľka 2: Hodnoty priameho, nepriameho a celkového žiarenia v dielcoch 144 a 631

Table 2: Values of direct, diffuse and total radiation in compartments 144 and 631

	Dielcec 144 ¹		Dielcec 631	
	$\bar{x} \pm s_x$	min – max	$\bar{x} \pm s_x$	min – max
Priame žiarenie ²	9,2 ± 5,8	2,2 – 24,5	10,5 ± 4,3	3,7 – 22,6
Nepriame žiarenie ³	13,9 ± 4,2	7,4 – 21,7	13,6 ± 3,6	6,8 – 20,3
Celkové žiarenie ⁴	9,8 ± 5,3	3,7 – 23,5	10,9 ± 3,9	5,1 – 21,3

¹Compartment, ²Direct radiation, ³Diffuse radiation, ⁴Total radiation

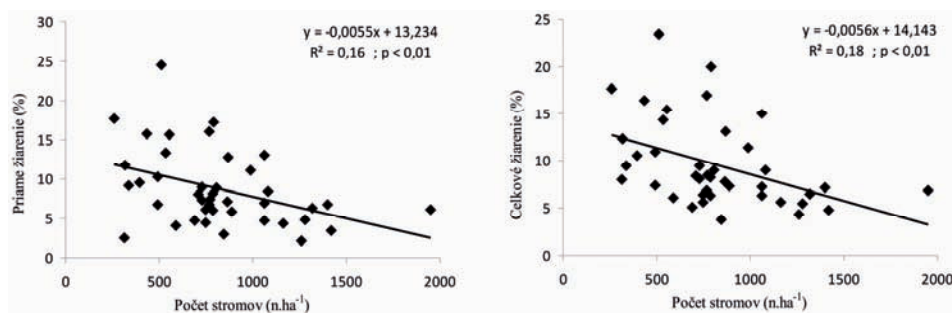
Až cca. 2/3 výskumných plôch v nami skúmaných dielcoch má všetky parametre relatívneho žiarenia v intervale 5 – 15 % (obr. 1). Aj napriek výrazne diferencovanej štruktúre výberkového lesa sa v prostredí dolnej vrstvy veľká časť jeho plochy nachádza v relatívne homogénnych svetelných podmienkach. Priame a celkové žiarenie bolo v oboch dielcoch významne negatívne korelované s počtom stromov na výskumných plochách (obr. 2, 3). Naopak korelácie medzi kruhovou základňou stromov a priamym, nepriamym a celkovým žiarením boli štatisticky nevýznamné ($p < 0,05$). Počet stromov porastu tak popri drevinovom zložení a veľkosti (hustote) korún stromov predstavuje dôležitý faktor ovplyvňujúci množstvo žiarenia v dolnej vrstve výberkových lesov.



Obr. 1: Frekvencia priameho, nepriameho a celkového žiarenia v dielcoch 144 (vľavo) a 631 (vpravo)

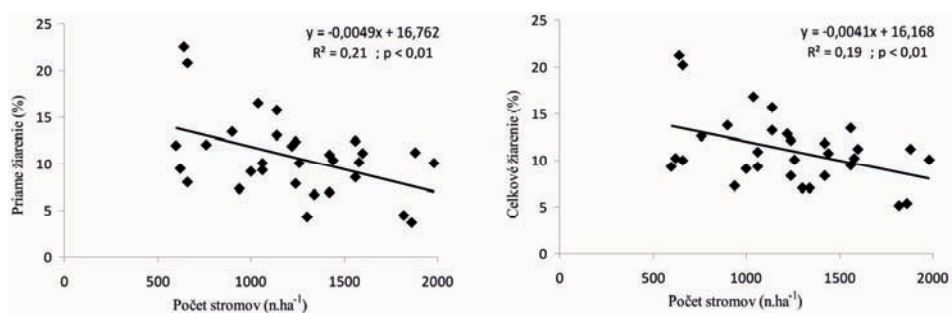
Fig. 1: Frequency of direct, diffuse and total radiation in compartments 144 (left) and 631 (right)

¹Percentage of research plots, ²Relative radiation



Obr. 2: Závislosť priameho (vľavo) a celkového žiarenia (vpravo) od počtu stromov v dielci 144

Fig. 2: Relationships between direct (left) or total radiation (right) and stem number in compartment 144



Obr. 3: Závislosť priameho (vľavo) a celkového žiarenia (vpravo) od počtu stromov v dielci 631

Fig. 3: Relationships between direct (left) or total radiation (right) and stem number in compartment 631

Záver

Analýza svetelnej mikroklimy v dolnej vrstve dvoch výberkových lesov s odlišným drevinovým zložením nepotvrdila významné rozdiely v úrovni parametrov relatívneho žiarenia, ktorých hodnoty varírovali medzi 2 až 25 % z osvetlenia voľnej plochy. Potvrdil sa významný vplyv počtu stromov porastu na množstvo priameho a celkového žiarenia v dolnej vrstve výberkových lesov.

Podakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA-1/0057/14 Dynamika a disturbančný režim horských smrečín v orografickom celku Nízke Tatry.

Literatúra

- Badoux, E., 1949: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Mitt. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, **26**(1): 9–58.
- Balanda, M., 2010: Štruktúra, textúra, diverzita a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v NPR Hrončeský grúň. (Dizertačná práca). Zvolen, LF TU, 118 p.
- Balanda, M., 2012: Spatio-temporal structure of natural forest: a structural index approach. Beskydy, **5**(2): 163–172.

- Diaci, J., Firm, D., 2011: Long-term dynamics of a mixed conifer stand in Slovenia managed with a farmer selection system. *Forest Ecology and Management*, **262**: 931–939.
- Filipiak, M., Iszkuło, G., Korybo, J. 2005: Relation between photosynthetic photon flux density (PPFD) and growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings in a forest stand dominated by spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in the Sudety Mts (SW Poland). *Polish Journal of Ecology*, **53**: 177–184.
- Grassi, G., Minotta, G., Tonon, G., Bagnaresi, U., 2004: Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research*, **34**: 141–149.
- Holubčík, M., 1962: Príspevok k otázke priestorovej výstavby výberkového lesa, jej zmeny a produkcia na príklade plôch založených v lesnom závode v Smolníckej Hute. In: *Veddecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici*, **7**: 198.
- Jaloviar, P., Kuchel, S., 2009: Základná charakteristika svetelnej mikroklimy v bukovom prírodnom lese v NPR Badínsky prales. In: Štefančík, I., Kamenský, M., (eds.): *Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov*. Zvolen, NLC-LVÚ, s. 299–305.
- Korpeľ, Š., Saniga, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Písek, Matica lesnícká, 127 p.
- Lin, C.J., Laiho, O., Lähde, E., 2012: Norway spruce (*Picea abies* L.) regeneration and growth of understory trees under single-tree selection silviculture in Finland. *European Journal of Forest Research*, **131**: 683–691.
- Matthews, J.D., 2006: Silvicultural systems. Oxford, Clarendon Press, 284 p.
- Pittner, J., 2007: Štruktúrna diverzita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. In: Saniga, M., Jaloviar, P., Kuchel, S., (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*, s. 342–348.
- Reininger, H., 1992: Zielstärken-Nutzung oder die Plenterung des Altersklassenwaldes. Wien, Österreichischer Agrarverlag, 163 p.
- Reininger, H., 2000: Das Plenterprinzip oder die Überführung des Alterklassenwaldes. Graz, Leopold Stocker Verlag, 238 p.
- Robakowski, P., Wyka, T., Samardakiewicz, S., Kierzkowski, D., 2004: Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. *Forest Ecology and Management*, **201**(2-3): 211–227.
- Saniga, M., 2001: Štruktúra a priestorová výstavba porastov Oravských Beskyd v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les. *Beskydy*, **14**: 141–146.
- Saniga, M., Zrak, J., Pittner, J., Balanda, M., 2013: Štruktúra, produkcia, regeneračné procesy a disturbančný režim prírodného lesa v NPR Skalná Alpa. Zvolen, TU, 68 p.
- Schütz, J.-Ph., 1989: Der Plenterbetrieb. Zürich, ETH, 54 p.
- Schütz, J.-Ph., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Berlin, Parey Buchverlag, 220 p.
- Schütz, J.-Ph., Röhnisch, F., 2003: Steuerung des Nachwuchses während der Überführung von gleichförmigen Fichten-Aufforstungsbeständen in Plenterwälder. In: G. Kenk, (ed.): *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde*, Torgau, 2.–4. Juni 2003. Freiburg, p. 184–194.

- Stancioiu, P.T., O'Hara, K.L., 2006: Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research*, **125**: 151–162.
- Szymura, T.H., 2005: Silver fir saplings bank in seminatural stand: Individuals architecture and vitality. *Forest Ecology and Management*, **212**: 101–108.
- Zlatník, A., 1976: *Lesnická fytocenologie*. Praha, SZN, 495 p.