

PROCEEDINGS OF CENTRAL EUROPEAN SILVICULTURE

Kateřina Houřková, Jakub Āerný (eds.)

2015

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV ZAKLÁDÁNÍ A PĚSTĚNÍ LESŮ**

***MENDEL UNIVERSITY IN BRNO
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF SILVICULTURE***

**PROCEEDINGS OF CENTRAL EUROPEAN
SILVICULTURE**

Kateřina Houřková, Jakub Āerný (eds.)

2015

Recenzenti – Reviewers

Ing. Lumír Dobrovolný, Ph.D.
Ing. David Dušek
Prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.
Ing. Kateřina Houšková, Ph.D.
Ing. Václav Hurt, Ph.D.
Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.
Ing. Robert Knott, Ph.D.
Ing. Roman Longauer, CSc.
Ing. Antonín Martiník, Ph.D.
Prof. Ing. Oldřich Mauer, DrSc.
Doc. Ing. Radek Pokorný, Ph.D.
Ing. Jiří Souček, Ph.D.

Copyright © Mendelova univerzita v Brně, 2015

ISBN 978-80-7509-308-0

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ,
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA,
ÚSTAV ZAKLÁDÁNÍ A PĚSTĚNÍ LESŮ**

**MENDEL UNIVERSITY IN BRNO,
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY,
DEPARTMENT OF SILVICULTURE**

*ve spolupraci s:
in co-operation with:*

TECHNICKÁ UNIVERZITA ZVOLEN, LESNICKÁ FAKULTA,
KATEDRA PESTOVANIA LESA
TECHNICAL UNIVERSITY, FACULTY OF FORESTRY,
INSTITUTE OF SILVICULTURE

VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODAŘSTVÍ A MYSLIVOSTI JÍLOVIŠTĚ - STRNADY,
VÝZKUMNÁ STANICE OPOČNO
FORESTRY AND GAME MANAGEMENT RESEARCH INSTITUTE JÍLOVIŠTĚ - STRNADY,
RESEARCH STATION OPOČNO

NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM, LESNÍCKY VÝSKUMNÝ ÚSTAV ZVOLEN
NATIONAL FOREST CENTRE, FOREST RESEARCH INSTITUTE, ZVOLEN

ČZU PRAHA, FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ, KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESŮ
CZECH UNIVERSITY OF AGRICULTURE IN PRAGUE,
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD SCIENCES, DEPARTMENT OF SILVICULTURE

PROCEEDINGS OF CENTRAL EUROPEAN SILVICULTURE

Sborník původních vědeckých prací prezentovaných na mezinárodní konferenci v rámci výzkumných projektů:
IGA 84/2013, KUS QJ1230330, CZ.1.07/2.3.00/20.0267, LIFE 09 ENV/IT000078, P4-0107, IGA VT 2015004
(*Ústav zakládání a pěstění lesů, MENDELU Brno*)

SAV č.1/0521/13, VEGA 14-002-00, VEGA 1/0040/15 (*Katedra pestovania lesa, TU Zvolen*)
KUS QJ1230330, NAZV QJ1530298, 5774/2015-MZE-17011 (*VÚLHM, VS Opočno*)

NAZV QJ1220099, NAZV QH 92087, IGA A06/15, KUS QJ152099, IGA A17/12, TAČR TA02021250, CIGA
20104308 (*Katedra pěstování lesů, ČZU Praha*)
APVV 0889-11, APVV-0262-11, APVV-0608-10, APVV-0255-10, APVV-0439-12, SK-RO 0006, MPRV SR (prvok
08V0301) (Národné lesnícké centrum, Zvolen)

Proceedings of original scientific papers presented on international conference supported by research projects:
IGA 84/2013, KUS QJ1230330, CZ.1.07/2.3.00/20.0267, LIFE 09 ENV/IT000078, P4-0107, IGA VT 2015004
(*Department of Silviculture, Mendel University, Brno*)

SAV č.1/0521/13, VEGA 14-002-00, VEGA 1/0040/15 (*Institute of Silviculture, Technical University, Zvolen*)
KUS QJ1230330, NAZV QJ1530298, 5774/2015-MZE-17011 (*Forestry and Game Management Research
Institute, Research Station, Opočno*)

NAZV QJ1220099, NAZV QH 92087, IGA A06/15, KUS QJ152099, IGA A17/12, TAČR TA02021250, CIGA
20104308 (*Department of Silviculture, Czech University of Agriculture, Prague*)
APVV 0889-11, APVV-0262-11, APVV-0608-10, APVV-0255-10, APVV-0439-12, SK-RO 0006, MPRV SR (prvok
08V0301) (National research center, Zvolen)

KŘTINY 2.9. - 4.9.2015

PŘEDMLUVA – PREFACE

Lesní hospodářství a s ním i pěstování lesů se postupem času dostává do stále obtížnější situace, a to díky historickému přístupu postaveném převážně na jednom druhu dřeviny, pěstované dokonce na nevhodných stanovištích, a na jednostranném uplatňování pasečného způsobu hospodaření. V kontextu rychle se měnících podmínek prostředí a tlaku vlastníků či společnosti na ekonomické efekty produkované v krátkodobých horizontech se dostáváme mnohde až „za hranici fungování“ ekosystému lesa, kde řešení není v rukou pěstitele ale lesního hospodáře. Často ubohý stav lesních porostů je výsledkem četného výskytu kalamit jak abiotického tak biotického původu a sporadický výskyt a odrůstání přirozené obnovy výsledkem, kromě zhoršujícího se zdravotního stavu, vysokých stavů zvěře. Extrémnost a rychlost změn podmínek prostředí je natolik výrazná, že samotné zachování existence lesa v krajině se tak stává prvořadým úkolem na úkor propracovávání obnovních, výchovných a těžebních postupů.

Nepochopení nutnosti opustit nestabilní systém stejnověkových monokultur a lpění za každou cenu na krátkodobém ekonomickém efektu je v zásadním rozporu s trvale udržitelným hospodářstvím, zvyšováním ekologické stability a plněním produkčních i mimoprodukčních funkcí lesů.

Je proto třeba argumentovat a podat vědecky ověřené číselné důkazy například v oblasti genetiky, adaptability lesních dřevin a jejich proveniencí k extrémním parametrům stanovištních podmínek, v oblasti zalesňování, obnovy, semenářství a školkařství, v oblasti vývoje a změn struktury lesa, produkční i mimoprodukčních funkcí, změnách ve vodním režimu a uhlíkové bilanci porostů aj. Zároveň je třeba navrhnout opatření a způsoby řešení aktuálních problémů a ověřovat je následně v praxi.

Pracovníci výzkumných organizací a vysokých škol České a Slovenské republiky se každoročně setkávají za účelem diskuse nad dosaženými poznatky a výsledky výzkumu s cílem nalezení optimálních řešení nejožehavějších problémů z mnoha tematických okruhů, z nichž některé jsou uvedeny v tomto sborníku.

Radek Pokorný

OBSAH – CONTENT

I. Obnova lesa, zalesňování a školkařství – *Forest Regeneration, Reforestation and Nursery Management*

- P. Burda, J. Nárovcová, V. Nárovec, I. Kuneš, M. Baláš, I. Machovič
Technology for production of new generation semisaplings and saplings of broadleaves in forest nurseries – summary of certified methodology
[*Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách – souhrn certifikované metodiky*] 9
- I. Repáč, M. Sendecký, J. Vencurik
Vplyv aplikácie mykoríznych a hydrogélových prípravkov na vývoj lesnej kultúry buka lesného a smreka obyčajného [*Effect of application of mycorrhizal and hydrogel additives on development of European beech and norway spruce plantation*] 199
- A. Tučeková, M. Maľová, V. Longauerová
Výsledky zalesňovania zasolených pôd na Slovensku [*Results of salinated soils afforestation in Slovakia*] 30
- K. Houšková, O. Mauer
Výchozí hustota kultur – základ kvality lesních porostů [*Initial plantations density – basis of forest stands quality*] 41
- M. Jahoda, J. Remeš, L. Bílek, M. Fulín
Vliv přípravy půdy na růst borovice lesní [*Effect of mechanical soil preparation on the growth of Scots pine*] 53
- J. Vencurik, P. Jaloviar, M. Saniga, S. Kucbel, M. Hunčaga
Vplyv svetla a kompetície na výškový rast a morfológiu korún podsadieb jedle bielej (*Abies alba* Mill.) [*Effect of light and competition on height growth and crown morphology of Silver fir (*Abies alba* Mill.) underplantings*] 60
- P. Jaloviar, J. Pittner, L. Potocký
Kvantitatívne a morfológické parametre prirodzenej obnovy jedle a smreka vo výberkovom lese [*Quantitative and morphological properties of Silver fir and Norway spruce natural regeneration in selection forest*] 67
- L. Dobrovolný
Potenciál a limity prirodzenej obnovy smíšeného lesa v nepasečnom režimu hospodárení na ŠLP Křtiny [*Potential and limits of natural regeneration of mixed forest under uneven-aged silviculture*] 77
- A. Martiník, V. Vala
Produkční ukazatele a ekonomická efektivnost hospodárení při uplatnění přípravného (březového) porostu na živném stanovišti středních poloh
[*Production parameters and economic efeciency of forest management with pioneer (birch) stands on rich soil in the middle altitude*] 86

II. Výchova, produkce a struktura lesa – *Forest tending, production and structure*

I. Štefančík

Porovnanie dvoch prebierkových metód v bukových porastoch z hľadiska štruktúry, kvantitatívnej a kvalitatívnej produkcie [*The comparison of two thinning methods in beech stands from structure, quantitative and qualitative point of view*]. 94

J. Remeš, L. Koubek, L. Bílek

Rozbor tloušťkového přírůstu buku a jeho reakce na výchovný zásah [*Analysis of diameter increment of beech and its reaction on thinning treatment*]..... 104

J. Novák, D. Dušek, M. Slodičák

Růst různě vychovávaných bukových porostů založených umělou obnovou [*Growth of differently thinned beech stands established by artificial regeneration*]. 110

R. Petráš, J. Mecko, M. Bošela

Kvalita dřeva a jeho hodnota v zmiešaných verus rovnírodých porastoch smreka, jedle a buka [*Stem quality and its value mixed- versus single-species forests of spruce, fir and beech*] 119

L. Bílek, J. Remeš, M. Fulín, T. Chalupová, J. Procházka

Množství a distribuce nadzemní biomasy borovice lesní v oblasti přirozených borů [*The amount and distribution of above-ground biomass of Scots pine in nature pine site*] 131

O. Špulák, J. Souček, J. Leugner

Potenciál břízy jako energetické dřeviny pěstované ve velmi krátkém obmýtí [*Potential of birch as energetic tree species grown in a very short rotation*] 138

M. Saniga, S. Kucbel

Vplyv kalamitného premnoženia *Ips typographus* L. a vetra na štruktúru smrekového prírodného lesa Babia hora [*Impact of Ips typographus L. outbreak and wind on the structure of Norway spruce natural forest Babia hora*] 145

M. Čater

Thinning effect on soil respiration in silver fir, beech and spruce predominating adult forest stands..... 154

III. Biologie, ekologie a funkce lesa – *Forest biology, ecology and functions*

I. Lukáčik, M. Bugala

Súčasný stav a premenlivosť prirodzených populácií borovice horskej – kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) v oblasti Babej hory a Pilska [*The current status and variability of natural populations of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) in the region Babia hora and Pilsko*] 164

R. Linda, J. Ešnerová, N. Rašáková, M. Baláš, I. Kuneš Morfologická a genetická variabilita vybraných diploidních a tetraploidních zástupců rodu bříza (<i>Betula</i> spp.) [<i>Morphological and genetic variability of selected diploid and tetraploid representatives of genus Betula</i>]	171
T. Putalová, Z. Vacek, J. Král, S. Vacek Vliv klimatických faktorů a imisí SO₂ na radiální růst rašelinných smrčín v Centrálních Sudetech [<i>Impact of climatic factors and SO₂ air pollution on radial growth of peat bog spruce stands in Central Sudetes</i>]	182
D. Kacálek, J. Novák, D. Dušek, M. Slodičák Vlastnosti nového nadložního humusu pod sedmi druhy dřevin na bývalé zemědělské půdě [<i>Properties of new forest floor beneath seven tree species on former agricultural land</i>]	193
S. Papić, J. Rozsypálek, R. Longauer Ash dieback: a review and silvicultural aspects [<i>Chřadnutí jasanu: přehled a Pěstební aspekty</i>]	198
V. Podrázský, M. Noha, J. Kubeček Příspěvek k určení optimálního podílu douglasky v lesních porostech [<i>Contribution for determination of the optimal share of Douglas-fir in the forest stands</i>]	208
F. Šach, V. Černohous, P. Kantor Mohou obnovní seče ovlivnit výši celkového odtoku z pasek? [<i>Can reproduction cuttings influence total runoff from felled areas?</i>]	218

TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF NEW GENERATION SEMISAPLINGS
AND SAPLINGS OF BROADLEAVES IN FOREST NURSERIES – SUMMARY
OF CERTIFIED METHODOLOGY

TECHNOLOGIE PĚSTOVÁNÍ LISTNATÝCH POLOODROSTKŮ A ODROSTKŮ
NOVÉ GENERACE V LESNÍCH ŠKOLKÁCH – SOUHRN CERTIFIKOVANÉ
METODIKY

Pavel Burda¹, Jarmila Nárovcová², Václav Nárovec², Ivan Kuneš^{3*}, Martin
Baláš³, Ivo Machovič⁴

¹Lesní školky Ing. Pavel Burda, Ph.D., Milevsko

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno

³Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská

⁴Dendria, s. r. o., Frydlant

*corresponding author (kunes@fld.czu.cz)

Abstract

The document describes the technological process for production of large-sized bare-rooted planting stock of broad-leaved species with high-quality root systems, which do not require digging large planting holes at planting on forest sites. We termed this planting stock as “new generation semisaplings and saplings” (in abbrev. NGSS). As for the planting stock size, the new generation semisaplings belong to the 81 – 120 cm height class and new generation saplings belong to the 121 – 180 cm height class. The preconditions in terms of required nursery machinery and soil chemistry and physical characteristics of soil are specified and the particular operations within the NGSS production process are described in detail within this document. Chosen morphological parameters of the NGSS are summarized and confronted with the up-to-date version of the Czech standards (ČSN 48 2115 Forest reproductive material, Amendment Z2).

Keywords: large-sized planting stock, broadleaves, bare-rooted planting stock; nursery operations

Abstrakt

Příspěvek popisuje technologický postup produkce prostokořenných odrostků vybraných listnatých dřevin s vysoce kvalitním kořenovým systémem, který při následné výsadbě nevyžaduje kopání velkých sadebních jamek. Tento typ sadebního materiálu je nazýván „odrostky a poloodrostky nové generace“ (ve zkratce PONG). Ohledně velikostních dimenzí, výška nadzemní části poloodrostků nové generace je v rozpětí 81 – 120 cm, u odrostků nové generace je rozpětí výšek 121 – 180 cm. V příspěvku je specifikováno nezbytné strojní vybavení lesní školky a požadované vlastnosti půd z hlediska chemismu a fyzikálních parametrů, aby bylo možné PONG pěstovat. Dále jsou popsány jednotlivé pěstební operace během produkce PONG. Shrnuty jsou vybrané morfologické parametry PONG a následně porovnány s aktuální českou normou (ČSN 48 2115 – Sadební materiál lesních dřevin, Změna Z2).

Klíčová slova: odrostky, poloodrostky, listnaté dřeviny, prostokořenný sadební materiál, školkařské operace

Introduction

The document describes the technological process, i.e. required machinery and nursery soil parameters, for production of large-sized bare-rooted planting stock of broad-leaved species with high-quality root systems.

Required machinery

A four-wheel drive tractor (motor power 60 – 75 kW) fitted with a creeping speed reducer enabling a very slow forward movement (140 m.h⁻¹) is necessary. The

tractor must be equipped with a three point linkage (three point hitch) and free available hydraulic circuits.

A subsoiler (subsoil plough) must be able to conduct deep tillage down to 50 cm depths and to disrupt compacted layer of subsoil. A subsoiler can be towed behind tractors or mounted to the three point linkage.

It is necessary to use the quality ploughs or rotary cultivators for ploughing, loosening and homogenizing the plough layer of nursery fields.

Transplanter must be able to plough a furrow reaching a depth up to 35 cm below the surface of the nursery field. The width of the furrow should be up to 12 cm. The transplanter shoe must be equipped with a mechanism preventing compaction and/or smoothing of the furrow walls (e.g. ribs welded on the surface of the shoe disrupting the soil in the furrow walls). A transplanter should be equipped with a disc coulter mounted in front of the shoe. The disc coulter cuts the soil. The shoe opens the soil and makes a furrow to place the root systems of transplanted trees (see Fig. 1 for further details).

Side plant digger (side plant lifter) is used for row lifting of high-stemmed plants (saplings) over which the tractor cannot pass. Lifting depth must be up to 50 cm.

Soil parameters

Sandy loam (according to the world textural triangle) is the ideal soil texture for growing the NGSS in forest nurseries. The weight proportion of the soil particles 2 – 4 mm in diameter should be desirably less than 20%. As for soil texture, in the fine earth fraction (i.e. < 2.0 mm in size), the weight proportion of the clay particles (less than 0.002 mm in size) should range between 3.5 and 6.5%. The weight proportion of the silt particles (i.e. 0.002 – 0.05 mm in size) should be 25 – 50%. The minimum depth of plough layer is 50 cm.

As for soil chemistry, soil reaction should be 5,5 – 6 pH (in CaCl₂). The cation exchange capacity (CEC; according to the Kappen procedure) of plough layer should be at least 15 meq/100 g of soil material (desirable CEC equals 18 meq/100 g or more). The concentration of soil organic matter (H_{ox}) should be at least 5 %. Base saturation (BS) of plough layer should range between 75 and 90%. Recommendable concentrations of available nutrients (by the Mehlich III procedure) in the plough layer are as follows: P > 81 mg.kg⁻¹, K > 161 mg.kg⁻¹, Mg > 136 mg.kg⁻¹, Ca > 1 300 mg.kg⁻¹.

The principle nursery operations to grow NGSS

Initial planting stock selection

The two-year-old, bare-rooted, root-pruned plants (1–1) are used as the initial planting stock entering the further nursery process of NGSS production. The root pruning of these 1–1 plants is conducted in the spring of the second growing year. The plants belonging to the 70 – 90 cm height class constitute a group from which the first-quality individuals are selected for NGSS production. Apart from the above-ground parts, an important criterion for selection is root systems. Root systems of appropriate quality of European beech (*Fagus sylvatica*), English oak (*Quercus robur*) and small-leaved lime (*Tilia cordata*) are depicted on the Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4, respectively.

Manual root pruning

Manual reduction of root systems (second root pruning) is a major step in the process of NGSS production. The root biomass of the lifted two-year-old (1–1) plants

(that were chosen as the initial planting stock for the NGSS production) is reduced by up to 50%. The aims are (1) to shorten the skeletal roots (and thus reduce the hazard of root system deformation during subsequent nursery and forestry operations), and (2) to achieve a more fibrous root system of the NGSS to be grown. The root pruning is conducted using garden shears (bypass pruners). This operation keeps an experienced worker occupied for ca 0.5 min per a tree. The cut end diameter of the pruned roots should not exceed 6 mm. Some details of the manual root pruning of beech, oak and alder are depicted in figures Fig. 5, 6 and 7, respectively.

Transplanting

After root pruning, the plants are transplanted back into a nursery bed at a spacing of 80 × 30 cm (the drills with plants should be 80 cm apart). The used transplanter must meet requirements as defined above. The operational sequence is depicted in Fig. 8 and 9. The nursery stock must be transplanted in the upright position. The roots of the transplanted trees should be placed deep enough inside the furrow, however, the roots should not reach the bottom of the furrow.

Singling and formative pruning of the above-ground parts

The singling and/or formative pruning of the NGSS (Fig. 10, 11 and 12) are conducted to produce a single straight stem and to promote a dynamic height growth of the planting stock. Singling is the removal of a stem fork or multiple leaders, if these occur. Formative pruning should reduce the occurrence and growth of coarse lateral branches. Both operations are carried out on the transplanted trees during the vegetation period after the spring growth has terminated. The bypass pruners or sharp knives are used to conduct these nursery techniques. It is essential to avoid damaging the branch collar (the ridge of bark at the base of branch).

Production time

Propagating the NGSS from seed may require from three to six years depending on the species and target dimensions (semisaplings vs. saplings). As mentioned previously, the two-year-old, bare-rooted, root-pruned plants (1–1) are used as the initial planting stock entering the NGSS production. What differs is the production time in the nursery subsequent to transplanting that is required to achieve the finished planting stock. The following overview summarizes the recommended schemes for the NGSS production of chosen forest tree species.

- Oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*): The bare-rooted transplants of oaks reach the dimension of NGSS most commonly at the age of four years. The recommendable way of production: two-year-old, root-pruned plants are transplanted and then grown for two years as transplants.
- Beech (*Fagus sylvatica*): The bare-rooted transplants of beech reach the dimension of NGSS most commonly at the age of four or five years. The recommendable way of production: two-year-old, root-pruned plants are transplanted and then grown for two or three years as transplants.
- Some other species – limes (*Tilia cordata* and *Tilia platyphyllos*), alder (*Alnus glutinosa*), bird cherry (*Prunus avium*), ash (*Fraxinus excelsior*), maples (*Acer pseudoplatanus* and *Acer platanoides*), birches (*Betula* ssp.) and rowan (*Sorbus aucuparia*): The bare-rooted transplants of the above-mentioned broadleaves reach the dimension of NGSS most commonly at the age of three years. The recommendable way of production: two-year-old, root-pruned plants are transplanted and then grown for one year as transplants.

Lifting of the NGSS

The lifting of the bare-rooted NGSS from the nursery bed is a crucial step that has an important influence on the physiological quality of the planting stock. The lifting must be well-timed to fit the phenology of trees. Tree dormancy is required. Since the lifted NGSS are bulky and sensitive, it is highly recommendable to lift this planting stock just before the term of expedition from the nursery and planting on a forest site.

In the temperate zone, it is advisable to lift the NGSS in autumn, usually in the second half of October, after the first night frosts occurred. The lifting from the nursery bed and planting on a forest site must be conducted when the outdoor temperature is above 0°C. The soil must not be frozen or covered with snow. The spring term of lifting and planting the broad-leaved NGSS must be seen only as a fall-back solution. Tree dormancy is required.

The side plant digger able to lift the root systems of the NGSS from a depth of 30–50 cm must be used. The digger should be equipped with shaking grades separating the soil from roots of the lifted planting stock.

Grading, storing and expedition of NGSS

To keep the planting stock viable, respiration and transpiration must be held to a minimum so far the roots of plants are out of soil. Root systems of the lifted planting stock must not be exposed to sun radiation, desiccative air flow and freezing temperatures. It is best to reduce the time between lifting and planting the NGSS as much as possible. The manipulation with the lifted plants should be conducted in the air-conditioned facilities under cool and moist conditions.

Manual adjustment of root systems before expedition from the nursery includes shortening the roots to the required length. The length of roots should range between 25 and 35 cm, the diameter of the whole root system should be ca 20 cm. All pruning cuts must be less than 10 mm in diameter. Within this final adjustment, the roots systems of NGSS are also checked and some cuts made by the share of the lifter are eventually corrected (made smoother and perpendicular to root). The lifted plants are graded by the height of shoot and basal stem diameter in semisaplins and saplings.

The bundles of NGSS constructed before expedition from a forest nursery should consist of no more than 25 semisaplins and 10 saplings, respectively (Fig. 13). The application of antidessicants to roots is advisable. However, the antidessicants cannot be used if the planting stock is kept in air-conditioned stores with air humidifiers due the risk of fungi diseases of roots (moulding).

The expedition of NGSS from a forest nursery on forest site should be a component of a well-prepared flow of operations. The planting stock, when being transported, must be protected from high temperatures, frosts and desiccative conditions. Immediately after the NGSS arrive from the nursery on a forest site, they must be heeled in.

Morphological parameters of NGSS

The morphological parameters of NGSS and their confrontation with the requirements on semisaplins and saplings defined by the Czech standards (ČSN 48 2115, amendment Z2) are summarized in the Tab. 1 and Tab. 2 in Appendix. The NGSS meet all the requirements defined by the Czech national standards. Regarding the basal stem diameter as well as root-to-shoot volume ratio, the NGSS markedly exceeds the requirements defined by the national standards.

Acknowledgement

The methodology summarised in this paper is an outcome of project provided by Ministry of Agriculture of Czech Republic (NAZV agency, project no. QJ1220331).

Appendix

Table 1: Comparison of mean basal stem diameter of new generation semisaplins and saplings with the requirements defined by the Czech standard (ČSN 48 2115, amendment Z2) for the respective size classes of planting stock.

Species	Basal stem diameter [mm]			
	New generation semisaplins	Czech standard requirements	New generation saplings	Czech standard requirements
European beech <i>Fagus sylvatica</i>	16	11	18	14
English oak <i>Quercus robur</i>	17	11	17	14
small-leaved lime <i>Tilia cordata</i>	20	11	27	16
sycamore maple <i>Acer pseudoplatanus</i>	14	10	23	14
wild cherry <i>Prunus avium</i>	14	10		undefined
rowan <i>Sorbus aucuparia</i>	14	10	16	14
black alder <i>Alnus glutinosa</i>	10	10	26	14

Table 2: Comparison of mean root-to-shoot volume ratio [-] of new generation semisaplins and saplings with the requirements defined by the Czech standard (ČSN 48 2115, amendment Z2) for the respective size classes of planting stock.

Species	Root-to-shoot volume ratio [g]			
	New generation semisaplins	Czech standard requirements	New generation saplings	Czech standard requirements
European beech <i>Fagus sylvatica</i>	0.8	0.5	0.8	0.3
English oak <i>Quercus robur</i>	1.2	0.5	1.0	0.3
small-leaved lime <i>Tilia cordata</i>	1.1	0.5	0.7	0.3
sycamore maple <i>Acer pseudoplatanus</i>	0.8	0.5	0.7	0.3
wild cherry <i>Prunus avium</i>	1.1	0.5	0.9	0.3
rowan <i>Sorbus aucuparia</i>	0.8	0.5	0.5	0.3
black alder <i>Alnus glutinosa</i>	1.0	0.5	0.7	0.3



Fig. 1: The transplanter (a) is carried out on the three point hitch of a tractor. A transplanter is equipped with a disc coultter (b) mounted in front of the shoe (c) that is equipped with ribs (d) preventing compaction of furrow walls.

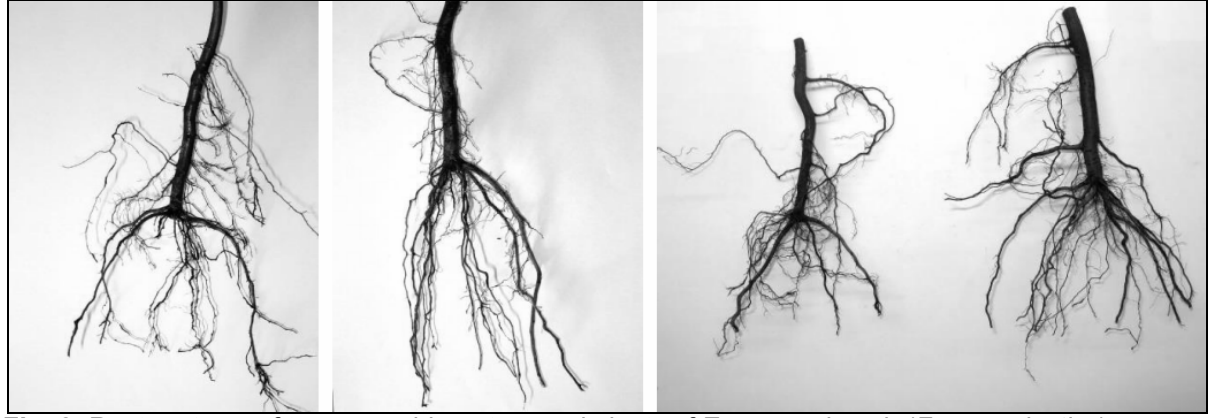


Fig. 2: Root systems of two-year-old, root-pruned plants of European beech (*Fagus sylvatica*).

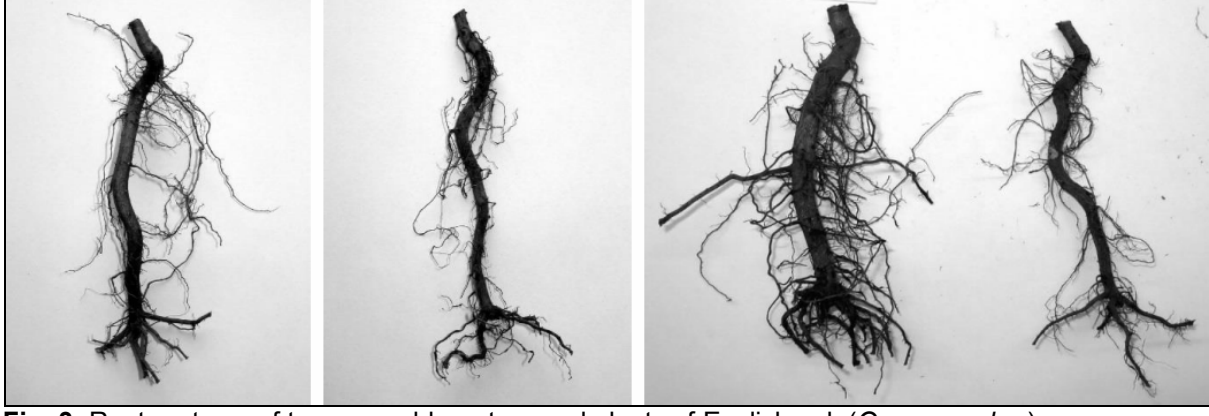


Fig. 3: Root systems of two-year-old, root-pruned plants of English oak (*Quercus robur*).

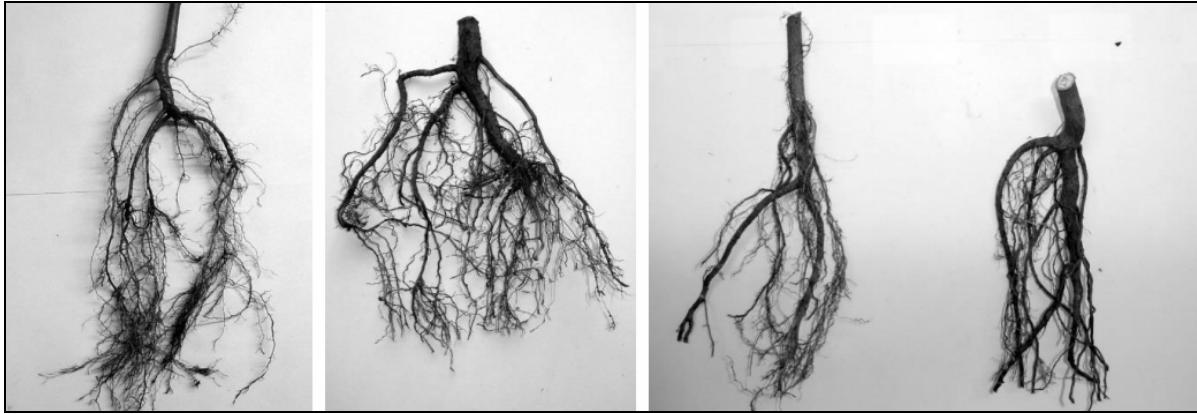


Fig. 4: Root systems of two-year-old, root-pruned plants of small-leaved lime (*Tilia cordata*).

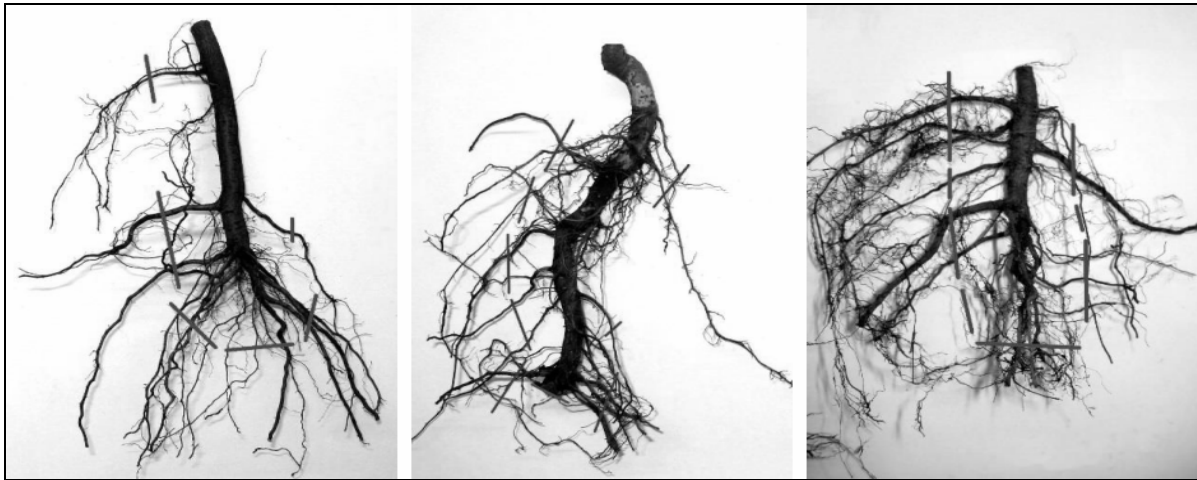


Fig. 5: Root systems of the two-year-old, root-pruned plants (1–1) of European beech (*Fagus sylvatica*) lifted from a nursery bed within the transplanting operation. The lines indicate the cuts to be done within second root pruning before (trans)planting the trees back to the nursery bed so that the growing of the NGSS could continue.

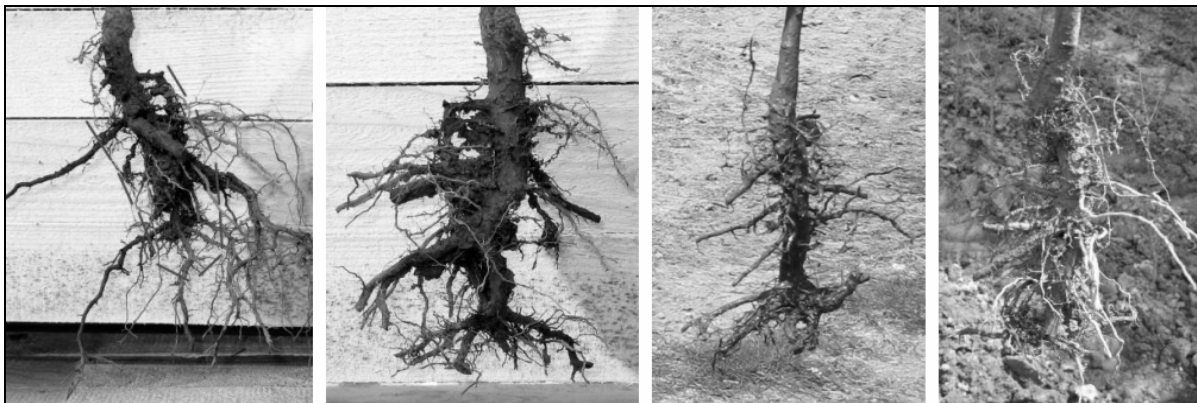


Fig. 6: Root systems of the two-year-old, root-pruned plants (1–1) of English oak (*Quercus robur*) lifted from a nursery bed within the transplanting operation. The lines indicate the cuts to be done within second root pruning before (trans)planting the trees back to the nursery bed so that the growing of the NGSS could continue. Where red lines are missing, the second root pruning has already been done.



Fig. 7: Root systems of the the two-year-old, root-pruned plants (1–1) of small-leaved lime (*Tilia cordata*) lifted from a nursery bed within the transplanting operation. The lines indicate the cuts to be done within second root pruning before (trans)planting the trees back to the nursery bed so that the growing of the NGSS could continue.

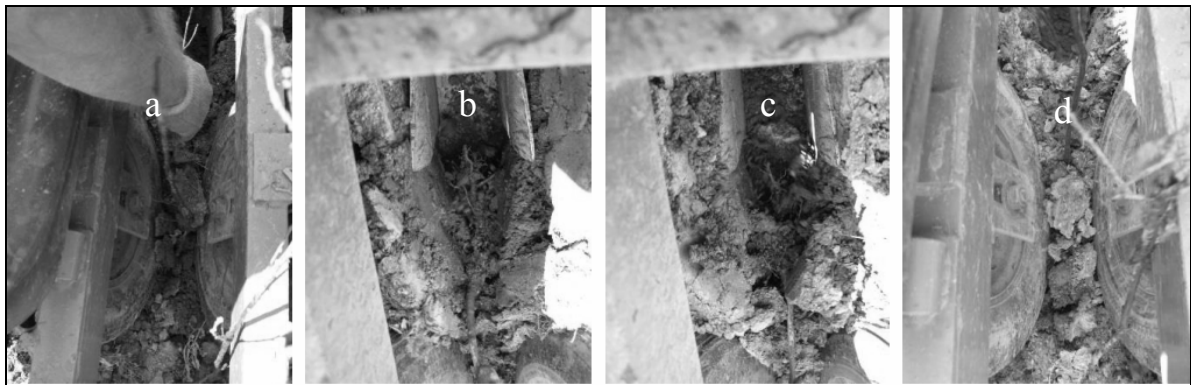


Fig. 8: Transplanting. Placing the roots of a two-year-old plant (after the second root pruning) in a furrow made by the transplanter (a). Covering the root system and filling the furrow with soil (b) and (c). Tamping the soil inside the furrow by the downwardly convergent packer wheels (d).



Fig. 9: Transplanting. The operator inserts the plants, whose roots have already been pruned for the second time, in the furrow made by the transplanter (a). Quality control of the transplanting (b). Nursery field with newly transplanted trees to be grown to the NGSS dimension (c).



Fig. 10: Formative (shoot) pruning of English oak (*Quercus robur*).



Fig. 11: Formative (shoot) pruning of European beech (*Fagus sylvatica*).



Fig. 12: Formative (shoot) pruning of European ash (*Fraxinus excelsior*) – (a), and wild cherry (*Prunus avium*) – (b).



Fig. 13: Bundles of planting stock should consist of no more than 25 semisaplings (a) and (b) and of 10 saplings (c), respectively.

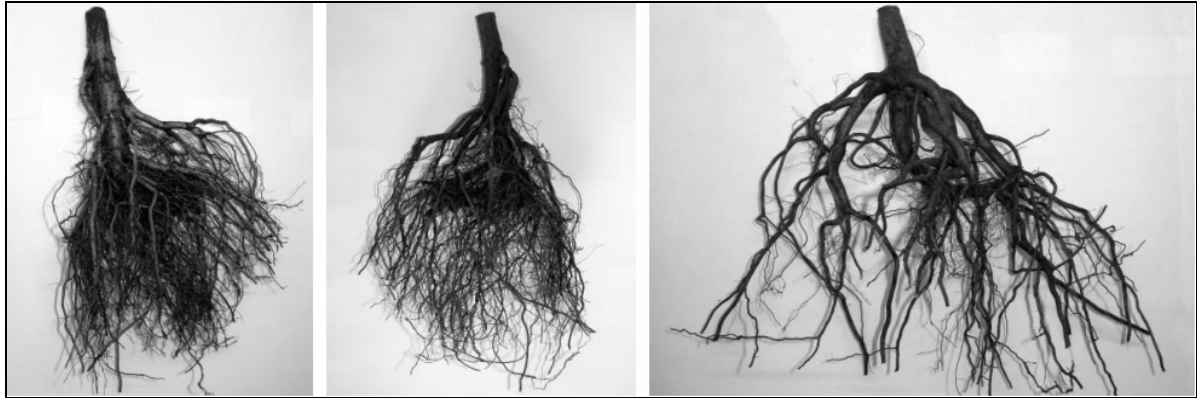


Fig. 14: Root systems of the NGSS of European beech (*Fagus sylvatica*).

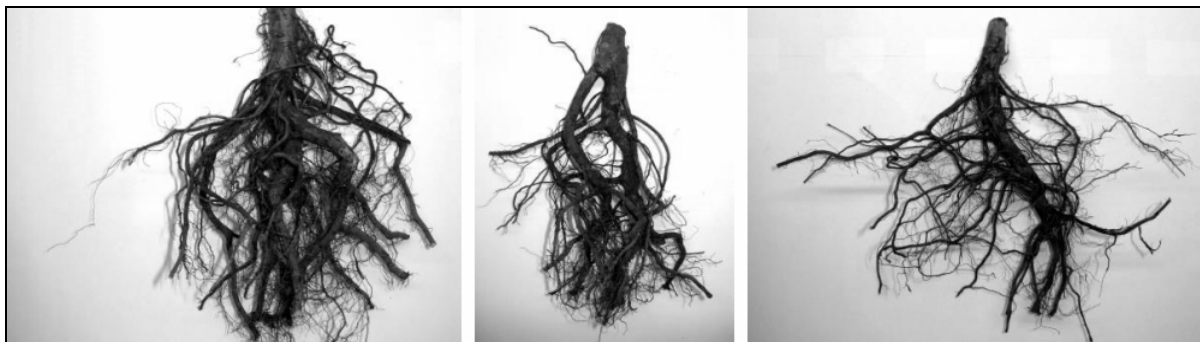


Fig. 15: Root systems of the NGSS of European beech (*Quercus robur*).



Fig. 16: Root systems of the NGSS of small-leaved lime (*Tilia cordata*)

VPLYV APLIKÁCIE MYKORIZNYCH A HYDROGÉLOVÝCH PRÍPRAVKOV NA VÝVOJ LESNEJ KULTÚRY BUKA LESNÉHO A SMREKA OBYČAJNÉHO

EFFECT OF APPLICATION OF MYCORRHIZAL AND HYDROGEL ADDITIVES ON DEVELOPMENT OF EUROPEAN BEECH AND NORWAY SPRUCE PLANTATION

Ivan Repáč, Matúš Sendecký, Jaroslav Vencurik

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR, repac@tuzvo.sk, msendecky@gmail.com, jaroslav.vencurik@tuzvo.sk

Abstract

This paper deals with impact of commercial mycorrhizal additives Mycorrhizaroots and Ectovit and hydrogel Stockosorb on survival, damage, growth and any physiological parameters of Norway spruce and European beech seedlings on planting site in the Kremnické vrchy Mts., Slovakia. Evaluation of plantations was carried out within the five years period. After the fifth growing season the survival percentage ranged from 64% (Mycorrhizaroots) to 77% (Stockosorb) in spruce and from 49% (Mycorrhizaroots) to 79% (Stockosorb) in beech experiment. The damage in spruce was most frequently caused by game browsing, while dry leading shoot was prevalent in beech. The influence of the additives on growth parameters was not significant. Chemical analyses of soil and photosynthetic apparatus and measuring of parameters of chlorophyll a fluorescence of seedlings performed after second growing season revealed certain differences between control and commercial additive treatments, however, no considerable complex effect of any additive tested was found.

Key words: bareroot seedlings, mycorrhizal additives, hydrogel, plantation, nutrition, chlorophyll a, fluorescence

Abstrakt

Predložená práca sa zaoberá vplyvom aplikácie komerčných mykoríznych prípravkov Mycorrhizaroots a Ectovit a hydroabsorbenta Stockosorb na uجاتosť, poškodenie, rast a niektoré fyziologické ukazovatele sadeníc smreka obyčajného a buka lesného na výsadbovej ploche v Kremnických vrchoch. Hodnotenie výsadiieb bolo vykonané počas piatich vegetačných období. Po piatom vegetačnom období bola uجاتosť smreka od 64 % (Mycorrhizaroots) do 77 % (Stockosorb) a buka od 49 % (Mycorrhizaroots) do 60 % (Stockosorb). Pri smreku prevažovalo poškodenie zverou, pri buku uschýnanie terminálneho výhonka. Aplikácia komerčných prípravkov nemala významný vplyv na rast sadeníc. Chemické analýzy pôdy, asimilačných orgánov a meranie parametrov fluorescence chlorofylu a vykonané po druhom vegetačnom období poukázali na určité rozdiely medzi kontrolou a komerčnými prípravkami, nebol však zistený výrazný komplexný vplyv niektorého z prípravkov na vývoj výsadiieb.

Kľúčové slová: voľnokorenné sadenice, mykorízne prípravky, hydroabsorbent, výsadba, minerálna výživa, chlorofyl a, fluorescencia

Úvod

Na základe údajov, ktoré poskytuje Správa o stave lesného hospodárstva na Slovensku (SPRÁVA 2014) bolo z celkových úloh obnovy lesa zabezpečené 62 % úloh umelou obnovou. Vzhľadom na túto skutočnosť je uplatnenie umelej obnovy lesných porastov významným prvkom, uplatňovaným predovšetkým v podmienkach aktuálne sa rozpadajúcich, kalamitou (či už veternou, podkôrnikovou, alebo snehovou) poškodených lesných porastov. Dôležitými faktormi, ktoré ovplyvňujú výsledok umelej obnovy sú kvalita sadbového materiálu, kvalita výsadby, pôsobenie abiotických a biotických činiteľov a starostlivosť o vysadené kultúry (JURÁSEK 2010; REPÁČ et al. 2013; REPÁČ 2014). Jednou z možností na zmiernenie šoku z presadenia, zlepšenie adaptačnej schopnosti, prežívania a odrastania kultúr je použitie rôznych prírodných i syntetických materiálov a prípravkov, tzv. pôdnych kondicionérov. Využitie komerčných prípravkov na báze hydroabsorbentov a mykoríznej symbiôzy na zmiernenie negatívnych dôsledkov stresu z presadenia sadeníc lesných drevín na výsadbovú plochu bolo hodnotené viacerými autormi

(SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ 2009; PEŠKOVÁ, TUMA 2010; TUČEKOVÁ et al. 2010; REPÁČ et al. 2012). Jedným z opatrení uľahčujúcich obnovu na degradovaných, nutrične chudobných a imisiami kontaminovaných plochách môže byť aj hnojenie a aplikácia prírodných materiálov (KUNEŠ 2004; TUČEKOVÁ 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2014). Využitie fyziologicko-biochemických parametrov na determinovanie skorých štádií stresu a charakterizovanie reakcie rastliny na environmentálny stres sa stáva veľmi frekventovaným postupom (KMEŤ et al. 2009). Jednou z metód, ktorá poskytuje informácie o schopnosti drevín tolerovať environmentálny stres a tiež o rozsahu poškodenia fotosyntetického aparátu je aj analýza fluorescencie chlorofylu *a* (MAXWELL, JOHNSON 2000).

Cieľom tejto práce je analyzovať vplyv aplikácie komerčných mykoríznych prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a hydroabsorbenta Stockosorb na uجاتosť, poškodenie, rast a fyziologické parametre výsadiieb smreka obyčajného a buka lesného v priebehu piatich vegetačných období po výsadbe na výskumnej výsadbovej ploche v Kremnických vrchoch.

Materiál a metodika

Výskumná výsadbová plocha bola založená na jar 2010 na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene, v orografickom celku Kremnické vrchy, lokalita Kamenná. Materská hornina lokality je andezit, dominantný pôdny typ kambizem. Výskumná plocha je umiestnená na jednom z obnovných prvkov v dieľci 726, v ktorom prebieha plánovaná obnova. Vlastnosti stanovišťa charakterizuje skupina lesných typov *Fagetum typicum*, lesný typ 4316 nitrofilná typická bučina (Prevádzkový súbor 41169), pôda je skalnatá, miestami balvanitá. Materský porast je rôznoveká stredná kmeňovina (priemerný vek 100 rokov), zastúpenie drevín buk lesný 70 %, jedľa biela 25 %, javor horský 3 %, jaseň štíhly 2 %, ojedinele hrab, lipa, dub, jelša, zmiešanie jednotlivé až skupinové, zakmenenie 0,8 nerovnomerné, miestami zmladenie buka, javora, jaseňa, jedle. Dielec je uznaným zdrojom pre zber reprodukčného materiálu – uznaný porast kategórie B pre dreviny jedľa a buk. Expozícia plochy je západná, sklon 40 %, nadmorská výška 750 m. Zásoba na 1 ha 469 m³, rubná doba 110 r., obnovná doba 30 r., hospodársky spôsob podrastový, maloplošná forma, rub okrajový clonný v pásoch šírky na 2 výšky porastu, obnovné zastúpenie buk 60 %, jedľa 20 %, jaseň 10 %, smrek 10 %, javor horský, očakávané zmladenie buka, jaseňa 100 %, jedle 50 %.

Na výskumnú plochu boli v apríli 2010 vysadené voľnokorenné sadenice smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) a buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Sadenice smreka boli štvorročné (f1+3), evidenčný kód pab544ZV-578 (uznaný porast pre zber semena kat. B, územie mimo určených semenárskych oblastí, lesný vegetačný stupeň bukový), sadenice buka tiež štvorročné (1+3), evidenčný kód fsy514ZV-697 (uznaný porast pre zber semena kat. B, stredoslovenská semenárska oblasť, lesný vegetačný stupeň bukový), vypestované po preškôlkovaní v lesnej škôlke Mláčik lokalizovanej neďaleko výskumnej výsadbovej plochy. Jedná sa o malú lesnú škôlku výmery približne 1 ha nachádzajúcu sa v nadmorskej výške 860 m, severozápadná expozícia.

Sadenice boli ošetrované komerčnými prípravkami Ectovit (Symbiom, s.r.o., Česká republika), Mycorrhizaroots (LebanonTurf, Lebanon, Pennsylvánia, USA) alebo Stockosorb (Evonik Stockhausen, GmbH, Nemecko), štvrtina sadeníc zostala neošetrovaná (kontrola). Každý prípravok bol aplikovaný k 50 ks sadeníc v každom z troch opakovaní (blokov). Sadenice boli vysádzané jamkovou sadbou,

v štvorcovom spone, smrek v rozstupe 2,0 × 2,0 m (2500 ks.ha⁻¹), buk v rozstupe 1,6 × 1,6 m (4000 ks.ha⁻¹). Spolu bolo vysadených 1200 ks sadeníc (50 ks × 2 dreviny × 4 varianty × 3 bloky) na ploche 0,40 ha.

Parametre rýchlej kinetiky fluorescence chlorofylu *a* boli merané prístrojom *Plant efficiency analyzer* (Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., Kings Lynn, Norfolk, England). V rámci každej varianty bolo vybraných päť sadeníc buka a smreka. V priebehu rýchlej kinetiky fluorescence chlorofylu *a* boli merané tieto parametre: F_0 – minimálna fluorescence, F_m – maximálna fluorescence, F_v – variabilná fluorescence, F_v/F_m – maximálna fotochemická efektívnosť fotosystému II, T_{FM} – čas v milisekundách, kedy bola dosiahnutá maximálna fluorescence, Area – plocha nad fluorescenčnou indukčnou krivkou, PI – Performance Index. Meranie sa uskutočnilo v roku 2011, v druhom vegetačnom období po výsadbe, v dvoch termínoch (3.8. a 26.9.).

Po ukončení rastu v prvom až piatom roku po výsadbe, koncom septembra, začiatkom októbra, bol zistený počet prežitých a poškodených sadeníc a meraná hrúbka krčka, výška stonky a výškový prírastok. Z hodnôt hrúbky krčka a výšky bol vypočítaný objem stonky dosadením do vzorca $1/3 \cdot \pi \cdot 1/2 \cdot h^2 \cdot v$. (modifikácia RUEHLE 1982, ktorý stanovil objem nadzemnej časti podľa vzorca $h^2 \cdot v$). Z viacerých jedincov z každého z troch opakovaní príslušného variantu boli v druhom roku v septembri odobrané vzorky pôdy z okolia koreňov a taktiež v druhom a piatom roku vzorky asimilačných orgánov pre chemické analýzy. Rastové charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt úrovni sledovaného faktora bol použitý Tukeyov test ($p \leq 0,05$). Výpočty boli urobené na PC v programe SAS.

Výsledky a diskusia

Priemerná ujatosť sadeníc (bez ohľadu na druh dreviny) vysadených bez aplikácie a s aplikáciou komerčných prípravkov bola 94 % po prvom, 80 % po druhom, 78 % po treťom, 71 % po štvrtom a 63 % po piatom vegetačnom období (tab. 1). Ujatosť smreka bola po 1. vegetačnom období (96 %) o niečo vyššia než buka (92 %), pričom po 5. vegetačnom období sa rozdiel v prežívaní drevín zvýšil na 13 % (smrek 69 %, buk 56 %). Najvyššie straty boli pri smreku medzi štvrtým a piatym vegetačným obdobím a pri buku medzi prvým a druhým vegetačným obdobím. Najvyššie hodnoty prežívania smreka na konci každého z piatich vegetačných období boli zistené pri sadenicach s aplikáciou Stockosorbu, najnižšie pre kontrolu (1. - 4. vegetačné obdobie) a prípravok Mycorrhizaroots (5. vegetačné obdobie). Podobne pre buk vykazovali najlepšiu ujatosť sadenice ošetrené hydroabsorbentom Stockosorb. Najhoršia ujatosť bola počas sledovaného obdobia zistená pri sadenicach buka ošetrených hubovým prípravkom Mycorrhizaroots. REPÁČ et al. (2011) uvádza priemernú ujatosť po druhom vegetačnom období na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách pre smrek 81 % a buk 62 % čo korešponduje s našimi hodnotami. MARTINÍK et al. (2013) uvádzajú, že dva roky po výsadbe na holinu straty buka boli síce len do 20 %, ale i napriek ochrane proti zveri a burine vôbec alebo len minimálne prirastal a dosiahol horší výsledok než smrek. Podľa autorov výsledok potvrdzuje oprávnenosť námietok výsadby buka na holinu.

Priemerné poškodenie prežitých sadeníc bolo počas sledovaného obdobia vyššie pri smreku, než pri buku (tab. 1). Najčastejšie sa vyskytovalo poškodenie sadeníc odhryzom zverou a uschýnaním terminálneho výhonka. V menšej miere boli sadenice poškodené mechanicky pri vyžínaní, zlomením a ohnutím. Pri smreku prevládalo poškodenie zverou (najmä v 5. vegetačnom období), pri buku uschýnanie

terminálneho výhonka. Uschýnanie výhonov, ktoré je výsledkom viacerých vnútorných a vonkajších príčin a môže byť ovplyvnené účinkom aplikovaných prípravkov, sa pri smreku vyskytlo viac menej v rovnakom rozsahu vo všetkých variantoch. Pri buku bol počas sledovaného obdobia veľmi nízky rozsah tohto poškodenia v aplikácii Ectovitu, po 5. vegetačnom období sa toto poškodenie už nevyskytovalo.

Tabulka 1: Prežívanie (% z vysadených sadeníc) a poškodenie (% z prežitých sadeníc) výsadiieb smreka obyčajného a buka lesného po prvom až piatom vegetačnom období po výsadbe s aplikáciou komerčných prípravkov

Table 1: Survival (% from outplanted seedlings) and damage (% from survived seedlings) of Norway spruce and European beech plantations from the first to the fifth growing seasons after outplanting with application of commercial additives

Prípravok Additive	Smrek obyčajný Norway spruce				Buk lesný European beech			
	Prežívanie (%) Survival (%)	Poškodené z prežitých (%) Damaged from survived (%)			Prežívanie (%) Survival (%)	Poškodené z prežitých (%) Damaged from survived (%)		
		Zver Game	Suchý vrchol Dry leading shoot	Iné poškodenie Another damage		Zver Game	Suchý vrchol Dry leading shoot	Iné poškodenie Another damage
	Po 1. vegetačnom období / After the 1 st growing season							
Mycorrhizaroots	95,8	0,0	1,0	0,9	88,0	4,8	4,7	0,9
Ectovit	100,0	0,0	2,3	0,0	85,2	0,7	0,7	0,0
Stockosorb	97,2	0,0	1,1	3,1	97,8	1,9	5,2	0,0
Kontrola/Control	91,1	0,8	2,9	5,2	95,1	2,2	4,1	1,2
Priemer/Average	96,0	0,2	1,8	2,3	91,5	2,4	3,7	0,5
Po 2. vegetačnom období / After the 2 nd growing season								
Mycorrhizaroots	84,8	9,4	2,3	12,5	68,0	2,0	8,8	0,0
Ectovit	89,3	5,7	2,2	0,7	71,3	6,6	0,0	2,2
Stockosorb	89,1	8,2	2,2	2,2	78,9	2,5	5,1	6,8
Kontrola/Control	80,9	11,5	3,3	3,3	79,1	4,2	14,3	0,8
Priemer/Average	86,0	8,7	2,5	4,7	74,3	3,8	7,1	2,5
Po 3. vegetačnom období / After the 3 rd growing season								
Mycorrhizaroots	84,7	8,7	0,8	4,7	64,0	7,3	6,3	2,1
Ectovit	88,7	4,5	2,3	7,5	70,0	6,7	1,9	5,7
Stockosorb	87,3	4,6	7,6	6,9	74,7	4,5	5,4	0,0
Kontrola/Control	80,0	5,0	1,7	19,2	76,0	4,4	7,0	0,0
Priemer/Average	85,2	5,7	3,1	9,6	71,2	5,7	5,2	2,0
Po 4. vegetačnom období / After the 4 th growing season								
Mycorrhizaroots	80,7	3,3	1,7	2,5	50,7	1,3	1,3	0,0
Ectovit	85,3	10,2	0,8	4,7	63,3	3,2	1,1	0,0
Stockosorb	86,0	7,0	0,0	4,7	69,3	1,9	1,9	1,0
Kontrola/Control	72,0	13,0	1,9	1,9	63,3	1,1	0,0	0,0
Priemer/Average	81,0	8,4	1,1	3,5	61,7	1,9	1,1	0,3
Po 5. vegetačnom období / After the 5 th growing season								
Mycorrhizaroots	64,0	10,2	3,7	9,3	49,3	2,6	0,0	0,0
Ectovit	66,0	15,0	0,0	10,0	57,3	1,2	0,0	0,0
Stockosorb	76,7	6,2	2,3	7,0	60,0	4,2	0,0	5,2
Kontrola/Control	68,7	11,2	0,9	0,0	58,7	3,2	0,0	4,3
Priemer/Average	68,9	10,7	1,7	6,6	56,3	2,8	0,0	2,4

Vysoký podiel poškodenia experimentálnych výsadiieb pozorovali TUČEKOVÁ et al. (2010) v oblasti Kysúc a REPÁČ et al. (2011) vo Vysokých Tatrách. Autori zaznamenali už po prvom vegetačnom období vyššie poškodenie (aj viac než 50 %) pri drevinách javor horský a buk lesný.

Aplikácia komerčných hubových prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a hydroabsorbenta Stockosorb neovplyvnila štatisticky významne ($p > 0,05$) hodnoty meraných rastových parametrov sadeníc smreka a buka po prvom až piatom vegetačnom období. Taktiež TUČEKOVÁ et al. (2010) nezistili štatisticky významný vplyv piatich prípravkov na rastové parametre viacerých drevín. Inokulácia výsadiieb prevádzkového i experimentálneho rozsahu inokulom ektomykoríznych húb v zahraničí však priniesla v závislosti od kombinácie huba-drevina-podmienky prostredia okrem indiferentných i pozitívne výsledky (MARX 1991; CASTELLANO 1996; KOVALSKI 2007, RINCON et al. 2007).

Pomerne veľké rozdiely v hodnotách rastových ukazovateľov, hoci nevýznamné, boli pri smreku medzi Mycorrhizaroots a Stockosorb, v prospech hydroabsorbenta. Naopak, pre buk boli o niečo nižšie hodnoty než v ostatných variantoch zistené pre sadenice ošetrované Stockosorbom (tab. 2). Bez ohľadu na aplikovaný prípravok, obidve dreviny prejavili podobný rytmus výškového rastu, s mierne rýchlejšim rastom smreka. Podobne, aj v závislosti od hrúbky koreňového krčka v čase výsadby, hrúbkový prírastok smreka bol intenzívnejší než buka, čo vyústilo do vyššej produkcie biomasy smreka, vyjadrenej hodnotami objemu nadzemnej časti. PEŠKOVÁ, TUMA (2010) pozorovali mierne pozitívny vplyv umelej inokulácie smrekových sadeníc prípravkom Ectovit na rozvoj aktívnych mykoríz, avšak pri hodnotení rastu sadeníc bol pozorovaný mierne negatívny efekt. V práci HOLUŠU et al. (2009) inokulácia sadeníc smreka Ectovitom v oblasti Nízkeho Jeseníka s intenzívnym poškodením smreka podpŕovkou podporila adaptáciu a vývoj výsadiieb štyri roky po inokulácii. KULLA, TUČEKOVÁ (2012) vo svojej práci zistili pozitívny vplyv Ectovitu po prvom vegetačnom období na výškový prírastok sadeníc smreka, jedle a buka v oblasti Kysúc. Pozitívny účinok hydroabsorbentov, ktorý sa prejavil nielen počas transportu a manipulácie so sadbovým materiálom, ale aj priamo ovplyvnil oblasť koreňového systému zaznamenali TUČEKOVÁ (2004) a MAUER (2007). SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ (2009) uvádzajú negatívne účinky hydroabsorbentu Stockosorb, keď sadenice smreka obyčajného ošetrované týmto prípravkom dosiahli slabšie prežívanie a významne nižšie hodnoty rastových parametrov než kontrola.

V pôdnych vzorkách odobraných po 2. vegetačnom období v prípade smreka bol zistený vyšší obsah uhlíka a dusíka, v prípade buka aj fosforu pre Stockosorb a kontrolu, než pre hubové prípravky Mycorrhizaroots a Ectovit (tab. 3). REJŠEK (1999) uvádza ako veľmi nízky obsah dusíka pod hranicu 0,03 %, stredný obsah 0,06 – 0,2 % a veľmi vysoký obsah v rozsahu nad 0,3 %. Podľa MARXA A KOL. (1999) za nízky obsah fosforu môžeme považovať hodnoty pod 20 mg.kg^{-1} . Z toho vyplýva, že obsah fosforu je v našom prípade vo všetkých variantoch na nízkej úrovni (obzvlášť hodnoty pri buku, ako $7,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ po použití prípravku Mycorrhizaroots a $7,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ prípravku Ectovit). Hodnoty draslíka, vápnika a horčíka boli v podstate vyrovnané, pre buk len o niečo vyššie v kontrolnom než ostatných variantoch.

Na základe chemickej analýzy po druhom roku môžeme v ihliciach smrekových sadeníc pozorovať najvyšší obsah draslíka, vápnika a horčíka vo variantoch s Mycorrhizaroots a Ectovitom, z hľadiska obsahu uhlíka, dusíka a fosforu boli medzi variantmi len malé rozdiely (tab. 4). Je však potrebné upozorniť na nízky obsah horčíka v kontrolnom variante (794 mg.kg^{-1}). Podľa BERGMANNA (1988) sa dostatočná zásoba horčíka v dvojročných ihliciach smreka pohybuje v rozmedzí 1000 až 2500 mg.kg^{-1} sušiny. Je zaujímavosťou, že v listoch sadeníc buka boli najvyššie hodnoty obsahu fosforu, draslíka, vápnika a horčíka jednoznačne vo variante s hydroabsorbentom Stockosorb. V ostatných variantoch boli zistené podprahové

hodnoty obsahu horčíka, draslíka a fosforu (BERGMANN 1988). Vzhľadom na relatívne priaznivé zásoby minerálnych živín v pôde nemôžeme hovoriť výhradne o strese spôsobenom výživou. Nižší obsah živín v asimilačných orgánoch mohol byť spôsobený termínom ich odberu (na konci vegetačného obdobia) ale aj spomaleným rozvojom koreňových systémov.

Tabulka 2: Priemerné hodnoty \pm smerodajné odchýlky rastových parametrov sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po prvom až piatom vegetačnom období po výsadbe s aplikáciou komerčných prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a Stockosorb

Table 2: Mean values \pm standard deviations of growth parameters of Norway spruce and European beech plantations from the first to the fifth growing seasons after outplanting with application of commercial additives Mycorrhizaroots, Ectovit and Stockosorb

Prípravok Additive	Smrek obyčajný Norway spruce				Buk lesný European beech			
	Výška kmienka (cm) Stem height (cm)	Výškový prírastok (cm) Height increment (cm)	Hrúbka kmienka (mm) Stem diameter (mm)	Objem nadzemnej časti (cm ³) Volume of aboveground part (cm ³)	Výška kmienka (cm) Stem height (cm)	Výškový prírastok (cm) Height increment (cm)	Hrúbka kmienka (mm) Stem diameter (mm)	Objem nadzemnej časti (cm ³) Volume of aboveground part (cm ³)
Po 1. vegetačnom období / After the 1 st growing season								
Mycorrhizaroots	33,0 \pm 8,8	8,5 \pm 3,3	7,4 \pm 2,0	22,9 \pm 18,5	38,6 \pm 9,8	8,8 \pm 4,2	5,3 \pm 1,6	14,3 \pm 13,5
Ectovit	33,1 \pm 9,7	8,9 \pm 2,9	7,6 \pm 2,2	25,6 \pm 18,0	33,0 \pm 9,1	7,4 \pm 2,7	5,1 \pm 1,4	11,7 \pm 8,6
Stockosorb	32,4 \pm 9,3	7,1 \pm 2,6	7,3 \pm 1,8	21,8 \pm 14,4	38,0 \pm 9,6	7,3 \pm 3,3	5,7 \pm 1,8	16,5 \pm 14,0
Kontrola/Control	29,1 \pm 9,7	6,6 \pm 2,3	6,8 \pm 1,8	18,0 \pm 15,2	37,9 \pm 9,2	6,6 \pm 2,7	5,5 \pm 1,6	14,3 \pm 12,2
Po 2. vegetačnom období / After the 2 nd growing season								
Mycorrhizaroots	46,9 \pm 11,8	13,9 \pm 8,2	10,6 \pm 2,6	59,6 \pm 42,0	49,3 \pm 13,3	10,7 \pm 6,6	8,3 \pm 2,8	43,2 \pm 44,4
Ectovit	49,3 \pm 12,3	16,3 \pm 9,4	11,3 \pm 3,1	72,7 \pm 49,3	44,2 \pm 11,5	11,1 \pm 6,9	7,9 \pm 2,6	34,3 \pm 32,5
Stockosorb	48,7 \pm 12,0	16,3 \pm 11,3	11,5 \pm 3,3	74,6 \pm 50,5	47,6 \pm 11,3	9,6 \pm 5,1	7,5 \pm 2,1	31,4 \pm 28,8
Kontrola/Control	45,7 \pm 13,6	16,6 \pm 11,1	10,9 \pm 3,3	63,5 \pm 53,7	47,0 \pm 12,1	9,1 \pm 4,3	8,3 \pm 2,0	36,6 \pm 24,2
Po 3. vegetačnom období / After the 3 rd growing season								
Mycorrhizaroots	65,0 \pm 18,9	24,3 \pm 9,4	13,6 \pm 3,8	142 \pm 113	68,7 \pm 23,1	16,8 \pm 9,3	11,4 \pm 3,9	116 \pm 116
Ectovit	69,0 \pm 15,8	24,2 \pm 8,1	15,2 \pm 4,2	184 \pm 128	66,0 \pm 21,8	16,9 \pm 9,0	10,5 \pm 3,2	90 \pm 87
Stockosorb	69,6 \pm 16,8	25,9 \pm 9,8	15,5 \pm 4,4	197 \pm 140	60,7 \pm 15,2	17,5 \pm 9,4	10,8 \pm 2,9	82 \pm 65
Kontrola/Control	66,2 \pm 19,8	26,6 \pm 11,3	14,4 \pm 4,0	166 \pm 145	61,4 \pm 19,9	17,7 \pm 9,5	10,6 \pm 3,2	85 \pm 67
Po 4. vegetačnom období / After the 4 th growing season								
Mycorrhizaroots	88,5 \pm 27,9	31,3 \pm 13,1	16,9 \pm 4,8	300 \pm 243	96,3 \pm 31,5	33,9 \pm 19,1	15,1 \pm 4,5	264 \pm 234
Ectovit	94,3 \pm 24,6	33,8 \pm 14,3	18,4 \pm 4,7	365 \pm 267	99,5 \pm 25,9	32,6 \pm 13,2	15,4 \pm 3,4	263 \pm 172
Stockosorb	99,3 \pm 26,4	37,4 \pm 13,9	19,5 \pm 4,3	427 \pm 267	90,2 \pm 27,0	31,5 \pm 15,8	14,1 \pm 3,4	206 \pm 145
Kontrola/Control	92,7 \pm 32,6	35,5 \pm 15,0	18,7 \pm 4,6	388 \pm 300	97,2 \pm 30,8	29,2 \pm 12,5	15,1 \pm 4,0	262 \pm 198
Po 5. vegetačnom období / After the 5 th growing season								
Mycorrhizaroots	134,0 \pm 28,5	36,3 \pm 17,0	25,1 \pm 6,8	976 \pm 687	123,4 \pm 40,2	26,6 \pm 11,9	18,9 \pm 5,5	536 \pm 446
Ectovit	130,9 \pm 34,6	35,7 \pm 10,7	24,7 \pm 7,8	977 \pm 744	137,6 \pm 32,8	25,6 \pm 14,5	19,5 \pm 4,6	616 \pm 437
Stockosorb	135,4 \pm 30,3	35,3 \pm 11,2	27,9 \pm 6,8	1199 \pm 730	126,9 \pm 37,0	21,4 \pm 11,8	17,3 \pm 4,8	450 \pm 332
Kontrola/Control	123,0 \pm 29,2	32,1 \pm 11,0	25,9 \pm 6,7	952 \pm 667	136,2 \pm 33,3	28,1 \pm 13,0	21,2 \pm 16,1	954 \pm 338

Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc smreka a buka po piatom vegetačnom období nám poskytla informácie o vývoji v zastúpení základných minerálnych živín. Hodnoty sledovaných prvkov boli pri obidvoch drevinách medzi jednotlivými variantmi v podstate vyrovnané. Po troch rokoch došlo v ihliciach smreka k nárastu dusíka, draslíka, vápnika a predovšetkým horčíka v kontrolnom variante,

a naopak k poklesu hodnôt spomínaných prvkov vo variante s Ectovitom (tab. 5). Zaujímave je opäť zastúpenie minerálnych živín v listoch buka. Vo variantoch s hubovými prípravkami Mycorrhizaroots a Ectovit sme zaznamenali oproti druhému roku výraznejší nárast v hodnotách dusíka, fosforu, draslíka, vápnika a horčíka. I napriek tomu sú hodnoty draslíka a horčíka na nízkej úrovni. BERGMANN (1988) uvádza dostatočnú zásobu draslíka v rozmedzí 10000 až 15000 mg.kg⁻¹ sušiny a horčíka v rozmedzí 1500 až 3000 mg.kg⁻¹ sušiny.

Tabulka 3: Chemická analýza pôdnych vzoriek odobraných po druhom vegetačnom období z rhizosféry sadeníc smreka obyčajného a buka lesného ošetrených pri výsadbe komerčnými hubovými prípravkami (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentom Stockosorb

Table 3: Chemical analysis of soil samples collected after second growing season from rhizosphere of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial ectomycorrhizal inocula Mycorrhizaroots and Ectovit and hydrogel Stockosorb

Prípravok Additive	Sušina (%)		pH _{H₂O}	pH _{KCL}	C (%)	C _{org.} (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
	Dry matter (%)										
Smrek obyčajný / Norway spruce											
Mycorrhizaroots	95,51	5,40	4,19	3,06	3,06	0,22	10,4	376	1901	165	
Ectovit	95,72	5,52	4,34	3,79	3,79	0,29	12,2	345	1838	137	
Stockosorb	95,36	5,30	4,14	5,46	5,46	0,37	9,4	278	1773	125	
Kontrola / Control	95,03	5,41	4,33	5,57	5,57	0,40	10,0	346	2018	153	
Buk lesný / European beech											
Mycorrhizaroots	95,14	5,36	4,14	3,86	3,86	0,30	7,2	385	1865	153	
Ectovit	96,21	5,45	4,24	3,45	3,45	0,25	7,7	322	1801	134	
Stockosorb	95,61	5,42	4,44	5,26	5,26	0,34	10,4	318	2030	138	
Kontrola / Control	94,70	5,54	4,62	6,08	6,08	0,43	14,7	390	2537	182	

Tabulka 4: Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po druhom vegetačnom období ošetrených pri výsadbe komerčnými hubovými prípravkami (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentom Stockosorb

Table 4: Chemical analysis of photosynthetic apparatus of Norway spruce and European beech seedlings after the second growing season treated in planting time with commercial ectomycorrhizal inocula Mycorrhizaroots and Ectovit and hydrogel Stockosorb

Prípravok Additive	Sušina (%)		C (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
	Dry matter (%)							
Smrek obyčajný / Norway spruce								
Mycorrhizaroots	95,44		53,12	1,99	1718	9000	9797	1215
Ectovit	95,21		52,62	2,41	2048	8896	10230	1323
Stockosorb	95,13		54,87	2,05	1619	6339	7705	1093
Kontrola / Control	94,94		54,46	1,98	2180	7057	8258	794
Buk lesný / European beech								
Mycorrhizaroots	95,08		51,22	2,16	1294	6332	9466	1073
Ectovit	94,77		50,23	2,00	1498	7196	11185	926
Stockosorb	94,91		51,21	1,86	2697	12960	24444	2213
Kontrola / Control	94,98		53,03	2,08	1779	8286	12529	750

Tabulka 5: Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po piatom vegetačnom období ošetrovaných pri výsadbe komerčnými hubovými prípravkami (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentom Stockosorb

Table 5: Chemical analysis of photosynthetic apparatus of Norway spruce and European beech seedlings after the fifth growing season treated in planting time with commercial ectomycorrhizal inocula Mycorrhizaroots and Ectovit and hydrogel Stockosorb

Prípravok Additive	Sušina (%) Dry matter (%)	C (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
Smrek obyčajný / Norway spruce							
Mycorrhizaroots	93,90	50,2	2,04	1980	8360	10000	1040
Ectovit	94,95	50,1	1,81	1680	7770	9360	926
Stockosorb	94,73	53,0	2,14	1860	8270	10500	989
Kontrola / Control	94,27	54,0	2,18	2030	9150	9320	1160
Buk lesný / European beech							
Mycorrhizaroots	94,48	53,7	2,35	1770	7440	14600	1370
Ectovit	94,21	50,4	1,98	1830	8080	15100	1380
Stockosorb	94,72	53,6	2,08	1630	7870	14300	1420
Kontrola / Control	94,43	54,5	2,22	1620	7520	12300	1320

Maximálny kvantový výťažok fotosystému II (F_v/F_m), parameter Area a Performance index ako ukazovateľ vitality (PI) poukazujú, že priebeh primárnych procesov fotosyntézy ako odraz fyziologického stavu sadeníc smreka bol v 2. vegetačnom období v augustovom meraní najlepší vo variante kontrola (tab. 6).

Tabulka 6: Priemerné hodnoty parametrov fluorescencie chlorofylu a sadeníc smreka obyčajného a buka lesného vysadených bez aplikácie a s aplikáciou komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb

Table 6: Mean values of chlorophyll a fluorescence parameters of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb

Prípravok Additive	F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m	T _{FM}	Area	PI
Smrek obyčajný / Norway spruce – 03.08.2011							
Ectovit	0,190	0,799	0,608	0,762ab	292b	27039b	5,021
Mycorrhizaroots	0,169	0,713	0,545	0,760ab	269b	23072b	5,277
Stockosorb	0,185	0,764	0,579	0,756b	328b	27895b	4,792
Kontrola / Control	0,176	0,823	0,646	0,784a	480a	36240a	6,691
Smrek obyčajný / Norway spruce – 26.09.2011							
Ectovit	3,154	3,484	0,330	0,101	0,305	32,5	0
Mycorrhizaroots	3,008	3,495	0,487	0,151	0,450	159,2	0,037
Stockosorb	3,823	3,840	0,018	0,005	0,042	1,6	0
Kontrola / Control	3,180	3,842	0,662	0,172	0,817	298,8	0
Buk lesný / European beech – 03.08.2011							
Ectovit	0,204b	0,816ab	0,611	0,748	312b	22448ab	1,951
Mycorrhizaroots	0,245a	0,908ab	0,663	0,719	610a	25381ab	1,681
Stockosorb	0,202b	0,760b	0,559	0,696	381b	20794b	2,245
Kontrola / Control	0,245a	1,008a	0,763	0,733	578a	31020a	2,435
Buk lesný / European beech – 26.09.2011							
Ectovit	3,755a	3,840b	0,085b	0,022b	0,058b	5,90b	0
Mycorrhizaroots	3,841a	3,948a	0,107b	0,026b	0,046b	6,80b	0
Stockosorb	3,347b	3,938a	0,591a	0,150a	0,130a	40,00a	0
Kontrola / Control	3,896a	3,937a	0,041b	0,010b	0,043b	3,10b	0

Medzi hodnotami označenými rôznymi písmenami sú štatisticky významné rozdiely/Means marked with different letters are significantly different

Sadenice buka vykazovali štatisticky významný rozdiel medzi kontrolou a aplikáciou hydroabsorbenta Stockosorb v parametroch F_m, T_{FM} a Area v augustovom meraní a v parametroch F_v/F_m, T_{FM} a Area v septembrovom meraní, v prvom termíne s vyššou aktivitou kontroly, v druhom Stockosorb. Priemerné hodnoty kardinálneho parametra rýchlej kinetiky fluorescencie chlorofylu a F_v/F_m vo

variante s aplikáciou Mycorrhizaroots a Stockosorb v augustovom meraní potvrdzujú nízku úroveň svetelnej úrovne fotosyntézy. Meraniu v septembri, na konci vegetačného obdobia, rovnako ako pri smreku odpovedá veľmi nízka fyziologická aktivita, ako dôsledok konkrétnych podmienok prostredia a termínu merania. V období prechodu do vegetačného pokoja mal na fotosyntetickú aktivitu buka pozitívny účinok Stockosorb. Je potrebné zobrať do úvahy, že v tomto prípade ide o experiment v nekontrolovaných podmienkach, kde nie je možné vylúčiť vplyv faktorov prostredia a tiež je tu otázka časového faktora účinku daných prípravkov. V rámci poloprevádzkového experimentu hodnotiaceho účinok stresu zo sucha na fyziologický stav troch proveniencií sadeníc buka lesného sa potvrdil kladný vplyv hydroabsorbenta Stockosorb na primárne procesy fotosyntézy (PŠIDOVÁ et al. 2012). Odozva sa prejavila predovšetkým v parametroch F_v/F_m , Area, PI a ETR (rýchlosť transportu elektrónov).

K objasneniu účinkov sledovaných faktorov by bolo prispelo detailné hodnotenie koreňových systémov, vrátane rozsahu a identifikácie ektomykoríz morfológickými a molekulárnymi metódami, čo však bolo nad naše personálne a časové možnosti. Komplikáciou je zvlášť náročnosť odberu a hodnotenia koreňových systémov najmä starších odrastenejších kultúr, nadmerné prepletenie koreňov sadeníc s koreňmi okolitej vegetácie a tiež deštruktívny charakter odberu vzoriek v kultúrach založených v rámci prevádzkových zalesňovacích povinností.

Záver

Výsledky prezentované v tejto práci analyzujú vplyv aplikácie komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbenta Stockosorb na uجاتosť, poškodenie, rast a fyziologické parametre výsadiel smreka obyčajného a buka lesného po piatich vegetačných obdobiach. Pri smreku bola priemerná uجاتosť po piatom vegetačnom období 69 %, čo je o 27 % menej než v prvom. Pri buku priemerná uجاتosť klesla až o 35 % na úroveň 56 %. Aplikácia hydroabsorbenta Stockosorb mala mierne pozitívny vplyv na uجاتosť sadeníc smreka a buka. Sadenice smreka boli prevažne poškodzované zverou, buka uschýnaním terminálneho výhonka. V pôdnych vzorkách bol zistený najvyšší obsah uhlíka a pre buk aj minerálnych živín pri kontrolných sadenicích, čo nasvedčuje na určitý vplyv aplikovaných prípravkov. Chemické analýzy asimilačného aparátu sadeníc po druhom a piatom vegetačnom období poukázali na určité zmeny v zastúpení minerálnych živín pre jednotlivé varianty. Jednorazové meranie parametrov fluorescencie chlorofylu počas druhého vegetačného obdobia nepreukázalo zvýšenú fyziologickú aktivitu sadeníc ošetrovaných prípravkami. V závere vegetačného obdobia bol zaznamenaný pozitívny vplyv Stockosorbu na aktivitu buka.

PodĎakovanie

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej, p. P. Imremu a p. J. Hroncovi za technické práce. Práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA MŠRV SR a SAV č. 1/0521/13.

Literatúra

- BERGMANN, W. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1988. 762 s.
- CASTELLANO, M. A. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji, K. G. (ed.) Concepts in mycorrhizal research. Springer Netherlands, 1996. s. 223-301.
- HOLUŠA, J., PEŠKOVÁ, V., VOSTRÁ, L., PERNEK M. Impact of mycorrhizal inoculation on

- spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests in infested by honey fungus. *Periodicum Biologorum*, 2009. 111 (4): s. 413-417.
- JURÁSEK, A. Využití poznatků výzkumu při úpravě standartů kvality sadebního materiálu lesních dřevin. *In: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.) Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa.* Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2010. s. 42-47.
- KOVALSKI, S. Ektomikoryzy. *Nowe biotechnologie w polskim skolkarstwie lesnym.* Warszawa: Centrum informacyjne Lasow Panstwowych, 2007. 398 s.
- KMEŤ, J., DITMAROVÁ, L., KURJAK, D. Fyziologicko-biochemické parametre ako možné bioindikátory stresu zo sucha. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 2009. 51 (3): s. 67-76.
- KULLA, L., TUČEKOVÁ, A. Obnova kalamitných holín v rámci demonštračného objektu rekonštrukcie smrečín na Kysuciach. *In: Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.) Pestovanie lesa v strednej Európe.* Zvolen: TU vo Zvolene, 2012. s. 284-293.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ČIŽEK, M. Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. *Journal of Forest Science*, 2004. 50 (8): s. 366-373.
- MARTINÍK A., DOBROVOLNÝ, L., HURT, V. Úspěšnost a nákladovost různých variant obnovy lesa po větrné kalamitě. *In: Baláš, M., Podrázský, V., Kučeravá, B. (eds.) Pěstování lesů ve střední Evropě.* Praha: ČZU v Praze, 2013. s. 151-158.
- MARX, D. H. The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. *In: Wallenberg, M. (ed.) Ecophysiology of ectomycorrhizae of forest trees.* Stockholm: M. Wallenberg Foundation, 1991. s. 54-90.
- MARX, E. S., HART, J., STEVENS, R. G. Soil test interpretation guide. Oregon State University: EC 1478, 1999. 8 s.
- MAUER, O. Možnosti ochrany lesních kultur v období přisušku. *In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.) Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa.* Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2007. s. 145-149.
- MAXWELL, K., JOHNSON, G. J. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 2000. 51 (345): s. 659-668.
- PEŠKOVÁ, V., TUMA, M. Ověření vlivu mykorrhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2010. 55 (3): s. 211-220.
- PODRÁZSKÝ, V., HOLUBÍK, O., BALÁŠ, M., KUPKA, I., ZVOLÁNEK, J., TUŽINSKÝ, M., GJUROV, V. Využití přípravků na bázi řas pro iniciální podporu výsadby lesních dřevin. *In: Štefančík, I. (ed.) Pestovanie lesa v strednej Európe.* Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2014. s. 45-51.
- PŠIDOVÁ, E., JAMNICKÁ, G., DITMAROVÁ, L., MAJEROVÁ, J., KMEŤ J., MACKOVÁ, M. Zmeny parametrov fluorescencie chlorofylu a u kontrastných proveniencií buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) ako odozva na postupujúci stres zo sucha. *In: Hnilička F. (ed.) Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2012.* Praha: ČZU v Praze, 2012. s. 134-137.
- REJŠEK, K. Lesnická pedologie – cvičení (skriptum). Brno: MZLU v Brně, 1999. 152 s.
- REPÁČ, I. Účinky termínu výsadby a melioračnej prímеси na prežívanie a rast kultúry smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.). *In: Štefančík I. (ed.) Pestovanie lesa v strednej Európe.* Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2014. s. 21-28.
- REPÁČ, I., TUČEKOVÁ, A., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK J. Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. *Journal of Forest Science*, 2011. 57 (8): s. 349-358.

- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M., KMEŤ, J. 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., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.) Pestovanie lesa v strednej Európe. Zvolen: TU vo Zvolene, 2012. s. 310-318.*
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M. Využitie mikrobiálnych prípravkov pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín. Zvolen: TU vo Zvolene, 2013. 114 s.
- RINCÓN, A., DE FILIPE, M. R., FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. Inoculation of *Pinus halepensis* Mill. With selected ectomycorrhizal fungi improves seedling establishment 2 years after planting in a degraded gypsum soil. *Mycorrhiza*, 2007. 18 (1): s. 23-32.
- RUEHLE, J. L. Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Caroline. *Southern Journal of Applied Forestry*, 1982. 6 (1): s. 30-33.
- SARVAŠOVÁ, I., FERENCOVÁ, I. Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 2009. 51 (2): s. 39-48.
- SPRÁVA 2014. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2013 [online] Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva SR: 84 s. [cit. 14. apríla 2015]. Dostupné na: <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=123&id=8> 915.
- TUČEKOVÁ, A. 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. Brno: MZLU v Brně, 2004. s. 101-119.*
- TUČEKOVÁ, A. Overovanie účinnosti hnojivých aditív v umelej obnove na viatych pieskoch Záhoria. *In: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P. (eds.) Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních. Brno: MU v Brně, 2010. s. 152-158.*
- TUČEKOVÁ, A., REPÁČ, I., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK, J. Vplyv aplikácie pôdnych aditív na rast a prežívanie výsadiel po prvom vegetačnom období. *In: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.). Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2010. s. 123-130.*

VÝSLEDKY ZALESŇOVANIA ZASOLENÝCH PÔD NA SLOVENSKU

RESULTS OF SALINATED SOILS AFFORESTATION IN SLOVAKIA

Anna Tučeková, Miriam Maľová, Valéria Longauerová

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, Slovensko

Abstract

The paper presents results of the research and operational validation of the various techniques for afforestation of hard-renewable salty soils in OZ Palárikovo implemented in two time periods (2006 - 2010 and 2013 - 2014). It demonstrates that an important condition for success and first afforestation of the saline soils is careful full-area soil preparation. For the success of several species (poplar, maple, alder, willow and others.) has proved to be an important factor term of plantings. Despite the strong deterioration by game animals, the elm adapts best to date.

Keywords: saline soil, afforestation, weed

Abstrakt

Príspevok prezentuje výsledky výskumného a prevádzkového overovania rôznych technologických postupov ťažko-obnoviteľných slaných pôd v oblasti OZ Palárikovo realizovaného v dvoch časových etapách (2006 – 2010 a 2013 – 2014). Preukazuje sa, že na zasolených pôdach je dôležitou a prvou podmienkou úspešnosti zalesňovania správne vykonanie celoplošnej prípravy pôdy. Na uجاتosti viacerých drevín (topoľ, javor, jelša, vŕba a i.) sa preukazuje ako významný faktor termín výsadby. Zo všetkých hodnotených drevín sa brest doteraz adaptuje najlepšie, napriek silnému poškodzovaniu zverou.

Kľúčové slová: zasolené pôdy, zalesňovanie, nežiaduca vegetácia

Úvod a problematika

Panónske slané stepi a slaniská sa vyskytujú iba v niekoľkých krajinách Európskej únie, v panónskej biogeografickej oblasti. MOLNÁR (1997) ich považuje za najzápadnejšiu časť Euroázijskej stepnej zóny. Plošne najviac sú zastúpené v Maďarsku, kde sa odhaduje ich rozloha na asi 400 tisíc hektárov (SZABOLCS 1974). Sú to najtypickejšie vyvinuté vnútrozemské slaniská v Európe okrem štátov bývalého Sovietskeho zväzu. Mimo Maďarska ich nachádzame na okrajoch Panónskej nížiny, v Českej republike na južnej Morave, v Dolnom Rakúsku, v srbskej Vojvodine, na južnom Slovensku, v Zakarpatskej Rusi na Ukrajine, v Rumunsku, v severovýchodnom Chorvátsku a v Bulharsku (TZONEV et al. 2008).

Slaniská sú vyvinuté na územiach s výparným režimom, teda v najsuchších a najteplejších oblastiach Slovenska, hlavne na depresných polohách karbonátových fluviálnych sedimentov a spraší v južných častiach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny (100 – 130 m n. m.). Najväčšiu plochu zaberajú (zaberali) zasolené pôdy v Podunajskej nížine, najmä v oblasti Žitného ostrova, v okolí Komárna a Štúrova, na sever ich výskyt zasahuje až po Nitru (KRIST 1940; KRIPPELOVÁ 1965).

Pôda vytvorená v subhydrických podmienkach vykazuje zvýšený obsah solí Na⁺, Mg⁺ a iných alkálií, ktoré sa v čase sucha vyzrážajú na povrchu pôdy v podobe bielych povlakov (slaniská). Zmeny v nížinách Slovenska môžeme z pohľadu flóry a vegetácie označiť za katastrofálne. Na úkor poľnohospodárskej pôdy postupne od 50-tych rokov 20. storočia zanikli pasienky (rozoranie), slatinné rašeliniská (ťažba rašeliny), lúčne spoločenstvá (rozoranie), spoločenstvá lesov (najmä lužné lesy, ťažba) (SÁDOVSKÝ et al. 2004).

Podľa údajov ČERVENKU (1958), rozloha zasolených pôd na Slovensku dosahovala okolo 30 000 ha. Tieto sa nachádzali najmä v nížinných oblastiach južného a východného Slovenska, s prevahou na poľnohospodárskom pôdnom fonde.

Rozsiahle poľnohospodárske meliorácie a regulácie vodných tokov zamedzili ďalšiemu procesu zasolovania, čo spôsobilo, že ich výmera sa zmenšila na 5 000 ha. Oveľa zložitejšie a nákladnejšie sú meliorácie pôd určených na zalesnenie. Melioračné opatrenia (hydromeliorácie, príprava pôdy a melioračné hnojenie) na zasolených pôdach určených na zalesnenie, na rozdiel od poľnohospodárskych, musia podchytiť celú fyziologickú hĺbku pôdneho profilu, v ktorom sa rozprestierajú korene lesných drevín. Vytesňovanie sodíka z pôdneho sorpčného komplexu sa v minulosti uskutočňovalo sadrovaním, nedostatočné zásoby základných živín sa dopĺňali prihnojovaním a premiešavali s ornou diskovaním. Napriek týmto úpravám boli výsledky zalesňovania zasolených sodných pôd Podunajskej nížiny vo väčšine prípadov neuspokojivé. V monokultúrnej forme zo šľachtených topoľov sa striedajú podľa stupňa zasolenia plne vitálne skupiny stromov s odumierajúcimi až odumretými skupinami. V Podunajskej nížine zaberali zasolené pôdy relatívne veľkú rozlohu, približne 8 300 ha, do súčasnosti sa zachovali už iba zvyšky na ploche cca 500 ha, viac či menej negatívne ovplyvnené ľudskou činnosťou. Na Záhorskej a Východoslovenskej nížine slaniská zmizli takmer bez stopy.

Zalesnené boli v minulosti tie časti slanísk, ktoré nebolo možné iným spôsobom rekultivovať a využiť. Zalesňované boli najmä topoľmi, ktoré dokázali postupne slanisko zarásť, aj keď až do súčasnosti úplne najviac zasolené miesta ostali dodnes zreteľné ako svetliny v porastoch, alebo tu dreviny len živia a vytvárajú slabo vyvinutý porast.

V príspevku prezentujeme čiastkové výsledky výskumu zalesňovania slaných pôd v oblasti OZ Palárikovo. Všetky výskumné overovania v r. 2006 – 2010 boli realizované za finančnej podpory Agentúry pre vedu a výskum z projektu APVV 0628-07, v roku 2012 – 2014 s finančnou podporou Lesov SR, s. r. o. – Zmluva o diele a Agentúry pre vedu a výskum z projektu APVV 0889-11.

Materiál a metodika

Výskumné a prevádzkové overovanie rôznych technologických postupov ťažko-obnoviteľných slaných pôd v oblasti OZ Palárikovo sa uskutočnilo v dvoch časových etapách: 2006 – 2010 a 2013 – 2014. V roku 2006 – 2007 boli na podnet OZ Palárikovo založené tri výskumné objekty v priestorovo obmedzených podmienkach – poloprevádzkové výskumné plochy (PVP) s využitím rôznych technologických postupov zalesňovania (s prípravou pôdy aj bez prípravy, s pridávaním aditív – hydrogelov, mikrobiologických pôdnych kondicionérov – BactoFil B). Na umelú obnovu slaných pôd bolo vybraných viacero klonov topoľov, vrb a brestov (tab. 1). Testovanie prebiehalo od r. 2006 do r. 2010. Pred zalesňovaním PVP sa uskutočnili chemické analýzy slaných pôd a vôd. Metodické založenie pokusných výsadiel, ich čiastkové výsledky, uvádzame podľa jednotlivých testovaných plôch a období.

Tabulka 1: Charakteristika poloprevádzkových výskumných plôch v oblasti slaných pôd OZ Palárikovo založených (v rokoch 2006 – 2007)

Table 1: Characteristics of the pilot research plots in the salty soil area established at OZ Palárikovo (2006 – 2007)

PVP, charakteristika PVP, characteristic	Dátum založenia Date of Establishment	Príprava pôdy Soil preparation	Spôsob sadby, aditíva Method seed, additives	Sadbový materiál Planting material
Palárikovo I trvalý trávnatý porast – k. ú. Palárikovo, oproti les. porastu 462 založenému cca v r. 1969	4.4.2007	odhrnutie trávneho krytu, navezenie ornice (25 cm), the turned the grass cover, importation of the topsoil	štrbinová, pitting, 1x1m, pôdne aditíva: hydrogel, Bactofil B	Rezky (po 30 ks): <i>Populus belloto</i> , <i>Populus bellotooides</i> , <i>Populus quarento</i> , <i>Populus Cifra</i> , <i>Populus nigra Sverepec</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Populus nigra VD2</i> , <i>Populus nigra VD3</i> , <i>Populus nigra VD4</i> , <i>Salix viminalis G3</i> , <i>Salix caspica-na</i> a sadenice <i>Ulmus sp.</i> (150 ks)
Palárikovo II č. p. 459, k. ú. Palárikovo, porast založený v r. 1962, ochranný les, topoľ 95 %, jaseň 5 %	7.4.2006	preoranie brázd plowing furrows	štrbinová, pitting, 1x2m, pôdne aditíva: hydrogel, Bactofil B	Rezky (po 30 ks): <i>Populus belloto</i> , <i>Populus bellotooides</i> , <i>Populus quarento</i> , <i>Populus Cifra</i> , <i>Populus nigra Sverepec</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Populus nigra VD2</i> , <i>Populus nigra VD3</i> , <i>Populus nigra VD4</i> , <i>Salix viminalis G3</i> , <i>Salix caspicana</i> a sadenice <i>Ulmus sp.</i> (150 ks)
Palárikovo III č. p. 481 – k. ú. Tvrdošovce, porast založený cca v r. 1964.	5.4.2007	vyklčovanie krovin, prebrázdenie pôdnej vrstvy do 10-15 cm grubbing bushes,	jamková, crevice 1x1,5m, pôdne aditívum: hydrogel	Rezky (po 30 ks): <i>Populus nigra Baka</i> , <i>Populus nigra Sverepec</i> , <i>Populus Robusta</i> , <i>Populus Kórník 21</i> , <i>Populus Blank du Paidou</i> , <i>Populus Palárikovo</i> , <i>Populus Panonia R</i> , <i>Populus Deltoides S 611 C</i> , <i>Populus H328</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Salix TH</i> a sadenice <i>Ulmus sp.</i> (50 ks).

V r. 2012 bola na podnet vedúcich pracovníkov OZ Palárikovo opätovne zahájená spolupráca na overovaní technologických postupov zalesňovania zasolených pôd. Pokračovali sme v hodnotení starých prežívajúcich výsadiel a pritom sme zakladali na základe podkladov z dostupnej literatúry a našich prevádzkových výsledkov (i z maďarských slaných pôd) nové pokusy s celou škálou drevín vhodných do týchto podmienok. S dostupným 1 - 2 ročným voľnokorenným sadbovým materiálom z Maďarska (využívaný na zalesňovanie slaných pôd) sme založili opakovane v tých istých lokalitách 3 výskumné plochy (VP) (tab. 2).

Tabulka 2: Charakteristika výskumných plôch v oblasti slaných pôd OZ Palárikovo založených (2013 – 2014)

Table 2: Characteristics of research plots based on the locality of salty soils, OZ Palárikovo (2013 – 2014)

PVP, charakteristika PVP, characteristic	Dátum založenia Date of Establishment	Príprava pôdy Soil preparation	Spôsob sadby, aditíva Method seed, additives	Sadbový materiál Planting material
Palárikovo I trvalý trávnatý porast, grassy – k. ú. Palárikovo, oproti les. porastu 462 založenému cca v r. 1969 compared to the forest stand 462-based 1969	jeseň: autumn 10.12.2013 jar: spring 18.3.2014	odhrnutie trávneho krytu, navezenie ornice (25 cm), ryhy na odvodnenie the turned the grass cover, importation of the topsoil, grooves for water drainage	jamková, štrbinová, pitting, crevice, 1x1m, hydrogel, mykorízne inokulum, mikrošejby	jeseň 2013: <i>Populus alba</i> , <i>Populus šľachtený</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Juglans nigra</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Alnus glutinosa</i> (25 ks/drevina). jar 2014: <i>Populus nigra</i> , <i>Populus incana</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Juglans nigra</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Salix alba</i> , <i>Tamarix tetrandra</i> (spolu 474 ks). Výsadby: duba, jaseňa, jelše a javora p. chránené proti burine - mulčovacie plachtičky, štiepka, vyžínanie, kontrola
Palárikovo II č. p. 459, k. ú. Palárikovo, por. založ. v r. 1962, ochr. les, topol' 95%, jaseň 5 %	12.12.2013	preoranie brázd plowing furrows	jamková, pitting 1x1,2m, hydrogel, sejba klasická a mikrošejby	<i>Acer campestre</i> (100 ks), <i>Robinia pseudoacacia</i> (10 ks) (dreviny vyzdvihnuté s náletu) stratifikované semeno: <i>Juglans nigra</i> , <i>Juglans regia</i>
Palárikovo III č. p. 481 – k. ú. Tvrdošovce, porast založený v r. 1964	18.3.2014	bez prípravy pôdy without soil preparation	jamková, pitting, 1x1,5m, hydrogel, mikrošejby	<i>Populus nigra</i> , <i>Populus incana</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Acer campestre</i> (120 ks). Sejba vo vegetačných bunkách: <i>Juglans nigra</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Ailanthus altissima</i> .

Pred výsadbou boli realizované odbery slaných pôd a vôd na chemické analýzy na všetkých troch PVP, kde boli následne zakladané pokusné výsadby (tab. 3). Pôdy s hodnotami pH 7,4 – 7,7 boli takmer v celej rizosfére alkalické, obsahovali významne zvýšený obsah Ca a Na. Naproti tomu bol v deficite P a nízke boli aj hodnoty prístupného K. Koncentrácia prístupného draslíka pod optimom v pôdach s vysokou reálnou pôdnou reakciou súvisí s vysokým obsahom Ca, čo následne navyše spôsobuje problémy s prijímaním draslíka koreňmi. Prístupný vápnik, ako už bolo uvedené, prevyšuje optimum, čo môže negatívne ovplyvňovať osvojovanie všetkých ostatných živín, vrátane dusíka a mikroelementov. Nepriaznivý bol aj pomer Ca:Mg = nad 10, pričom by sa mal pohybovať od 5 do 10.

Tabulka 3: Analýza pôdných vzoriek v oblasti zasolených pôd (2006) (hm. % suš., mg.kg⁻¹ suš.)

Table 3: Analysis of soil samples from saline soil areas - r. 2006 (wt.% dry matter. mg.kg⁻¹ dry matter)

PVP, hĺbka (cm) PVP, depth (cm)	Sušina dry matter	pH-H ₂ O	N _T	C _T	Ekv. CaCO ₃	Cl-H ₂ O	NaH ₂ O	P _M	K _M	Ca _M	Mg _M
Palárikovo I, 0-10	98,35	7,67	0,219	3,20	4,420	23,50	14,35	17,6	113,0	3909	307
Palárikovo II, 0-15	98,55	7,40	0,243	4,27	9,850	43,20	61,61	<15	141,0	4480	385
Palárikovo III, 0-20	98,52	7,72	0,131	2,01	5,410	14,87	16,64	<15	71,4	3379	229

Na opakovaných odberových miestach sme po 7 rokoch (hlbšie sondy – do 70 až 120 cm) nepozorovali výraznejšie zmeny v živinových pomeroch. Preukázali sa rovnaké (až vyššie) výsledky obsahu hlavných živín ako bolo uvedené

v predchádzajúcom období výskumu. Pretrváva veľmi zásadité pôdne prostredie, najmä vo väčších hĺbkach pH až 9,8 (TUČEKOVÁ et al. 2014).

V jarnom a jesennom období r. 2014 sa uskutočnila biometrika vysadených drevín s posúdením zdravotného stavu a prípadného poškodenia prežívajúcich jedincov na všetkých založených plochách. Na VP Palárikovo I a II sme zabezpečili potrebnú ochranu a starostlivosť o výsadby, tretia plocha Palárikovo III sa ponechala bez ochrany a starostlivosti o výsadby.

Experimentálne výsadby sa priebežne (1 – 2 x mesačne) hodnotili. V jarnom období r. 2014 sa uskutočnili na VP Palárikovo I prvé hodnotenia ujatosti zdravotného stavu po zimnom období, pričom sa urobila biometrika všetkých vysadených drevín. Na konci vegetačného obdobia r. 2014 sa tieto testovacie charakteristiky na všetkých žijúcich jedincoch zopakovali. Namerané hodnoty sme štatisticky spracovali a otestovali rozdiely. Po ďalšom zimnom období (r. 2015) sa experimenty opakovane zhodnotili.

Metodika hodnotenia vývoja a zdravotného stavu výsadiieb chránených proti nežiaducej vegetácii na VP Palárikovo I (založená 2013 – 2014)

Pre posúdenie vplyvu prítomnosti vegetácie a aplikovaniu obranných metód voči nežiaducej vegetácii sme využili výsadby duba, jaseňa, jelše a topoľa. V čase zakladania pokusu plocha bola takmer bez vegetačného krytu, v okolí plochy dominovali trávovité druhy. V priebehu mesiacov máj až jún, po nástupe vegetácie, sme aplikovali štyri rôzne spôsoby boja voči nežiaducej vegetácii, a to vyžínanie, aplikáciu mulčovacích plachtíčiek, aplikáciu štiepky a aplikáciu herbicídneho postreku. V prípade variantu vyžínanie sme v okolí označených drevín vyžínali ručne za pomoci kosáka plôšku o veľkosti 60 x 60 cm. Pri aplikácii mulčovacích plachtíčiek sme použili typ plachtíčiek „EcoCover štvorce“ o rozmere 65 x 65 cm, konkrétne variant dlhodobé, čo znamená, že plachtičky sú vystužené jutou a ich životnosť udávaná výrobcami by mala byť 18 – 36 mesiacov. Plachtičky sme k pôde upevňovali kolíkmi vyrobenými z organického materiálu. V rámci variantu štiepka sme okolo označených drevín na plôškach 60 x 60 cm aplikovali drevnú štiepku vo vrstve o hrúbke 10 cm. Nakoľko sa na plochách ako dominujúce preukazovali trávovité druhy, použili sme pri variante aplikácia herbicídneho postreku chemický prípravok zo skupiny *graminícídrov*. Zvolili sme dávku prípravku 1,0 l·ha⁻¹. Postrek sme aplikovali postrekovačom SOLO 425. Okolo jednotlivých drevín sme ošetrovali plochu 60 x 60 cm, pričom sme dreveniny chránili papierovými krytmi. Pre posúdenie účinnosti jednotlivých zásahov a vplyvu vegetácie na jednotlivé dreveniny, sme časť drevín ponechali neošetrovaných, resp. ako kontrolných k dreveninám ošetrovaným.

Na založených výsadbách sme hodnotili ujatosť, prežívanie, straty, zdravotný stav a rastové parametre drevín, ale tiež účinnosť aplikovaných metód vo vzťahu k vegetácii (pokryvnosť v %) na ošetrovaných plochách. Zber údajov z výskumných plôch bol zabezpečený v jarnom a jesennom období roku 2014. Následne sa namerané hodnoty štatisticky spracovali.

Výsledky zalesňovania v r. 2006 – 2007:

1) PVP Palárikovo I

Po navezení ornice mali výsadby rezkov rôznych klonov topoľov, vrb a bresta rozdielnu ujatosť – cca 60 % topole a vrby a 95 % bresty. V extrémne suchých ďalších dvoch vegetačných obdobiach (2008 – 2009) sa straty u topoľov a vrb zvýšili na 40 %. Najlepšie prežívali klony *Populus Palárikovo*, *Populus H 328*, *Populus robusta* a *Salix alba*. Brest po úprave koruny prežíval bez ďalších strát (cca 95 %

jedincov). Príprava pôdy, spočívajúca v navezení kvalitnejšej ornice, a následná výsadba rezkov a sadeníc do takto upravenej pôdy, sa preukazovala ako priaznivý technologický postup na obnovu zasolených pôd. Následné nepriaznivé roky s dlhodobým zamokrením až zaplavením spôsobili na výsadbách veľké poškodenie až straty. V r. 2011 bola PVP po výdatných zrážkach dlhodobo (3,5 mesiaca) zaliata spodnou vodou a cca 98 % všetkých výsadiieb vyhnilo, prežilo len niekoľko kusov (topoľ sivý, biely a vrbá). V r. 2013 – 2014 sa plocha opakovane po príprave pôdy vysadila.

2) PVP Palárikovo II

Ujatosť rezkov topoľa a vrb dosahovala 50 % a brestov 90 % (hodnotenie júl 2006). Do konca 1. vegetačného obdobia však straty suchom presiahli na topoľoch a vrbách 80 %. Zhoršoval sa aj zdravotný stav výsadiieb všetkých troch drevín (topole, vrbá – vysychali, bresty – zasychali terminály a poškodzovala zver). Príprava pôdy preoraním brázd sa preukázala na tejto ploche ako nedostatočná.

V súčasnosti (9 rokov od výsadby) neprežíva z topoľov a vrb viac ako 5 %, pričom ale prežíva 75 % brestov. Sú opakovane každoročne poškodzované vytlákaním zverou. Nižšie % strát v 9. roku bolo spôsobené vymladzovaním trsových jedincov z koreňového krčka. Priemerné rastové parametre (výška, hrúbka) nadzemnej časti bresta pomerané v r. 2012 – 2014 (po 7. až 9. vegetačnom období) sú v tab. 4. Brest sa preukazuje ako jedna z vhodných drevín na zalesňovanie zasolených pôd.

Tabulka 4: Priemerné rastové parametre bresta a % strát po 7. až 9. vegetačnom období

Table 4: The average growth parameters of elm and % of losses after 7th to 9th growing season

Drevina Tree	Výška Height (cm)			Hrúbka Diameter (mm)			Straty Loss (%)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Ulmus	163,8±93,2	186,8±134,7	204,5±16,8	22,0±13,1	16,9±21,0	31,2±25,9	12	30	26

3) PVP Palárikovo III

Príprava pôdy spočívajúca len vo vyklčovaní krovínového porastu a trávneho krytu a slabom prebrázdnení vrchnej pôdnej vrstvy do hĺbky cca 10 – 15 cm nepreukázala dostatočný pozitívny efekt na výsadbách. Už po prvých dvoch mesiacoch od výsadby boli zaznamenané straty viac ako 50 %. Nedostatok vlhky aj napriek aplikácii hydrogelov pri štrbinovej výsadbe spôsobil už po 1. vegetačnom období, že straty v dôsledku sucha sa na výsadbách topoľov a vrb zvýšili na 80 %. Brest, ktorý bol vysadený jamkovou sadbou prežíval (90 %), i keď jeho prírastky boli minimálne (výškový prírastok 25 cm ročne), straty v nasledujúcich rokoch sa pohybovali cca do 30 %. V ďalších rokoch sme zaznamenali významnejšie poškodenie výsadiieb zverou, s následnými vysokými stratami (viac ako 90 %).

Výsledky zalesňovania v r. 2013 – 2014:

4) VP Palárikovo I

Ujatosť je pri viacerých drevinách vyššia z jesennej výsadby (s výnimkou duba a jaseňa) ako z jarnej. Pri hodnotení rastových parametrov môžeme konštatovať, že s výnimkou topoľa sivého a šľachteného, jaseňa amerického, agáta a vrb, výsadby prevažne v priemere v 1. roku neprirástli ani do výšky ani do hrúbky. Nižšie priemerné hodnoty výšok a hrúbok sú spôsobené vyššími stratami práve silnejších sadeníc pri jarnej výsadbe (vyschli najvyššie a najhrubšie jedince). Zvýšili sa aj straty

viacerých drevín po ďalšom zimnom období (najmä z dôvodu dlhodobého podmáčania 2/3 vysadenej plochy. Pri hodnotení niektorých drevín vysadených v jarnom a jesennom období sa preukázali štatisticky významné rozdiely v rastových parametroch nadzemnej časti (výška a hrúbka po 1. roku) (tab. 5).

Tabulka 5: Priemerné rastové parametre drevín, prežívanie po 1.vegetač. období a po 1. zime
Table 5: The average growth parameters of plants, survival after 1.vegetation period and after the first winter

Drevina Tree	Výška Height (cm)		Hrúbka Diameter (mm)		Prežívanie Survival(%)	
	2013	2014	2013	2014	2014	2015
Výsadba jeseň <i>Planting in autumn</i>						
<i>Quercus robur</i>	15,1±2,9	13,4±4,7 ^a	3,7±0,8	2,5±0,9 ^a	42	40
<i>Fraxinus angustifolia</i>	26,6±5,1	19,7±12,1 ^a	5,1±0,9	4,0±2,5 ^a	23	18
<i>Alnus glutinosa</i>	53,4±14,8	52,5±12,5 ^a	6,4±1,9	7,8±1,9 ^b	63	50
<i>Fraxinus americana</i>	29,0±7,5	29,2±10,0 ^b	6,7±2,1	6,3±2,2 ^a	67	45
<i>Populus sp.</i>	102,0±41,7	128,7±18,4	11,9±3,7	9,1±1,7	100	95
<i>Populus alba</i>	95,8±29,9	95,2±30,4	9,3±1,8	10,5±3,3	46	45
<i>Juglans nigra</i>	42,8±9,2	40,8±7,9 ^a	5,6±1,3	5,7±1,6 ^b	48	48
<i>Juglans regia</i>	14,1±3,4	12,8±2,9	6,8±2,2	7,0±2,1	58	57
<i>Acer campestre</i>	28,2±8,3	26,6±9,1	4,6±0,9	5,3±1,1	71	53
<i>Salix alba</i>	96,6±27,6	81,7±16,2 ^a	7,1±1,2	7,9±2,7 ^a	35	20
<i>Robinia pseudoacacia</i>	60,9±12,4	49,1±14,4 ^a	7,8±2,2	8,3±2,5 ^a	50	20
Výsadba jar <i>Planting in spring</i>						
<i>Quercus robur</i> (hydr. + Ectovit)	17,1±3,6	13,5±4,2 ^a	3,7±0,9	2,9±0,9 ^a	60	55
<i>Quercus robur</i> (hydrogél)	15,7±2,1	12,6±5,2 ^a	3,9±0,7	2,6±1,2 ^a	70	60
<i>Alnus glutinosa</i> (hydr. + Ectovit)	27,2±9,8	37,3±9,1 ^b	8,6±3,2	10,3±3,3 ^a	45	38
<i>Robinia pseud.</i> (hydr. + Ectovit)	25,7±2,9	34,4±10,1 ^a	6,2±1,8	6,3±1,0 ^b	43	43
<i>Populus incana</i> (hydr. + Ectovit)	57,8±8,6	65,8±9,8	6,5±1,1	7,5±1,3	83	80
<i>Populus nigra</i> (hydr. + Ectovit)	116,9±17,5	86,7±50,7	8,2±1,4	12,4±3,6	60	55
<i>Salix alba + viminalis</i>	90,5±39,1	96,6±12,6 ^a	8,2±2,6	9,1±3,2 ^a	21	10
<i>Juglans nigra</i>	19,8±4,2	19,5±4,4 ^b	11,7±3,6	11,0±2,9 ^a	35	15
<i>Fraxinus angustifolia</i>	16,8±5,5	18,5±5,2 ^a	3,7±1,0	4,5±0,9 ^a	77	48
<i>Fraxinus americana</i>	24,3±4,0	37,7±15,3 ^a	4,0±1,5	5,9±1,2 ^a	80	50

5) VP Palárikovo II (založená jeseň – 12.12.2013)

Výsadby javora poľného prežívajú na 96 % napriek významnému poškodeniu listov v jarnom období (hmyz), asi 30 % jedincov má zasušený terminál. Po zimnom období sme nezaznamenali žiadne straty. Agát biely po vytíkaní zverou má najvyššie straty zo všetkých hodnotených výsadiel (97 %). Sejba orecha vlašského vo vegetačných bunkách prežíva priaznivo (70 %). Klasická sejba bola neúspešná. Orech čierny vo vegetačných bunkách vykličil (50 %), vo výške 15 cm v zrážkovo nadnormálnom letnom období bol napadnutý hubou a jedince vyhnili.

6) VP Palárikovo III (založená jar – 18.3. 2014)

Na ploche sa neuskutočnila žiadna príprava pôdy spojená s melioráciou, a toto významne negatívne ovplyvnilo všetky výsadby topoľa čierneho a sivého, duba letného, agáta bieleho a javora poľného. Ani 20 % výsadiel na ploche neprežilo 1. vegetačné obdobie. Aj sejba vo vegetačných bunkách orecha čierneho, vlašského a pajaseňa bola na tejto ploche neúspešná.

Výsledky vývoja a zdravotného stavu výsadiel chránených proti nežiaducej vegetácii na VP Palárikovo I (založená 2013 – 2014)

O priemernej ujatosti hodnotených drevín (dub, jaseň, topoľ, jelša), resp. drevín ošetrovaných voči nežiaducej vegetácii, môžeme povedať, že sme zistili vyššiu priemernú ujatosť v rámci jarnej výsadby (63 %) oproti priemernej ujatosti zistenej v rámci jesennej výsadby (47 %), pričom pri oboch termínoch výsadby môžeme zhodnotiť, že najväčšie % ujatosti bolo zaznamenané pri drevinách ošetrovaných štiepkou (tab.7).

Tabulka 7: Priemerné rastové parametre hodnotených drevín v závislosti od termínu výsadby a jednotlivých variantov ošetrovania voči nežiaducej vegetácii

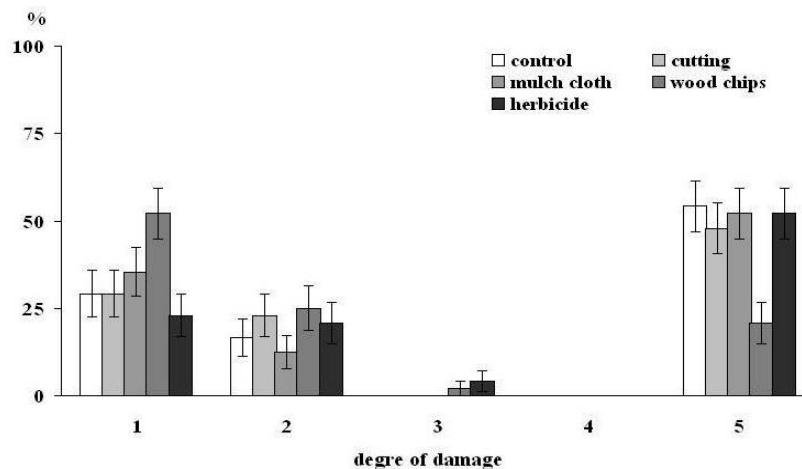
Table 7: Mean growth parameters of the studied species, depending on planting dates and different treatment options against weed

Variant Variant	Kontrola Control			Vyžínanie Cutting			Mul. plachtičky Mulch			Štiepka Wood chips			Herbicíd Herbicide												
	Výška Height (cm)	Hrúbka Diameter (mm)	Prežívanie Survival (%)	Výška Height (cm)	Hrúbka Diameter (mm)	Prežívanie Survival (%)	Výška Height (cm)	Hrúbka Diameter (mm)	Prežívanie Survival (%)	Výška Height (cm)	Hrúbka Diameter (mm)	Prežívanie Survival (%)	Výška Height (cm)	Hrúbka Diameter (mm)	Prežívanie Survival (%)										
Termín výsadby Term of planting	a	b	a	b	Prežívanie Survival (%)	a	b	a	b	Prežívanie Survival (%)	a	b	a	b	Prežívanie Survival (%)	a	b	a	b	Prežívanie Survival (%)					
Jeseň Autumn	31,2	32,0	5,7	6,1	43,5	32,5	28,4	5,6	5,6	37,5	33,7	49,3	5,6	7,3	41,6	27,7	26,1	5,2	5,4	62,5	30,3	35,6	5,2	5,5	50,0
Jar Spring	19,9	18,2	5,3	4,5	52,0	16,9	15,6	4,3	3,1	66,6	19,5	20,4	4,8	5,1	54,2	18,6	19,9	4,7	5,1	95,8	20,3	21,1	5,5	5,5	45,8

jar'14 = a jeseň'14 = b spring'14 = a autumn'14 = b

Pri hodnotení rastových parametrov môžeme skonštatovať, že dreviny s termínom jesennej výsadby dosiahli lepšie výsledky priemerných rastových parametrov v porovnaní s drevinami s jarným termínom výsadby. Najväčšie zmeny sme v rámci drevín s jesenným termínom výsadby zaznamenali v prípade drevín ošetrovaných mulčovacími plachticami. Nižšie priemerné hodnoty rastových parametrov u drevín z jarnej výsadby sú spôsobené stratami silnejších sadeníc.

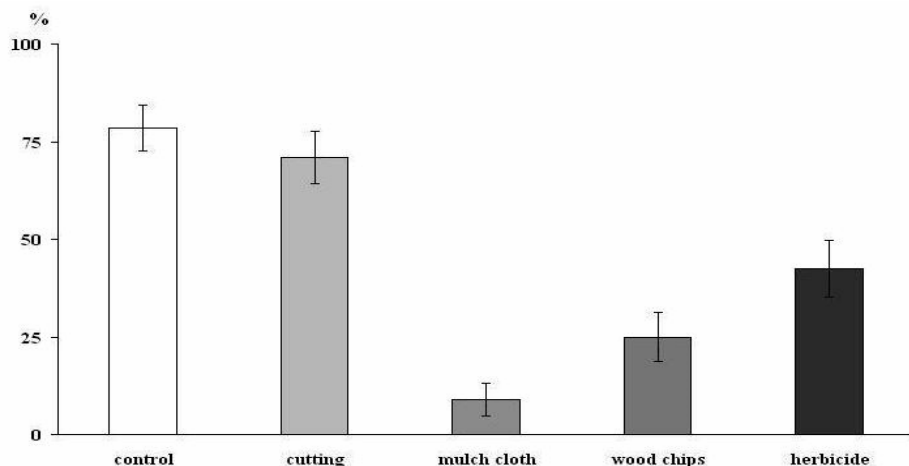
Hodnotením zdravotného stavu drevín sme zistili, že najlepší zdravotný stav mali dreviny ošetrované voči nežiaducej vegetácii štiepkou (obr. 1), a to pri drevinách s jesenným, ale i jarným termínom výsadby.



Obr. 1: Zdravotný stav drevín zaradených do stupňov poškodenia podľa spôsobu ošetrovania voči nežiaducej vegetácii na konci hodnotenia 1. vegetačného obdobia

Fig. 1: Summary of health status by species for damage grades according to the method of treatment against weed at the end of the first growing season

Pre posúdenie účinnosti jednotlivých aplikovaných zásahov voči nežiaducej vegetácii sme zvolili kritérium pokryvnosť (v %) nežiaducej vegetácie (obr. 2).



Obr. 2: Priemerná pokryvnosť nežiaducej vegetácie v jednotlivých aplikovaných zásahoch na konci hodnotenia 1. vegetačného obdobia

Fig. 2: The coverage by weed in individual interventions applied at the end of the evaluation of the first growing season

Na konci prvého vegetačného obdobia môžeme skonštatovať, že najlepšiu účinnosť vo vzťahu ku vegetácii preukázala aplikácia mulčovacích plachtíček. O úspešnosti vzhľadom na potlačenie rastu nežiaducej vegetácie môžeme hovoriť i v prípade aplikácie štiepky a herbicídneho postreku. V prípade aplikácie zásahu vyžívanie sa po prvom roku hodnotenia preukazuje, že uvedená metóda mala najmenší vplyv na potlačenie rastu nežiaducej vegetácie, preto sme tu zaznamenali aj najvyššiu priemernú pokryvnosť (71 %).

Diskusia a závery

V minulosti výsledky zalesňovania zasolených sodných pôd Podunajskej nížiny vo väčšine prípadov neuspokojovali. Príčinou často bolo nedodržanie celého komplexu nutných melioračných opatrení pred zalesňovaním, ale aj nesprávny sortiment použitých druhov drevín (REMIŠ, LÖFFLER 1981). Posledné výskumné overovania niektoré tieto skutočnosti potvrdzujú. Preukazuje sa nám, že na zasolených pôdach je dôležitou a prvou podmienkou úspešnosti zalesňovania správne vykonanie celoplošnej prípravy pôdy. Naše výsledky korešpondujú aj s tvrdením CIFRU (1982). S vodovzdušnou úpravou a prevzdušením pôdneho horizontu súvisí mechanizované odstránenie pňov, krov, hustých trávnych porastov a následné rozrušenie a premiešanie hornej pôdnej vrstvy do hĺbky 20 - 30 cm v najvhodnejšom termíne. Komplexná meliorácia zasolených pôd potom pozostáva z kontinuitne nadväzujúcich melioračných opatrení: hydromeliorácie - príprava pôdy - melioračné hnojenie. Pri výsadbe odporúčame doplniť fosforečné hnojivá, pretože obsah fosforu je na zasolených pôdach najviac v deficite. Aplikácia hydrogelov a pôdnych aditív taktiež mierne pozitívne ovplyvňuje percentá ujatia sadeníc.

Vo väčšine prípadov sa stupeň zamokrenia a zasolenia na jednotlivých lokalitách z miesta na miesto mení, v dôsledku toho je nutné upustiť od zalesňovania príslušnej lokality len jednou drevinou. Výber nami testovaných vhodných druhov drevín bol preto široký (12 drevín a viac ako 10 klonov topoľov). Pri výsadbe drevín sa využilo viacero technologických postupov, v rôznych termínoch výsadby. Termín výsadby sa preukazuje ako významný faktor na ujatosti viacerých drevín (topoľ, javor, jelša, vřba

a i.). Jesenné zalesňovanie odporúčajú aj REMIŠ, LÖFFLER (1981), pretože v skorých jarných mesiacoch sú často preliačené časti plôch zamokrené a neprístupné. Opakovane sa aj nám toto potvrdzuje.

Posledné naše výskumné pozorovania (2012 – 2014) v oblasti zasolených pôd Palárikova preukazujú niektoré pozitívne výsledky zo zalesňovania 12-tich druhov drevín. Výskumné výsadby realizované po čiastočnej príprave pôdy preoraním brázd a s aplikáciou pôdnych aditív (hydrogely, BactoFil B, mykorízny preparát) v jesennom a jarnom období sa adaptujú rôzne podľa drevín aj termínu výsadby. Výsadby sadeníc (na VP Palárikovo I) topoľ biely, čierny, sivý, topole šľachtené, dub letný, orech čierny, orech vlašský, agát biely, javor poľný, vrba biela, vrba košíkarska, jaseň štíhly, jelša lepkavá, brest boli nielen starostlivo vysadené ale aj následne chránené proti nežiadúcej vegetácii (degradovateľné mulčovanie plachtičky, štiepka, vyžínanie, herbicíd) z toho dôvodu na tejto ploche sa dosiahli aj najlepšie výsledky. Po prvých dvoch mesiacoch po výsadbe boli zaznamenané straty spôsobené extrémnym suchom 10 – 50 %, rozdielne podľa dreviny a termínu výsadby. Nedostatok vlhky aj napriek aplikácii hydrogelov spôsobil už po 1. vegetačnom období, že straty v dôsledku sucha sa na jarných výsadbách javora, vrby, orechov a jelše zvýšili na viac ako 70 %, pričom sa zhoršoval zdravotný stav a vitalita prežívajúcich jedincov (suché terminálne vrcholy). Ostatné dreviny preživali po 1. vegetačnom období na cca 50 -100 %, aj keď dosiahli len minimálne prírastky, s častými náhradnými terminálmi. Zo starších výsadiieb brest prežival po 9 rokoch na cca 74 %, i keď jeho prírastky boli spočiatku minimálne a poškodenie v nasledujúcich rokoch sa pohybovalo cca do 40 %. Brest sa zo všetkých hodnotených drevín doteraz adaptuje najlepšie, napriek silnému poškodzovaniu zverou.

V súvislosti s výskytom nežiaducej vegetácie na zasolených pôdach, možno za nebezpečný považovať najmä bylinný kryt s veľkou vitalitou, rozmnožovacou silou, ktorý konkuruje cieľovým drevinám v boji o svetlo, vlhku, živiny, ktoré sú na uvedených pôdach bez tak dosť limitované. Nežiaduca vegetácia, najmä však trávy, spotrebujú na svoj rast oveľa väčšie množstvo živín v porovnaní s drevinami. V našom prípade na zasolenej ploche dominovali trávovité druhy. Výsledky preukázali pozitívny vplyv zo zníženia pokryvnosti nežiaducej vegetácie aplikáciou štiepky na uجاتosť nami sledovaných drevín. Nedosiahli sme síce najvyššie priemerné rastové parametre takto ošetrovaných drevín, ale na takýmto spôsobom ošetrovaných plochách preživa zatiaľ najväčšie percento hodnotených drevín. Nižšie rastové parametre sú dôsledkom strát najsilnejších jedincov a zdravotného stavu jedincov (suché terminálne vrcholy). Tiež autori ASHWORTH, HARRISON (1983), BORLAND (1989) považujú za pozitívna používania štiepky ako obranného opatrenia potlačenie rastu nežiaducej vegetácie, ochranu pôdy pred eróziou, zmiernenie výkyvov teplôt pôdy (denných i sezónnych), zvýšenie infiltrácie vody do pôdy, zlepšenie pôdnej štruktúry, a postupné uvoľňovanie živín do pôdy. Na typoch plôch s pôdami s obmedzeným množstvom vody a súčasne zaburinených smlzom môže v dôsledku veľkej spotreby vody smlzmi dochádzať k vysokému úhynu kultúr. Ak hodnotíme účinnosť aplikovaných zásahov na nežiaducu vegetáciu, ako najvhodnejšia metóda sa javia mulčovacie plachtičky, avšak pozitívne výsledky preukazujú i aplikácia štiepky a herbicídneho postreku. I napriek tomu, že sme najlepšie potlačili vplyv nežiaducej vegetácie v prípade aplikácie plachtičiek, zaznamenali sme síce u takto ošetrovaných drevín nižšiu uجاتosť, ale najvyššie hodnoty priemerných rastových parametrov. Najvyššiu pokryvnosť nežiaducej vegetácie sme v rámci aplikovaných zásahov zaznamenali vo variante vyžínanie. Nakoľko na ploche dominujú trávovité druhy, pri ktorých vyžínanie podporuje ich vitalitu, je potrebné

zásah v priebehu vegetačného obdobia opakovať, resp. použiť vyžínanie na tzv. „vysoké strnisko“.

Doterajšie výsledky nášho výskumu sú povzbudivé, avšak vyplýva z nich potreba ďalšieho výskumného pozorovania.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja projektu APVV 0889-11, realizáciou projektu „Progresívne technológie ochrany lesných drevín juvenilných rastových štádií“ (ITMS: 26220220120), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja a tiež vďaka výskumnému projektu „Výskum efektívneho využívania environmentálneho, ekonomického a sociálneho potenciálu lesov na Slovensku II“, financovaného z prostriedkov štátneho rozpočtu cez kontrakt medzi MPRV SR a NLC z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a spolufinancovaného podnikom Lesy SR š.p.

Literatúra

- ASHWORTH, S., HARRISON, H. Evaluation of mulches for use in the home garden. Hort. Sci., 1983. 18 (2): s. 180-182.
- BORLAND, J. Mulch is it always beneficial? Grounds Maint., 1989. 24 (2): s. 120-121
- CIFRA, J. Lužné lesné spoločenstvá z hľadiska hladiny podzemnej vody. Les, 1982. 38 (11): s. 494-496.
- KRIPPELOVÁ, T. Soľné stepi na Žitnom ostrove. Českoslov. Ochr. Prír., 1965. 2: s. 121-133.
- KRIST, V. Halofytní vegetace jz. Slovenska a severní části Malé Uherské nížiny. Práce moravské přírodovědecké společnosti, Brno. 1940. 12 (10): s. 1-100.
- MOLNÁR, ZS. The land-use historical approach to study vegetation history at the century scale. Tóth, E., Horváth, R. (eds.): Proceedings of "Research, Conservation, Management" Conference, Aggtelek, Hungary, 1997: s. 345-354.
- REMIŠ, J., LÖFFLER, A. Zasolené pôdy Podunajskej nížiny a možnosti ich zalesnenia. Les, 1981. 37 (12): s. 533-539.
- SÁDOVSKÝ, M., ELIÁŠ ML. P., DÍTĚ D. Historické a súčasné rozšírenie slaniskových spoločenstiev na juhozápadnom Slovensku. Bull. Slov. Bot. Spoločn., Bratislava, 2004. 10: s. 127-129.
- SZABOLCS, I. Salt-affected soils in Europe. Martinus Nijhoff. The Hague. The Netherlands, 1974: 66 s.
- TUČEKOVÁ, A. a kol., Výskumné a prevádzkové overovanie rôznych postupov ťažko-obnoviteľných slaných pôd v oblasti Palárikovo. Výskumná štúdia. NLC-LVÚ Zvolen, 2014: 34 s.
- TZONEV, R, LYSENKO, T., GUSEV, CH., ZHELEV, P. The Halophytic Vegetation in South - East Bulgaria and Along the Black Sea Coast. Hacquetia, 2008. 7 (2): s. 95-121.

VÝCHOZÍ HUSTOTA KULTUR – ZÁKLAD KVALITY LESNÍCH POROSTŮ

INITIAL PLANTATIONS DENSITY – BASIS OF FOREST STANDS QUALITY

Kateřina Houšková, Oldřich Mauer

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 61300 Brno, e-mail: katerina.houskova@mendelu.cz, omauer@mendelu.cz

Abstract

*Morphological quality of the above-ground part of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) transplants was assessed 3 - 6, respectively 8 years after planting. Plots of different initial density of the young plantations were compared – for beech: 5 000 pcs.ha⁻¹, 10 000 pcs.ha⁻¹, 15 000 pcs.ha⁻¹, 20 000 pcs/ha; for pine: 10 000 - 11 111 pcs.ha⁻¹, 7 692 - 8 333 pcs.ha⁻¹, 6 250 - 6 666 pcs.ha⁻¹. It was found, the higher is the beech plantation density, the less individuals occur in such a plantation with inappropriate stem form. Beech plants of the worst quality were found on plots with the lowest initial density of transplants, yet the number of promising trees was sufficient even there. The highest density plantation showed signs of more severe competition among the trees (smaller stem diameter, shorter needles, more expeditious self-pruning of the stem). The higher the stand density, the better was the morphological quality of trees. Thus the reduction of the number of transplants of both species under 10 000 pcs.ha⁻¹ can cause decline of stands quality, but it is necessary to continue in the monitoring.*

Keywords: *European beech, Scots pine, artificial forest regeneration, density of plantations, morphological quality of the above-ground part of trees*

Abstrakt

*Byla hodnocena morfologická kvalita nadzemní části buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) 3 - 6 let po výsadbě a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) 8 let po výsadbě. Porovnávány byly plochy s různou výchozí hustotou kultury – u buku: 5 000 ks/ha, 10 000 ks/ha, 15 000 ks/ha, 20 000 ks/ha; u borovice 10 000 - 11 111 ks/ha, 7 692 - 8 333 ks/ha, 6 250 - 6 666 ks/ha. Z výsledků plyne že, čím hustší je buková kultura, tím méně je v ní jedinců s nevhodným tvarem kmene. Na plochách s nejnižší výchozí hustotou sazenic byly zjištěny buky nejhorší kvality, přesto je však zatím také zde dostatečný počet nadějných stromů. Nej hustší borová kultura vykazovala známky silnější konkurence stromů (menší tloušťka kmene, kratší jehlice, rychlejší samočištění kmene). Čím hustší byl porost borovice, tím lepší byla morfologická kvalita stromů. Snižování hektarových počtů sazenic obou dřevin pod 10.000 ks/ha tak může vést ke snížení morfologické kvality budoucích porostů, ve sledování je však nutno pokračovat.*

Klíčová slova: *buk lesní, borovice lesní, umělá obnova lesa, hustota kultur, morfologická kvalita nadzemní části dřevin*

Úvod a problematika

Kvalitní lesní porosty je možno vypěstovat pouze z reprodukčního materiálu pocházejícího z geneticky hodnotných zdrojů, protože morfologické a fyziologické znaky stromů jsou dědičně podmíněny (Malinauskas 1999; Egback et al. 2012 aj.). Zásadní vliv na kvalitu kultur má však mj. i hustota výsadby (PÁV 1985 aj.) a pouze ojedinele se můžeme setkat s názorem, že tomu tak není (Melzer et al. 1992). Otázka vhodného hektarového počtu sazenic a jejich sponu v kulturách se řeší již od 19. století (COTTA 1821; BURKHARDT 1870 in MRÁČEK 1965) a aktuální je i dnes (NILSSON, ALBREKTSON 1994; STRAND et al. 1997; EGBACK et al. 2012 a další).

Kolik rostlin je nejvýhodnější na plošnou jednotku vysazovat, je neustále sporem mezi ekonomickými a biologickými aspekty obnovy. Stoupající nedostatek pracovních sil a snaha po zvýšení ekonomické efektivity nejen při zalesňování, ale i v následné péči o kultury a při výchově vedly v druhé polovině 20. století k přehodnocování a postupnému snižování minimálního počtu sazenic při výsadbě (LOKVENC 1980). Mezi diskutované dřeviny patří mj. buk lesní (*Fagus sylvatica* L.)

a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). Co se týče buku lesního, je dnes legislativně stanoveno (Vyhláška č. 139/2004 sb.) vysazovat jej na živných stanovištích v počtu minimálně 9 000 ks.ha⁻¹, na ostatních stanovištích 8 000 ks.ha⁻¹. V případě, že je buk použit jako meliorační a zpevňující dřevina, je nutno vysazovat minimálně 5 000 ks.ha⁻¹ (živná stanoviště) a 4 000 ks.ha⁻¹ (ostatní stanoviště). Objevuje se však názor, že snižování počtu vysazovaných rostlin již došlo tak daleko, že nelze v monokultuře bez vyvětvování vypěstovat kvalitní sortimenty (navíc při povolených 20 % ztrátách v době zajištění porostu).

Výsledky sponových pokusů s bukem lesním přinášejí různé závěry. Mnoho odborníků (např. KRAHL-URBAN 1963; TYSHKEVICH 1976; JESCHKE 1977; MUHLE, KAPPICH 1979; KLEIN 1983; TRAUBOTH 1984; STIPTSOV, BOTEV 1994) doporučuje jako optimální vyšší počáteční hustotu sazenic – 10 000 - 20 000 ks.ha⁻¹. Jiní naopak udávají jako dostačující mnohem nižší počty sazenic na hektar, zpravidla 5 000 ks.ha⁻¹ (FREIST 1980; LEDER, WEIHS 2000), HEUKAMP (1999) dokonce 1 470 ks.ha⁻¹. V České republice ověřuje různé hustoty buku při výsadbě Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Opočno. Prozatímní výsledky tohoto pokusu shrnuli BARTOŠ, SOUČEK (2010). Dle těchto autorů mají buky s vyšší hustotou (10 000 ks.ha⁻¹) čtrnáct let po výsadbě vlivem výraznějšího konkurenčního působení vyšší podíl kvalitních jedinců a naopak nižší podíl nejméně kvalitních jedinců. V této fázi vývoje však nelze dle těchto autorů buky rostoucí v nejjřidších sponech (2 500 ks.ha⁻¹ a 4 500 ks.ha⁻¹) považovat za kvalitativně výrazně horší. Charakter kvality kmene a koruny se s rostoucím věkem porostu a vzájemným konkurenčním působením bude postupně měnit. Autoři nicméně předpokládají, že v budoucnu budou jejich výsledky směřovat spíše k názorům ŠINDELÁŘE et al. (2004), který považuje výrazné snižování hektarových počtů za nelogické a dostatečně nevysvětlené.

Postupné snižování hektarových počtů sazenic při umělé obnově lesa a zalesňování v druhé polovině minulého století postihlo rovněž borovici lesní. V současné době stanoví Vyhláška 139/2004 Sb. povinnost vysazovat minimálně 9 000 ks.ha⁻¹ borových sazenic (pro nižší polohy, exponovaná, kyselá a živná stanoviště – HS 13, 21, 23, 25, 31, 35) nebo 8 000 ks.ha⁻¹ (pro střední a vyšší polohy převážně kyselá, částečně i exponovaná a živná stanoviště – HS 43, 53, 41, 45, 51, 55 a všechna stanoviště ovlivněná vodou – HS 19, 27, 29, 39, 57, 01). Podobně jako v České republice, doporučují vysazovat 8 000-10 000 ks.ha⁻¹ borových sazenic v Polsku (GIL 2006). Také u borovice považují mnozí odborníci (LOYCKE 1948 in Müller et al. 1968; NEVZOROV 1970; HUURI, LAHDE 1985) za optimální vyšší hustotu sazenic při výsadbě, a to přes 10 000 ks.ha⁻¹. V odborné literatuře se však vyskytují informace o tom, že kvalitní borové porosty lze vypěstovat i z výsadeb založených nižším počtem sazenic na 1 ha, než je dnes používán, např. dle MALINAUSKASE (1999) je možno vysazovat 3 000 - 8 000 ks.ha⁻¹.

Vedle výchozí hustoty kultury je z hlediska co nejvyšší produkce kvalitního dřeva důležitý spon sazenic (Páv 1985). Optimální je dle autora čtvercový spon, dodrží-li se též optimální výchozí počet sazenic na 1 ha. Vzhledem k možnosti využití mechanizačních prostředků je někdy nutno použít řadových (obdélníkových) sponů. Pro zdárný vývoj kultury jsou však podle Páva (1985) vhodné jen takové spony, které nemají velké rozdíly mezi šířkou řad a vzdáleností jednotlivých sazenic v řadách.

Je tedy otázkou, zda jsou používané hektarové počty sazenic buku lesního a borovice lesní při výsadbách optimální a zda legislativa správně stanoví jejich minimum tak, aby byla zajištěna dostatečná kvalita budoucího porostu. Proto cílem tohoto příspěvku je zjistit vliv výchozí hustoty kultury na morfologickou kvalitu

nadzemní částí obou dřevin, což umožní upřesnění hektarových počtů sazenic při výsadbách.

Metody a materiál

Výzkumný objekt se sponovým pokusem buku lesního se nachází v porostu Lesů České Republiky, s. p. na Lesní správě Svitavy v revíru Radiměř (porost 263 B 11b). Stanovištní poměry charakterizuje SLT 5K – kyselá jedlová bučina, HS 43 – smrkové hospodářství na kyselých stanovištích středních poloh.

V zimním období 2004/2005 byl vytěžen původní porost a plocha byla oplocena. Na jaře roku 2006 zde byl založen sponový pokus s bukem lesním použitím sadebního materiálu z nejkvalitnější místní provenience. Jednalo se o dvouleté prostokořenné sazenice (1-1) s výškou nadzemní části 36 - 50 cm a tloušťkou kořenového krčku 6 mm (pouze u plochy 3a a 3b, viz dále, byly použity vyšší a silnější sazenice – délka nadzemní části 50 - 70 cm). Byla zvolena sadba jamková na ploškách o velikosti 25 x 25 cm. Doposud zde nebyl uskutečněn žádný výchovný zásah, pouze zásahy pro ochranu výsadby.

Sponový pokus představují čtyři plochy (velikost každé cca 25x100 m) s různou výchozí hustotou sazenic. Každá z nich byla ještě dále rozdělena na dvě poloviny (jedna o velikosti cca 25x50 m), na jedné části byl ověřován spon čtvercový, na druhé obdélníkový (mimo plochu č. 2, kde byl sledován pouze spon čtvercový) (tab. 1).

Tabulka 1: Přehled zkusných ploch, zvolených výchozích hustot a sponů sazenic buku lesního
Table 1: Experimental plots, initial densities and spacing of European beech transplants

Označení plochy <i>Plots</i>	Hustota sazenic (ks.ha ⁻¹) <i>Density of transplants (pcs.ha⁻¹)</i>	Spon sazenic <i>Spacing</i>
1a	5 000	1,4 x 1,4 m
1b		2 x 1 m
2a	10 000	1 x 1 m
2b		
3a	15 000	0,8 x 0,8 m
3b		1 x 0,65 m
4a	20 000	0,7 x 0,7 m
4b		1 x 0,5 m

Plochy byly hodnoceny v letech 2008, 2009 a 2011, tedy po 3, 4 a 6 letech od výsadby. Hodnocen byl 3. rok po výsadbě každý pátý buk ve všech řadách, 4. rok po výsadbě všichni jedinci z každé 4. řady a 6. rok po výsadbě všichni jedinci z každé 6. řady (200 - 400 buků na jedné ploše). U vybraných buků byly zjišťovány tyto parametry:

1. Výška (cm) – vzdálenost od půdního povrchu po vrchol terminálního pupene rostliny;
2. Průměr kořenového krčku (mm) – tloušťka kmene ve výšce 3 cm nad povrchem půdy;
3. Tvar kmene - normální – terminální výhon je nevětvený, ostatní výhony nejsou silnější než polovina tloušťky výhonu terminálního v místě nasazení,
 - dvoják – terminální výhon je rozvětven do dvou výhonů a každý je v místě rozdělení silnější než polovina tloušťky druhého výhonu,
 - troják – terminální výhon je rozvětven do tří výhonů a všechny jsou v místě větvení silnější než polovina tloušťky nejsilnějšího výhonu;

U dvojáků a trojáků byla rovněž v roce 2009 zaznamenána výška v místě větvení terminálního výhonu na dvoják či troják (cm);

4. Průběžnost kmene – v letech 2008 a 2009 byla zaznamenána pouze přítomnost průběžného (či neprůběžného kmene), tzn. s maximálním zvlněním kmene do ± 5 cm od jeho pomyslné osy (či více);
 - v r. 2011 bylo u každého stromu zaznamenáno, jestli je jeho kmen zvlněn do 3 cm, do 5 cm, do 10 cm či nad 10 cm od pomyslné osy kmene;
5. Tloušťka větví – hodnocena tloušťka větví vycházejících z kmene vzhledem k průměru kmene v místě větvení (zaznamenán počet větví do 25 % tloušťky kmene a počet větví 25 - 50 % tloušťky kmene);
6. Koruna - výška nasazení, tj. vzdálenost od povrchu půdy k první větvi na kmeni (cm),
 - tvar (vejcovitý, kulovitý, válcovitý, opakvejitý, jednostranná koruna);
7. Poškození- biotické (zejména bejlozobkou, příp. zvěří a padlím),
 - abiotické (především mráz),
 - ztráty;
8. Barva asimilačního aparátu (rostliny zelené a rostliny s karečnicí na listech).

Výzkumné plochy s různou výchozí hustotou sazenic borovice lesní se nachází ve stejné oblasti – v revíru Radiměř (porost 124 A 01d). Stanovištní poměry charakterizuje SLT 4C (vysýchavá bučina), HS 31 (vysýchavá živná stanoviště středních poloh). Porost byl založen na jaře roku 2005 jamkovou sadbou dvouletých prostokořenných semenáčků borovice lesní (2+0) ve sponech a hustotách uvedených v tab. 2. Doposud zde nebyl uskutečněn žádný výchovný zásah, pouze zásahy pro ochranu výsadby (ožínání, ochrana proti klikorohu borovému a zvěři).

Tabulka 2: Přehled pokusných ploch s příslušnými údaji o sponu a výchozí hustotě sazenic borovice lesní

Table 2: Experimental plots with data on the initial spacing and density of Scots pine plantations

Označení plochy <i>Plot</i>	Hustota sazenic (ks.ha ⁻¹) <i>Density of transplants (pcs.ha⁻¹)</i>	Spon sazenic <i>Spacing</i>
I	6 250-6 700	1,0 m x 1,5–1,6 m
II	7 700-8 300	1,0 m x 1,2–1,3 m
III	10 000-11 100	1,0 m x 0,9–1,0 m

Hodnocení morfologické kvality nadzemní části bylo uskutečněno 8 let po výsadbě. Jednalo se o již zajištěnou kulturu. Na každé ploše byly vybrány 2 řady borovic a v nich dále 22 - 26 stromů tak, aby vybraní jedinci nebyli pod vlivem tzv. okrajového efektu a zároveň stále rostli v příslušném sponu. Byly u nich zjišťovány tyto parametry:

1. Výška (cm) – vzdálenost od půdního povrchu po vrchol terminálního pupene;
2. Tloušťka (mm) – průměr kmene ve výšce 10 cm nad povrchem půdy;
3. Počet přeslenů (ks);
4. Vzdálenost mezi jednotlivými přesleny (cm);
5. Výška nasazení koruny (cm) – vzdálenost od půdního povrchu po místo nasazení první zelené větve na kmeni.

Pro každý přeslen byl zjišťován:

1. Počet větví (ks);
2. Tloušťka všech větví (mm) – průměr větví ve vzdálenosti 2 cm od kmene;

3. Délka všech větví (cm) – vzdálenost od místa nasazení větve na kmeni po špici terminálního pupene větve;
4. Úhel nasazení větví ($^{\circ}$) v místě nasazení větve na kmeni;
5. Počet ročníků jehlic na každé větvi (ks);
6. Délka tří jehlic uprostřed přírůstu z r. 2012 hlavní větve na nejdelší větvi přeslenu.

U všech získaných souborů dat byly zjišťovány základní předpoklady o datech (normalita rozdělení, nezávislost prvků, homogenita výběru a minimální velikost výběru) a dle nich voleny příslušné statistické testy. Pro výpočet základních charakteristik byla použita funkce „popisná statistika“ programu Excel, pro porovnávání souborů dat byly použity program Statistica (vícefaktorová, jednofaktorová ANOVA, popř. Kruskal - Wallis test). Ve všech testech byla zvolena hladina významnosti (α) 0,05.

Výsledky a diskuze

Ztráty bukových sazenic tři roky po výsadbě nepřesahovaly na žádné z ploch 10 %, čtyři roky po výsadbě 20 % a dále se již nezvyšovaly, proto nebyly zjišťovány. Ztráty tedy odpovídají kritériu obnoveného i zajištěného pozemku dle Vyhlášky č. 139/2004 Sb. Poškození abiotickými i biotickými činiteli bylo zanedbatelné a srovnatelné na všech plochách. Šest let po výsadbě byl zaznamenán na celé ploše atak bejlomorky, který však nebyl tak silný, aby ovlivnil ztrátovost či růst a vývoj výsadby. Nejméně zasažených rostlin bylo na plochách 1a a 1b s nejmenším hektarovým počtem sazenic. Na základě těchto výsledků je možno konstatovat, že hustota i spon buku nemá zásadní vliv na ztráty či poškození výsadby, v řídkých porostech oproti zapojeným se však hůře daří hmyzím škůdcům rostlin.

Byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve výšce buku (tab. 3) jak mezi jednotlivými roky sledování, tak mezi plochami (vždy $p < 0,05$) a je zřejmé, že rozdíly mezi plochami s časem narůstají. Jednoznačně vyšších hodnot dosahují buky na ploše 3a a 3b, což je dáno tím, že byly založeny silnějšími a vyššími sazenicemi. Spon (obdélníkový nebo čtvercový) ani hustota sazenic na výšku sazenic ale zatím vliv nemá, nicméně výsledky naznačují (prohlubováním rozdílů mezi plochami ve víceméně stávajícím pořadí ploch – od nejmenší průměrné výšky po největší), že v dalším vývoji by buky v hustších sponech mohly dosahovat vyšší výšky oproti sponům řídkým. To souhlasí se známými zákonitostmi, kdy v hustším zápoji je omezen růst do šířky a dřeviny v důsledku silné boční konkurence přirůstají rychleji do výšky.

Tabulka 3: Průměrná výška, tloušťka a přírůst buků na plochách v jednotlivých letech obnovy
Table 3: Mean height, diameter, root collar diameter and increment of European beech on the experimental plots in the individual years of regeneration

Plocha Plot	Výchozí množství sazenic (ks.ha ⁻¹) Initial number of transplants (pcs.ha ⁻¹)	Spon Spacing	Výška Height (cm)			Přírůst Increment (cm)		Tloušťka Root collar diameter (mm)		
			3	4	6	4	6	3	4	6
			roky/ů po výsadbě years after planting							
1a	5000	1,4x1,4 m	67 ^{abc}	101 ^{bcd}	175 ^{ab}	34,3	42,8	11,0 ^{ab}	15,3 ^{bcd}	26,4 ^c
1b	5000	2x1 m	55 ^a	92 ^{ab}	168 ^a	36,5	39,5	9,7 ^a	14,1 ^{abc}	23,3 ^{ab}
2a	10000	1x1 m	64 ^{ab}	103 ^{cd}	181 ^b	38,4	40,3	12,0 ^{bc}	16,4 ^d	26,4 ^c
2b	10000	1x1 m	62 ^a	84 ^a	162 ^a	22,1	38,0	9,9 ^a	13,3 ^a	21,9 ^a
3a	15000	0,8x0,8 m	75 ^{bc}	111 ^{de}	199 ^{cd}	36,2	46,8	11,0 ^{ab}	14,3 ^{abc}	24,0 ^b
3b	15000	1x0,65 m	75 ^c	114 ^e	209 ^d	38,5	45,1	13,0 ^c	16,0 ^d	27,9 ^c
4a	20000	0,7x0,7 m	67 ^{abc}	103 ^{cde}	185 ^b	35,9	40,9	11,8 ^{bc}	15,5 ^{cd}	23,9 ^b
4b	20000	1x0,5 m	59 ^a	92 ^{abc}	186 ^{bc}	33,2	42,5	10,1 ^a	13,9 ^{ab}	23,3 ^{ab}

Pozn.: Odlišná písmena v horním indexu u čísel vyjadřují statisticky významný rozdíl v dané morfologické charakteristice (sloupci)

Rovněž v tloušťce kmene buků na jednotlivých plochách byly zaznamenány statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) mezi jednotlivými roky i plochami (tab. 3). Vliv hustoty a sponu na tloušťku buků však prozatím zjištěn nebyl. Obecně ale stromy ve volnějším sponě dosahují větší tloušťky ve srovnání s hustým zápojem, neboť boční konkurence sousedních jedinců není tak silná a umožňuje růst kmene a větví do šířky. Tloušťka však narůstá a reaguje na uvolněný prostor pomaleji a v menších rozměrech, zřejmě proto zatím vliv hustoty nebyl prokázán.

Z hlediska větvení kmene a tvorby vícevrcholových rostlin nebyly mezi plochami do 4 let od výsadby výrazné rozdíly (tab. 4). Pouze na ploše 3a a 3b po 4 letech od výsadby docházelo k větvení kmene v případě dvojáků, trojáků na rostlině výše (v cca 70 cm), což je dáno použitím vyšších sazenic při zalesňování. Šest let po výsadbě jsou ale na tom o něco hůře plochy 1a a 1b s nižším počtem jedinců s „normálním“ kmenem a vyšším počtem jedinců tvořící více než 2 vrcholy. V těchto řidších výchozích hustotách sazenic se v případě rozvětvení kmene tak navíc děje níže na kmeni. Vliv sponu na tvar kmene nebyl zjištěn.

Tabulka 4: Tvar a výška větvení kmene na plochách v jednotlivých letech obnovy

Table 4: Stem branching form and height on the experimental plots in the individual years of regeneration

Plocha Plot	Výchozí množství sazenic (ks.ha ⁻¹) Initial number of transplants (pcs.ha ⁻¹)	Spon Spacing	Zastoupení buků s různým tvarem kmene (%) Proportions of beech trees with various stem forms (%)										Průměrná výška rozvětvení kmene (cm) na dvoják, troják Mean height of stem branching (cm) into fork, triple stem				
			3				4					6					
			Normální	Dvoják	Troják	Vícečetný	Normální	Dvoják	Troják	roky/ů po výsadbě years after planting		Normální	Dvoják	Troják	2x dvoják	6	
										2x dvoják	3x dvoják						
Normal	Fork	Triple stem	Multiple stem	Normal	Fork	Triple stem	2x fork	3x fork	Normal	Fork	Triple stem	2x fork	4	6			
1a	5000	1,4x1,4 m	60	38	1	1	77	18	0	5	0	9	23	32	36	49,1	85,6
1b	5000	2x1 m	67	30	2	1	82	17	0	2	0	13	32	35	20	41,8	88,0
2a	10000	1x1 m	62	28	3	8	69	23	0	6	1	18	47	0	34	60,8	100,9
2b	10000	1x1 m	50	47	3	0	73	21	1	4	0	24	44	0	31	47,5	89,2
3a	15000	0,8x0,8 m	69	28	2	0	74	23	0	2	0	21	30	0	50	69,6	106,4
3b	15000	1x0,65 m	48	49	1	2	72	22	0	5	1	17	33	0	50	69,7	109,4
4a	20000	0,7x0,7 m	56	36	5	2	75	23	0	2	0	21	42	0	37	50,4	101,1
4b	20000	1x0,5 m	63	32	3	1	70	23	0	6	0	28	45	0	28	53,8	107,6

Vliv hustoty a sponu na výšku nasazení koruny, průběžnost a zakřivení kmene, množství a tloušťku větví zatím není prokazatelný (výsledky pro omezený rozsah příspěvku neuvedeny). Hustší spony (plochy 3 a 4) však mají větší podíl buků s válcovitou korunou, což souvisí s jejich zapojováním do porostu a tedy omezením růstu korun do šířky.

Z výsledků sponového pokusu buku lesního po šesti letech po výsadbě vyplývá, že zatím nelze jednoznačně označit žádnou z použitých výchozích hustot sazenic (5 000 ks.ha⁻¹, 10 000 ks.ha⁻¹, 15 000 ks.ha⁻¹, 20 000 ks.ha⁻¹) jako nevhodnou. Vliv samotného sponu (čtvercový x obdélníkový) se zatím neprojevil vůbec. Také z literatury je zřejmé, že doporučení z podobných pokusů lze učinit až po více než 10letém sledování (MUHLE, KAPPICH 1979; BOTEV et al. 1988 - 1995; BARTOŠ, SOUČEK 2010). Přesto lze už nyní vyslovit určité dílčí závěry. Nejvíce buků nejhorší kvality (2x dvoják, troják) se nachází na plochách s nejnižší výchozí hustotou sazenic (5 000 ks.ha⁻¹) a k rozvětvení dochází níže na kmeni. Přesto je zde cca 10 % jedinců nadějných, s průběžným kmenem, vykazujících dobrou kvalitu. To znamená, že je zde stále dostatečné množství buků (cca 500 ks.ha⁻¹), které, budou-li ve výchově podporovány, mohou vytvořit kvalitní porost. Také BARTOŠ, SOUČEK (2010) nachází nejvíce „nejméně kvalitních“ buků v nejdříve výchozí hustotě kultury. Jejich četnost se však v průběhu výchovy může ještě dále měnit. Obecně je ale prokázáno, že v širších rozestupech mezi sazenicemi jsou kmeny buků hlouběji zavětveny (KANTOR et al. 1975) a jejich kvalita klesá (LEDER, WEISS 2000). Volný spon však významně ovlivňuje štíhlostní koeficient, který vyjadřuje zvýšenou odolnost mladého porostu vůči mokrému sněhu, který ve středních polohách ohrožuje na podzim, kdy mladé stromky ještě neshodily listí, bukové mlaziny a tyčkoviny (MRÁČEK 1989). Proto

musíme vždy při volbě hustoty sazenic zohlednit podmínky stanoviště. ŠINDELÁŘ et al. (2004) poukazují na to, že jsou stanoviště, kde patří buk mezi meliorační a zpevňující dřeviny, a tudíž jej lze vysazovat dle Vyhlášky č. 139/2004 Sb. v nižší hustotě, ale jeho funkce může být zároveň stejná jako u hlavní dřeviny, tedy produkční. Tu je možné naplnit jen při dostatečném počtu sazenic na hektar tak, aby bylo možno počítat s pozitivním vývojem koruny a kmene, proto považují toto výrazné snižování hektarových počtů pro meliorační a zpevňující dřeviny za nelogické a dostatečně nevysvětlené.

Pokud jde o borovici lesní, 8 let po výsadbě nebyl zjištěn statisticky významný vliv ($p = 0,08$) výchozí hustoty kultur na výšku stromů (cca 350 cm). Přírůst za poslední tři roky je u hustších kultur (plocha III a II) srovnatelný ($p = 0,75$) – cca 63 cm, v řidší hustotě kultury byl statisticky významně vyšší ($p < 0,05$) – 70 cm. PÁV (1985) a MÜLLER et al. (1968) však určitý vliv hustoty stromů na jejich výšku v raných stádiích vývoje porostu zaznamenali. GIL (2006), který porovnával výchozí hustoty borovice lesní 4 630 – 15 625 ks/ha, nicméně tvrdí, že pokud jsou stromy v porostu postupně uvolňovány výchovnými zásahy, lze ve 40 letech věku porostu dosáhnout srovnatelné výšky. Tloušťkový růst výchozí hustota kultur ovlivňuje silněji (MÜLLER et al. 1968; MALINAUSKAS 2003). Tloušťka kmene borovic v našich výzkumných plochách stoupá s klesající hustotou porostu ($p = 0,00$). Zejména na ploše III (nejhustší kultura) mají borovice výrazně tenčí kmen (68 cm) než na plochách ostatních s nižší hustotou stromů (77 cm – plocha 2,84 cm – plocha 3). Při srovnatelné výšce stromů by tato skutečnost mohla vést k tvorbě nepříznivého štíhlostního koeficientu, což může znamenat nezbytnost dříve realizovat první výchovný zásah (KUZMICHEV, SAVICH 1979). Podle MÜLLERA et al. (1968) se však rozdíl v tloušťce kmene při těchto výchozích hustotách kultur během 60 let vývoje porostů vyrovná, i když v menším měřítku než je tomu u výšky stromů.

Borovice se na pokusných plochách víceméně neliší ($p = 0,27$) ve výšce nasazení koruny (21,5 cm). Další podrobné informace o charakteru koruny poskytnou údaje o větvích a asimilačním aparátu, pokud budou vyjádřeny zvlášť pro jednotlivé přesleny. Jelikož na plochách převažují borovice, které mají 6 nebo 7 přeslenů, byl vypracován přehled údajů o charakteru koruny po přeslenech pro borovice se 6 a 7 přesleny zvlášť (tab. 5). Dle tab. 5 mají borovice na ploše III (nejhustší výsadba) výrazně méně větví oproti plochám ostatní, přičemž v každém přeslenu je zhruba o 1 větev méně. Rovněž MALINASKAUS (1999) zjistil podobný vliv hustoty stromů na počet větví v přeslenu, ale upozorňuje, že variabilita v tomto parametru (stejně jako v tloušťce větví) je velmi individuální. Proto doporučuje pro zlepšení kvality porostu selekci stromů při výchovných zásazích podle kvalitativních znaků. Zhruba uprostřed koruny, ve 3. - 4. přeslenu, kde byly větve nejdříve pod vlivem boční konkurence okolních stromů, jsou větve v hustších výzkumných kulturách tenčí a kratší. K podobným závěrům dospěli SALMINEN, VARMOLA (1993) a MALINASKAUS (2003). Na ploše I (nejřidší kultura) dosahují borovice výrazně menšího úhlu nasazení větví v těchto přeslenech; z praktického hlediska je však tento rozdíl zanedbatelný. Čím hustší je výsadba, tím rychleji klesá počet ročníků jehlic směrem od horní části koruny dolů, což zjevně souvisí s rychlejším samočištěním kmenů v hustších porostech (MÜLLER et al. 1968; NILSSON, ALBRETKSON 1994). Analogicky klesá rovněž délka jehlic na borovicích. Na ploše III (nejhustší výsadba) mají borovice podstatně kratší jehlice (o cca 1,5 - 2,0 cm) oproti řidším kulturám. Menší délka jehlic zde zřejmě souvisí s nižším množstvím přístupných živin a vody pro jednotlivé stromy (MANDRE et al. 2010), tedy se silnější konkurencí borovic mezi sebou ve srovnání s méně hustými kulturami.

Tabulka 5: Základní charakteristiky korun borovic na plochách (aritmetický průměr; směrodatná odchylka uvedena pro přehlednost pouze průměrná pro všechny přesleny)

Table 5: Basic crown characteristics of pines on the plots (arithmetic mean; standard deviation is for lucidity presented only as a mean for all whorls)

Pro borovice se 6 přesleny/For pines with 6 whorls																		
Přesleny (směrem odshora dolů) Whorls (from the top)	Počet větví Number of branches			Tloušťka větví Branch diameter			Délka větví Branch length			Úhel nasazení větví Branch angle			Počet ročníků jehlic Count of needle years			Délka jehlic Length of needles		
	(ks)/(pc)			(mm)			(cm)			(°)			(ks)/(pc)			(cm)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Plochy/Plots:																		
1. přeslen/Whorl 1	7,0	7,7	6,2	12	10	9	49	43	42	30	31	30	1,0	1,0	1,0	7,4	7,5	6,3
2. přeslen/Whorl 2	7,4	7,3	6,4	16	14	13	95	82	82	67	61	74	2,0	1,9	2,0	6,5	6,9	5,0
3. přeslen/Whorl 3	7,3	8,1	6,2	19	16	15	129	111	109	60	69	68	2,1	1,9	1,8	5,8	5,9	4,6
4. přeslen/Whorl 4	5,9	6,1	5,1	17	16	14	131	118	102	61	65	62	1,8	1,5	1,1	4,6	5,0	4,3
5. přeslen/Whorl 5	5,2	4,6	4,6	14	13	12	106	93	93	60	61	63	0,6	0,4	0,3	4,3	3,9	4,5
6. přeslen/Whorl 6	3,0	3,1	2,7	9	10	8	66	61	53	81	71	81	0,02	0,0	0,0	2,6		
Prům. sm. odch. Mean standard deviation	1,3	1,5	1,0	2	2	2	13	16	13	11	12	10	0,2	0,2	0,3	1,1	1,1	0,9
Pro borovice se 7 přesleny/For pines with 7 whorls																		
Přesleny (směrem odshora dolů) Whorls (from the top)	Počet větví Number of branches			Tloušťka větví Branch diameter			Délka větví Branch length			Úhel nasazení větví Branch angle			Počet ročníků jehlic Count of needle years			Délka jehlic Length of needles		
	(ks)/(pc)			(mm)			(cm)			(°)			(ks)/(pc)			(cm)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Plochy/Plots:																		
1. přeslen/Whorl 1	6,4	7,4	6,4	12	10	10	47	41	47	30	33	30	1,0	1,0	1,0	7,2	7,0	6,3
2. přeslen/Whorl 2	7,0	8,4	7,0	15	14	13	92	82	83	60	58	72	2,0	2,0	1,9	7,2	6,8	5,5
3. přeslen/Whorl 3	6,8	7,5	6,8	20	20	15	134	127	116	61	60	66	2,2	1,9	1,8	6,5	5,9	4,4
4. přeslen/Whorl 4	6,6	7,1	6,6	19	17	14	134	125	118	63	61	61	1,8	1,4	1,1	5,7	5,3	3,8
5. přeslen/Whorl 5	5,2	6,6	5,2	14	14	12	102	101	91	64	58	64	0,4	0,4	0,2	4,7	3,5	3,6
6. přeslen/Whorl 6	3,4	4,0	3,4	12	11	10	83	76	64	66	76	79	0,1	0,0	0,03	5,2		3,0
7. přeslen/Whorl 7	2,2	2,1	2,2	10	10	8	75	61	50	70	85	88	0,1	0,0	0,0	4,9		
Prům. sm. odch. Mean standard deviation	1,0	1,3	1,0	3	2	2	15	12	12	10	9	10	0,2	0,1	0,2	0,8	1,1	0,8

Na ploše III (nejhustší kultura) mají nejsilnější větve na borovicích výrazně menší tloušťku – 18 cm (vs. 23 a 25 cm na ploše I a II) a jsou kratší – 127 cm (vs. 144 a 152 cm na ploše I a II). Většina těchto větví (81 %) se na této ploše nachází ve třetím přeslenu odshora a u ostatních ploch, řidších kultur, je cca polovina nejsilnějších větví v nižších přeslenech (tab. 5).

Výsledky ukazují, že 8 let po výsadbě mají nejlepší morfologickou kvalitu nadzemní části borovice rostoucí v hustotě 10 000 - 11 100 ks.ha⁻¹. Řidší kultury, tzn. 6 250 - 8 300 ks.ha⁻¹, vykazují horší charakter ovětvení, a to tím více, čím větší je jejich výchozí spon, což souhlasí se závěry HUURIHO, LAHDEHO (1985). Vyhláška 139/2004 Sb. stanoví při výsadbě na předemtné stanoviště minimálně 9 000 borovic/ha, připouští však do doby zajištění 20 % ztráty. To znamená, že za zajištěnou kulturu (při splnění ostatních atributů) lze považovat plochu, kde roste 7 200 životaschopných borovic/ha. A jelikož byly v našem experimentu ztráty při zalesnění nulové, splňují zákonné minimum počtu životaschopných jedinců v kultuře rovněž borovice rostoucí ve „střední“ hustotě (7 700 - 8 300 ks.ha⁻¹), ale přesto vykazují horší morfologickou kvalitu nadzemní části stromů ve srovnání s nejhustší kulturou (10 000 - 11 100 ks.ha⁻¹). V praxi je však nezbytné s jistými ztrátami po výsadbě s ohledem na zjištění NÁROVCOVÉ (2010) počítat. Je tedy otázkou, zda postupné snižování hektarových počtů semenáčků a sazenic při výsadbě se nedělo na úkor kvality budoucích porostů. Literatura však uvádí, že morfologické charakteristiky se mohou měnit s věkem porostu i výchovnými zásahy, zejména v raném období vývoje (DUŠEK et al. 2011). Proto je nutné dlouhodobější sledování kultur v těchto experimentech.

Závěr

Umělá obnova buku lesního a borovice lesní, stejně jako u ostatních dřevin, je provázena v průběhu několika desetiletí postupným snižováním minimálních hektarových počtů sazenic ve snaze co nejvíce snížit náklady na zalesnění. Jaká však je ještě únosná hranice výchozí hustoty kultury tak, aby bylo možno dosáhnout v mytním věku kvalitního porostu s cennými sortimenty dřeva, není stále jasné. Cílem této práce je proto zjistit, jaký je vliv zhruba zákonných minimálních (10 000 ks.ha⁻¹), vyšších (15 000 ks.ha⁻¹, 20 000 ks.ha⁻¹) a nižších (5 000 ks.ha⁻¹ – odpovídající minimu pro buk jako MZD) množství sazenic na 1 hektar na morfologickou kvalitu nadzemní části buků, u borovice lesní byly testovány hustoty 6 250 - 11 111 ks.ha⁻¹ (vzdálenost řad 1 m od sebe, vzdálenost rostlin v řadě 0,9 - 1,6 m).

Z dosavadních výsledků vyplývá:

1. Zvolená hustota ani spon nemají zásadní vliv na ztráty či poškození stromů po výsadbě;
2. Sadbou silnějších sazenic lze urychlit zapojování kultury a její odrůstání z negativního vlivu buřeně. Rychlejší růst za současného zachování lepší kvality je u buku patrný i šest let po výsadbě;
3. Na ploše s nejnižší výchozí hustotou bukové kultury (5 000 ks.ha⁻¹) byl zjištěn vyšší podíl nejméně kvalitních jedinců (dvoják, troják) s kmenem větvícím se níže ve srovnání s ostatními plochami, přesto je zde stále dostatečné množství nadějných buků a nelze tuto výchozí hustotu sazenic označit za nevhodnou.
4. Osm let po výsadbě dosahuje nejlepší morfologické kvality stromů nejhustší borová kultura (10 000 - 11 100 ks.ha⁻¹). Borovice jsou v této hustotě jemněji ovětveny (nižší počet, tloušťka a délka větví) a rychleji se čistí (menší počet větví, tenčí větve a menší počet ročníků jehlic ve spodní části koruny).

Vykazují také známky silnější konkurence stromů (menší tloušťka kmene, kratší jehlice, rychlejší samočištění kmene).

5. Se snižováním hustoty porostu potom morfologická kvalita borovice klesá. Rovněž u výsadby s hustotou stromů 7 700 - 8 300 borovic.ha⁻¹, tedy nad hranicí zákonného minima v době zajištění porostu (9 000 borovic/ha s přípustnými 20 % ztrátami, tj. 7 200 borovic.ha⁻¹), jsou kvalitativní parametry stromů horší ve srovnání s hustší kulturou. Výsledky tedy naznačují, že používání „hektarových počtů sazenic“ blížících se hranici zákonného minima by mohlo být na úkor kvality borových porostů.

Výsledky naznačují, že rozdíly mezi plochami se mohou dále prohlubovat a některé z dalších morfologických parametrů by tak v budoucnu mohly dosáhnout nežádoucí úrovně.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za finanční pomoci Národní agentury pro zemědělský výzkum v rámci projektu KUS QJ 1230330.

Literatura

- BARTOŠ, J., SOUČEK, J. Vliv hektarového počtu na kvalitu tyčkovin buku lesního. Zprávy lesnického výzkumu, 2010. 55 (1): s. 33-37.
- EGBACK, S., LIZINIEWICZ, M., HOGBERG, K.A., EKO, P.M., NILSSON, U. Influence of progeny and initial stand density on growth and quality traits of 21 year old half-sib Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Forest Ecology and Management, 2012. 286: s. 1-7.
- FREIST, H. Effect of stem number in a young beech stand in the Bramwald. Forst-und-Holzwirt, 1980. 35 (2): s. 21-22.
- GIL, W. Effect of planting density on growth and quality parameters of trees and stands in age class II in fresh coniferous forest site. Folia Forestalia Polonica, 2006. 48: s. 89-105.
- HEUKAMP, B. Buchenbestände aus extremen Weitverbänden. Forst und Holz, 1999. 54 (10): s. 302-304.
- HUURI, O., LAHDE, E. Effect of planting density on the yield, quality and quantity of Scots pine plantations. In: Tigerstedt P.M.A., Puttonen P., Koski V. (eds.) Crop physiology of forest trees. Department of Plant Breeding, University of Helsinki, Finsko, 1985. s. 295-304.
- JESCHKE, S. Artificial regeneration of beech in Wolfskuhle District, Malchin state forestry enterprise, as an example of (local) silvicultural initiative. Sozialistische-Forstwirtschaft, 1977. 27 (7): s. 214-215.
- KLEIN, E. Spacing during artificial regeneration in beech stands. Allgemeine-Forstzeitschrift, 1983. 9-10: 231-233.
- KRAHL-URBAN, J. Investigation on spacing in planting Beech. Forstachiv, 1963. 34 (6): s. 157-164.
- LEDER, B., WEIHS, U. Growth and qualitative development of an 8-year-old beech spacing trial under Scots pine shelterwood in the lowlands of the Niederrhein. Forst und Holz, 2000. 55 (6): s. 172-176.
- LOKVENC, T. Kvalita sazenic a volba hektarových počtů. Lesnická práce, 1980. 59 (7 -8): s. 305-308.
- MALINAUSKAS, A. The influence of the initial density and site conditions on Scots pine growth and wood quality. Baltic Forestry, 1999. 5 (2): s. 8-19.

- MELZER, E.W., BRUNN, ER., BRUNN, EG., NETZKER, W. Pflanzverband und Kulturqualität bei Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). Forstarchiv, 1992. 63: s. 136-142.
- MRÁČEK, Z. Hektarový počet sazenic v lesních kulturách. Lesnická práce, 1965. 44 (7): s. 308-310.
- MUHLE, O., KAPPICH, I. First result of a beech provenance and spacing experiment in the Bramwald forest district. Forstarchiv, 1979. 50 (4): s. 65-69.
- NÁROVCOVÁ, J. Reakce populací borovice lesní na podmínky pěstování v časných fázích ontogenie. Zprávy lesnického výzkumu, 2010. 55 (4): s. 293-298.
- NEVZOROV, V.M. Effectiveness of Scots Pine plantations at different planting densities. Lesnoe Khozyaistvo, 1970. 6: s. 29-32.
- NILSSON, U., ALBREKTSON, A. Growth and self-thinning in two young Scots pine stands planted at different initial densities. Forest Ecology and Management, 1994. 68 (2/3): s. 209-215.
- PÁV, B. Optimální spon – nejdůležitější výchovné opatření. Zprávy lesnického výzkumu, 1985. 30 (4): s. 17-19.
- STIPTSOV, V., BOTEV, N. Effect of density and spacing on the growth of beech (*Fagus sylvatica*) plantations. Nauka za Gorata, 1994. 31 (23): s. 21-30.
- STRAND, S., SINES, H., DIETRICHSON, J. Timber quality - natural regeneration or planting of Scots pine (*Pinus sylvestris*). Rapport fra Skogforsk, 1997. (5): 13 s.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P. MZD v lesích a lesnická legislativa. Lesnická práce, 2004. 83 (9): s. 455-457.
- TRAUBOTH, V. Experience from planting beech on open areas in Bad Salzungen State Forest Enterprise. Sozialistische-Forstwirtschaft, 1984. 34 (10): s. 302, 303, 306.
- TYSHKEVICH, G.L. Biological principles of creating Beech plantations. Lesnoe Khozyaistvo, 1976. 2: s. 57-61.
- Vyhláška č. 139/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkce lesa.

VLIV PŘÍPRAVY PŮDY NA RŮST BOROVICE LESNÍ

EFFECT OF MECHANICAL SOIL PREPARATION ON THE GROWTH OF SCOTS PINE

Martin Jahoda, Jiří Remeš, Lukáš Bílek, Martin Fulín

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka

Abstract

The paper deals with the impact of alternative ways of using logging residues and mechanical soil preparation for the growth of pine seedlings. The research was conducted on the territory of Doksy Municipal Forests Ltd. at sites of natural pine forests (SLT 2K, OM). The growth of pine plants was assessed on the research areas where four variants manipulation and utilization of logging residues were applied - burning of logging residues on the site, removal of logging residues and its energetic use, bunching of logging residues into heaps, and chipping of wood residues on the site. Further, a large-scale ploughing of soil was performed in all treatments. The first results of evaluation of Scots pine seedlings growth confirmed the impact of measures taken. Pine plants showed the best growth in plots where logging residues were chipped and distributed on the whole area. Fertilizing by wood ash is also shown as a positive measure for diameter and height increment of plants.

Key words: Scots pine, natural pine stands, logging residues, plant growth, soil preparation

Abstrakt

Příspěvek pojednává o vlivu variantních způsobů využití těžebních zbytků a použité přípravy půdy na růst sazenic borovice lesní. Výzkum probíhal na území Městských lesů Doksy, s.r.o. na stanovištích přirozených borů (SLT 2K, OM). Posouzen byl růst borovice lesní na výzkumných plochách, kde byly aplikovány čtyři varianty manipulace a využití těžebních zbytků – spálení těžebních zbytků, rozdrčení a rozptýl těžebních zbytků po obnovované ploše, odvoz těžebních zbytků a shrnutí těžebních zbytků do valů. Poté byla na všech plochách provedena celoplošná příprava půdy naoráním brázd. První výsledky hodnocení růstu sazenic borovice lesní potvrdily vliv provedených opatření. Nejlepší růst vykazovaly borovice na plochách, kde byly těžební zbytky před celoplošným naoráním rozdrčeny a rozptýleny po ploše. Přihnojení dřevěným popelem se také ukázalo jako pozitivní opatření vzhledem k tloušťkovému a výškovému růstu sazenic.

Klíčová slova: borovice lesní, přirozené bory, těžební zbytky, růst sazenic, příprava půdy

Úvod a problematika

Využívání těžebních zbytků v lesích se současné době dostává do popředí zájmu vlastníků lesů, těžebních společností i energetických firem. Hlavní motivací je totiž především jejich energetické využití, což je mimo jiné i 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. Biomasa (a tím i těžební zbytky) přitom tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás pro výrobu energie (tepla i elektřiny) využívají. Dalším faktorem, který tento zájem vyvolává, je potenciální ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný (REMEŠ et al. 2015). Komplexní využití nadzemní biomasy dřevin však může představovat vedle ekonomických přínosů i významnou ztrátu živin, protože právě těžební zbytky (kůra, dřevo větví a asimilační orgány) obsahují nejvyšší podíl základních živin, jako je např. N, P, K (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009). Odstraňování těžebních zbytků tak může mít například vliv na dostupnost bází kationtů (fosfor, draslík) a na rozvoj i funkci mykorhizy, což může v důsledku ovlivňovat absorpci živin a růst stromů (MAHMOOD et al. 1999; HOPE 2007). Dynamika růstu nové generace lesa na plochách po provedené přípravě půdy zahrnující i odstranění těžebních zbytků, míra ovlivnění jejich prosperity

provedenými operacemi s možnými dopady na trvalost a vyrovnanost lesní produkce jsou zásadní otázky spojené s problematikou komplexního využívání nadzemní biomasy.

Pro odpovědné rozhodování vlastníků lesů i pro objektivní regulaci využití těžebních zbytků ze strany státní správy je nezbytné provádět co neobjektivnější hodnocení důsledků provedených těžebních opatření. Z těchto důvodů byl na majetku Městských lesů Doksy na stanovištích přirozených borů zahájen v roce 2012 výzkum problematiky vlivu využití těžebních zbytků na stav půd a trvalost lesní produkce. Přeložený příspěvek přináší první výsledky růstu sazenic borovice lesní vysázených na plochy s různým režimem manipulace a využití těžebních zbytků.

Materiál a metodika

Výzkum probíhá na modelovém území Městských lesů Doksy, s. r. o. (cca 60 km severně od Prahy), které se nacházejí v přírodní lesní oblasti č. 18 Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Pro hodnocení vlivu přípravy půdy a zpracování těžebních zbytků byly vybrány 3 lokality. Dvě z nich (Vodárna a Tankovka) se nacházejí na souboru lesních typů (SLT) 0M – chudý bor (*Querceto-Pinetum oligotrophicum*) s nadmořskou výškou cca 270 m n. m. a rovinatým terénem přecházejícím ve velmi mírný svah. Třetí lokalita (Obora) se nachází v příznivějších stanovištních podmínkách SLT 2K – kyselá buková doubrava (*Fageto-Quercetum acidophilum*), v nadmořské výšce 280 m n. m.; plocha je situována také na rovině až velmi mírném svahu. Na všech lokalitách je půdním typem podzol arenický. Založení experimentů s variantním využitím těžebních zbytků a navazující plošnou přípravou půdy předcházela na konci zimy roku 2009 mýtní těžba nesmíšených borových porostů (zásoba porostu cca 300 m³/ha). Po vytěžení a odvozu dříví byly na oddělených částech ploch realizovány následující varianty nakládání s těžebními zbytky borovice:

1. Spálení těžebních zbytků a ponechání vzniklého popela na místě (což znamenalo, že se popel nacházel pouze v místech, kde byly těžební zbytky koncentrovány a spáleny. Hodnocené sazenice této varianty se tak mohly nacházet jak v místech s popelem, tak i mimo ně).
2. Odvoz těžebních zbytků z vytěžené plochy bez náhrady (odvoz štěpky a její energetické využití).
3. Koncentrace (shrnutí) klestu do valů.
4. Rozštěpkování těžebních zbytků drtičem klestu (na frakce 2 - 5 cm) a jejich rozptýl po obnovované ploše.

Později (na jaře před výsadbou) byla u všech variant provedena celoplošná příprava půdy naoráním dvou-radličkovým pluhem do hloubky brázd 30 cm, v souladu s obvyklým postupem při obnově borových porostů na těchto chudých stanovištích. Naoráním tak byla obnažena minerální půda cca na 1/3 plochy odkud byl organický materiál (včetně rozdrčených těžebních zbytků u příslušné varianty) transportován a zaklopen do tělesa brázdy. Poté zde byly založeny experimentální plochy (velikost cca 0,03 ha), které byly následně na jaře roku 2009 zalesněny borovicí lesní (sazečem sazenice 1,5 - 0,5) a dubem zimním (jamkovou sadbou sazenice 1-1+0); všechny plochy byly oploceny, aby se vyloučil vliv zvěře. Pro každou variantu nakládání s těžebními zbytky byly na jedné lokalitě založeny dvě opakování výzkumných ploch. Celkem tedy byla každá varianta šestkrát opakována (REMEŠ et al. 2015).

Na všech lokalitách, kde byly v roce 2012 založeny výzkumné plochy, byly provedeny experimenty s přihnojením dřevěným popelem. Ten byl získán od společnosti IROMEZ, s.r.o.. Jednou z hlavních činností této společnosti je výroba a dodávka tepla. Hlavním palivem pro výrobu tepla je již od roku 2004 biomasa, tedy především dřevní štěpka, kterou si společnost zpracovává z lesního klestu na vlastních strojích.

Dávka popela byla 1,065 t/ha, což odpovídá zahraničním zkušenostem a dávce cca 1065 g/sazenici. Tato dávka byla kalkulována pro ekvivalentní množství fosforu (3,71 g k sazenici) odpovídající 5 tabletám hnojiva Silvamix. Hnojení bylo provedeno na povrch půdy k jednotlivým sazenicím na jaře před začátkem vegetační doby.

Sledované a hodnocené parametry

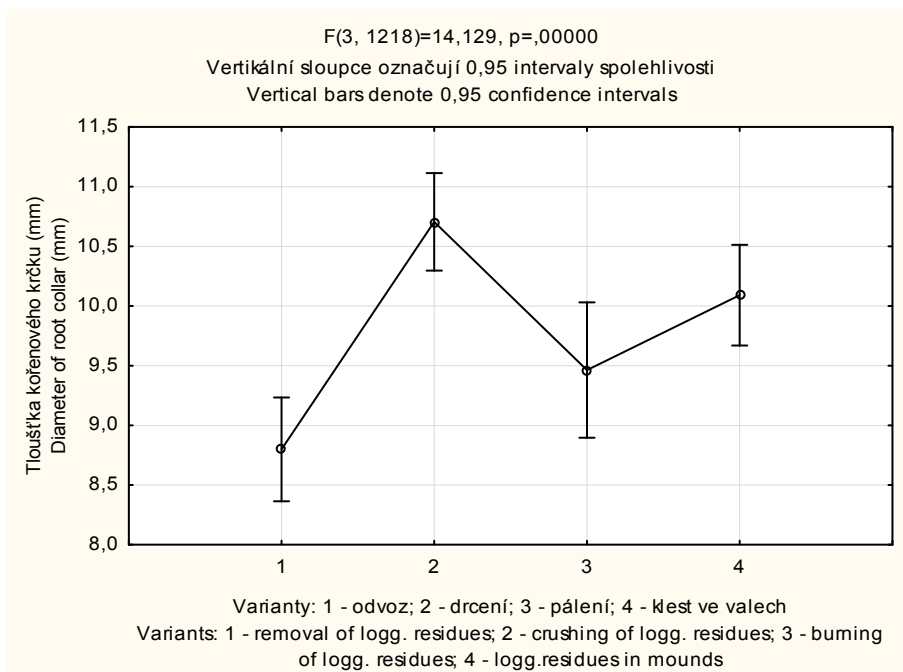
Na výzkumných plochách jsou sledovány růstové parametry sazenic - výška, roční výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku a roční tloušťkový přírůst, faktory porostního prostředí (teplota, vlhkost), chemismus (včetně obsahu rizikových těžkých kovů) a biologická aktivita půdy, resp. substrátu vzniklého mechanickou přípravou půdy a manipulací s těžebními zbytky. V tomto příspěvku jsou shrnuty výsledky růstových parametrů sazenic borovice lesní dva roky po výsadbě (na třech souborech výzkumných ploch). Pro všechny výzkumné plochy byl z naměřených údajů (tloušťka, výška, přírůst), které byly zjišťovány u všech sazenic, vypočten průměr, medián, směrodatná odchylka, minimum a maximum. Rozdíly v růstu sazenic mezi jednotlivými variantami přípravy půdy a provedeným přihnojením byly hodnoceny analýzou variance při použití softwaru Statistica.

Výsledky a diskuze

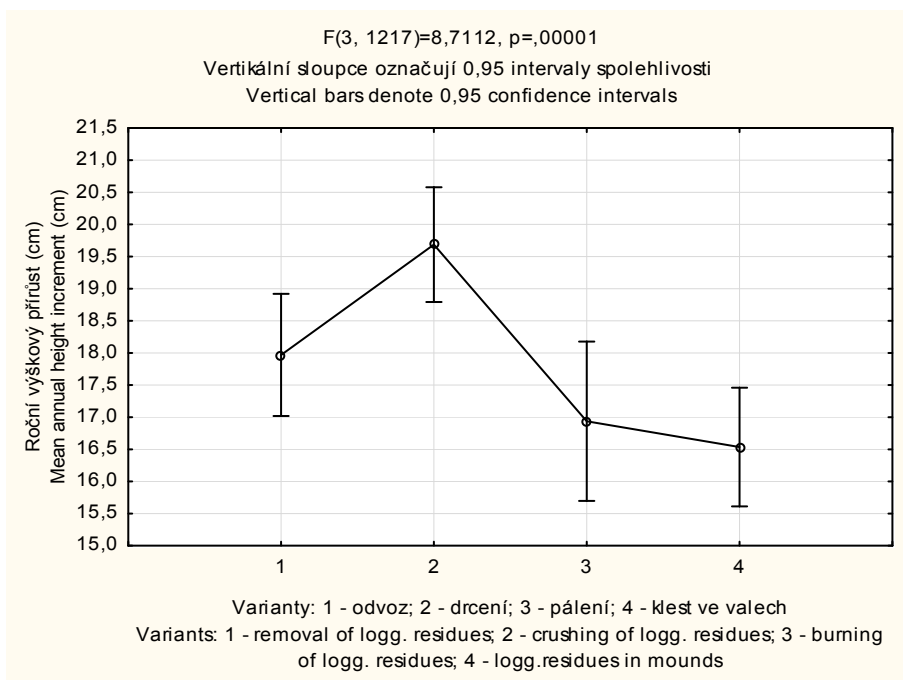
Charakteristika růstu borovice na výzkumných plochách

Provedená příprava půdy měla vliv na růst sazenic borovice lesní již v druhém roce po výsadbě. Ze souhrnného hodnocení růstu sazenic na všech třech lokalitách jsou zřejmé rozdíly ve výškovém a tloušťkovém růstu v závislosti na provedené přípravě půdy. U všech hodnocených parametrů byly nejpříznivější výsledky dosaženy u varianty, kde byly těžební zbytky před celoplošným naoráním rozdrčeny a rozptýleny po ploše. U tloušťky kořenového krčku byly potvrzeny statisticky významné rozdíly mezi touto variantou (10,7 mm) a variantami odvozu klestu (8,8 mm) i spálením klestu (9,5 mm), přičemž odvoz klestu se projevil na tloušťkovém růstu nejvíce negativně (obr. 1). U ročního výškového přírůstu sazenic (obr. 2) byla potvrzena signifikantnost rozdílů mezi drčením klestu (19,7 cm) a všemi ostatními navzájem nevýznamně se lišícími variantami (odvoz klestu 18,0 cm; pálení 17,0 cm; shrnutí do valů 16,5 cm). Tyto výsledky do určité míry korespondují se stavem svrchních vrstev půdy, do které byly sazenice sázené. Výsledky pedochemických rozborů potvrdily, že odvoz i shrnutí těžebních zbytků ze zalesňované plochy snížily ve svrchní vrstvě substrátu na těchto přirozeně velmi chudých stanovištích obsah humusu (uhlíku) a do určité míry také obsah přístupných živin (zejména vápníku a draslíku) a dusíku (REMEŠ et al. 2015). Ukazuje se tak, že s mechanizovaným plošným odstraněním těžebních zbytků dojde často i ke shrnutí části vrstvy nadložního humusu, čímž dochází ke ztrátám organické hmoty, a tím i uhlíku. Čím je stanoviště přirozeně chudší, resp. čím větší podíl živin je koncentrován v těžebních zbytcích, tím více se může tato ztráta projevit (HELMISAARI et al. 2011). Nižší obsahy uhlíku a dusíku na skarifikovaných plochách oproti plochám, kde byly těžební zbytky spáleny, doložil z oblasti Skandinávie např. ÖRLANDER et al. (1996). Ztrátu organické hmoty a snížení obsahu některých živin jako následek skarifikace půdy konstatují také např. GRAHAM et al. (1989) a HOPE (2007). Tyto důsledky se tak mohou projevit

pomalejší dynamikou růstu sazenic bezprostředně po výsadbě. Na druhou stranu je samotná mechanická příprava půdy opatřením, které se dlouhodobě s úspěchem používá pro zvýšení úspěšnosti přirozené obnovy borovice (NILSSON, ORLANDER 1999; HILLE, DEN OUDEN 2004; KARLSSON, NILSSON 2005; ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA et al. 2013).



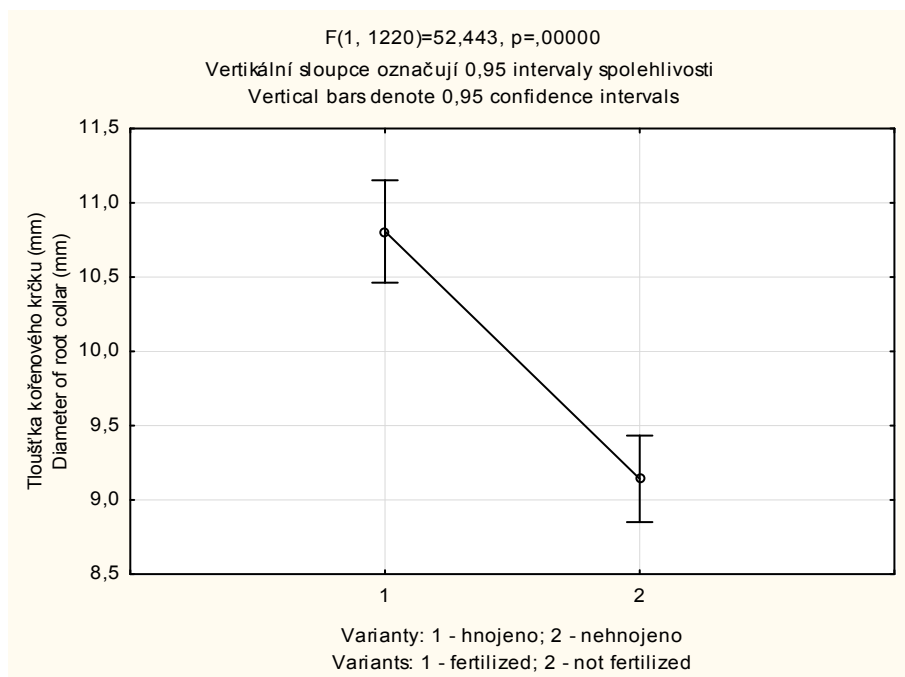
Obr. 1: Průměrná tloušťka kořenového krčku borových sazenic podle variant přípravy půdy
Fig. 1: Mean diameter of root collar of pine plants according to type of soil preparation



Obr. 2: Roční výškový přírůstek borových sazenic podle variant přípravy půdy
Fig. 2: Mean annual height increment of pine plants according to type of soil preparation

Pozitivní efekt tohoto opatření spočívá především v omezení konkurence přizemní vegetace na světlo, vodu a živiny. Přípravou půdy se také zintenzivní dekompozice opadu, což postupně vede k uvolňování zde poutaných živin.

Přihnojení dřevěným popelem se po první vegetační době po aplikaci pozitivně projevilo na růstu sazenic borovice. Na obrázku 3 je vidět rozdíl v dosažené tloušťce na plochách pohnojených dřevěným popelem (10,8 mm) oproti plochám nehnojeným (9,1 mm).



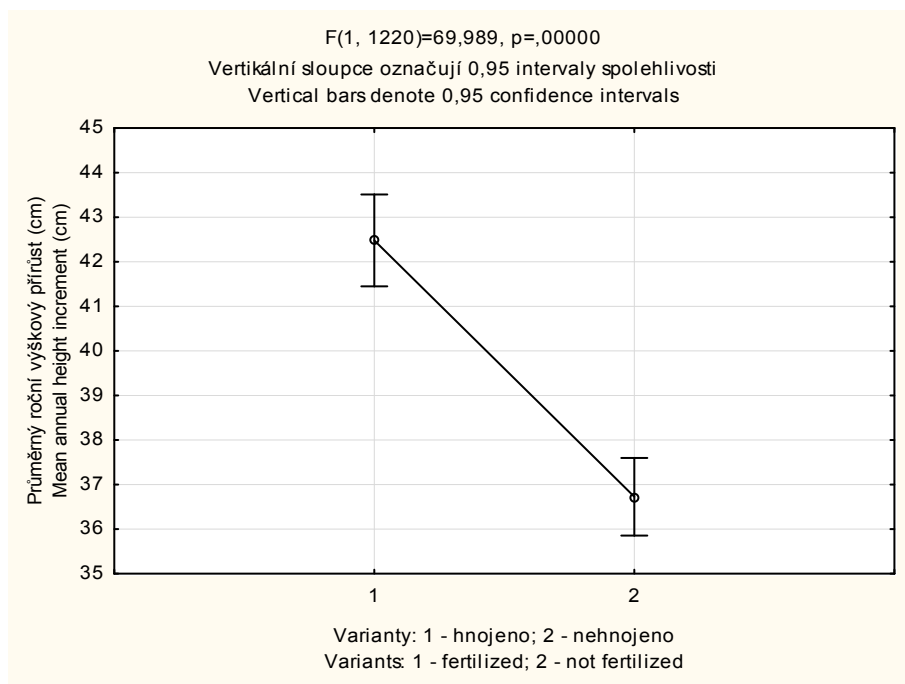
Obr. 3: Průměrná tloušťka kořenového krčku borových sazenic v závislosti na provedeném hnojení dřevěným popelem

Fig. 3: Mean diameter of root collar of pine plants related to wood ash fertilization

Podobná situace byla doložena i u výškového růstu, když průměrný výškový přírůst pohnojených sazenic za vegetační dobu bezprostředně navazující na aplikaci dřevěného popelu byl o 5,5 cm vyšší než přírůst sazenic nehnojených (obr. 4).

Ve vědecké literatuře jsou přitom uváděny jak pozitivní případy vlivu hnojení dřevěným popelem na růst sazenic (MAHMOOD et al. 2003), tak i případy, kdy významný vliv prokázán nebyl (UNGER, FERNANDEZ 1990). Známý jsou dokonce i negativní důsledky tohoto typu hnojení na růst sazenic (STAPLES, VAN REES 2001; MANDRE et al. 2004).

Pro přesnější zhodnocení provedeného opatření však bude třeba provést podrobnější analýzu nadzemní i podzemní biomasy zkoumaných dřevin a sledovat jejich růst i v dalších letech.



Obr. 4: Průměrný roční výškový přírůst borových sazenic v závislosti na provedeném hnojení dřevěným popelem

Fig. 3: Mean annual height increment of pine plants related to wood ash fertilization

Závěr

Využívání těžebních zbytků v lesích pro energetické účely je stále častější jev. Kromě pozitivních ekonomických efektů to však znamená i ochuzení lesních ekosystémů o část živin. Při zvýšené zátěži by to mohlo vést až ke snížení či narušení trvalosti lesní produkce. Bezprostředně lze negativní důsledky odčerpání části živin předpokládat u nového lesního porostu, který je založen na vytěžené ploše. Výsledky výzkumu z oblasti Městských lesů Doksy, s.r.o. naznačují, že nejpriznivější růst mají sazenice, které byly vysázeny na plochách, kde byly těžební zbytky před celoplošným naoráním rozdrčeny a rozptýleny po ploše. Naopak varianty s odvozem či spálením klestu jsou z pohledu růstu borovice méně příznivé. Pozitivně se na růstu borovice naopak projevilo cílené přihnojení dřevěným popelem. Je však třeba podotknout, že se jedná o první průběžné výsledky a dynamika růstu sazenic se může v dalších letech změnit.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1220099 Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce a projektu Interní grantové agentury FLD ČZU v Praze IGA A17/12 Ekologické aspekty pěstování dřevin.

Literatura

- ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, M., DROZDOWSKI, S., BRZEZIECKI, B., RUTKOWSKA, P. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology*. 2013, 71: s. 73-81.
- GRAHAM, R.T., HARVEY, A.E., JURGENSEN, M.F. Effect of site preparation on survival and growth of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) seedling. *New Forests*, 1989, 3: s. 89-98.

- HILLE M., DEN OUDEN J. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*, 2004, 123: s. 213-218.
- HOPE, G.D. 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. *Forest Ecology and Management*. 2007, 242: s. 625-635.
- KARLSSON M., NILSSON U. 2005. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 2005, 205: s. 183-197.
- MAHMOOD, S., FINLAY R. D., ERLAND, S. Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytologist*. 1999, 142: s. 577-585.
- MAHMOOD, S., FINLAY, R.D., FRANSSON, A.M., WALLANDER, H. Effects of hardened wood ash on microbial activity, plant growth and nutrient uptake by ectomycorrhizal spruce seedlings. *FEMS Microbiology Ecology*. 2003, 43: s. 121-131.
- MANDRE, M., KORSJUKOV, R., OTS, K. Effect of wood ash application on the biomass distribution and physiological state of Norway spruce seedlings on sandy soils. *Plant and Soil*. 2004, 265: s. 301-314.
- MATERNA, J. *Výživa a hnojení lesních porostů*. Praha: SZN, 1963. 227 s.
- NILSSON, U., ÖRLANDER, G. Vegetation management on grass – dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*. 1999, 29: s. 1015-1026.
- REMEŠ, J., BÍLEK, L., FULÍN, M. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2015. 60(2): v tisku.
- STAPLES, T.E., VAN REES, K.C.J. Wood/sludge ash effects on white spruce seedling growth. *Canadian Journal of Soil Science*. 2001, 81: s. 85-92
- ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., NOVOTNÝ, R. Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2009, 54(4): s. 307-315.
- UNGER, Y.L., FERNANDEZ, I.J. The short-term effects of wood ash amendment on forest soils. *Water, Air and Soil Pollution*. 1990, 49: s. 299-314

VPLYV SVETLA A KOMPETÍCIE NA VÝŠKOVÝ RAST A MORFOLÓGIU KORÚN PODSADIEB JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.)

EFFECT OF LIGHT AND COMPETITION ON HEIGHT GROWTH AND CROWN MORPHOLOGY OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) UNDERPLANTINGS

Jaroslav Vencurik, Peter Jaloviar, Milan Saniga, Stanislav Kucbel, Milan
Hunčaga

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; kucbel@tuzvo.sk

Abstract

This paper analyzes the impact of the relative radiation and competition on height growth and crown morphology of silver fir underplantings, aged 15 years, growing under a spruce canopy cover (LC Paráč, Oravská Magura Mts.). The results show that the increased intensity of relative radiation affected positively only height growth of examined individuals. Effect of competition between individuals of regeneration on height growth and crown morphology of fir, respectively, was nonsignificant. In addition to radiation, the growth of fir underplantings is to a large extent affected by other, not considered factors.

Keywords: underplantings, silver fir, relative radiation, competition index

Abstrakt

Predložená práca analyzuje vplyv relatívneho žiarenia a kompetície na výškový rast a morfológiu korún podsadiet jedle bielej, vo veku 15 rokov, rastúcich pod clonou smrekového porastu (LC Paráč, Oravská Magura). Z výsledkov je zrejmé, že relatívny výškový prírastok jedle na výskumnej výsadbovej ploche bol síce slabo, ale významne pozitívne korelovaný s relatívnym žiarením. Naopak, vplyv vzájomnej konkurencie medzi jedincami obnovy na výškový rast, resp. morfológiu korún jedle bol nevýznamný. Rast jedľových podsadiet tak popri žiarení ovplyvňujú vo veľkej miere aj iné, nami neuvažované faktory.

Kľúčové slová: podsadby, jedľa, relatívne žiarenie, kompetičný index

Úvod a problematika

Skúsenosti z veľkých vetrových kalamít vo viacerých európskych krajinách potvrdili oprávnenú požiadavku zachovania zvyškov preriedených porastov a ich využitie ako clony pre doplňujúcu, rekonštrukčnú obnovu (podsadbu). Na Slovensku toto pestovné opatrenie nadobúda v posledných rokoch na význame predovšetkým v súvislosti so zlou porastovou štruktúrou, zhoršením zdravotného stavu a plnenia funkcií lesov v oblastiach Kysuckých Beskýd, Oravských Beskýd, Nízkych a Vysokých Tatier a Zamaguria. Smrekové porastové komplexy spomínaných orografických celkov sú v súčasnosti do značnej miery atakované podkôrnym hmyzom, vetrom, priebehom počasia, klimatickými zmenami, ale aj ich fyziologickým oslabovaním (PITNER 2012; SANIGA, KUCBEL 2013; BOŠEĽA et al. 2014; MEZEI et al. 2014). Vysoký podiel kalamitnej ťažby v týchto porastoch má za následok vznik veľkých kalamitných plôch, ktorých obnova je veľmi problematická. Riešením je zakladanie nových následných porastov formou podsadiet, ešte pod ochrannou clonou rozpadávajúcej sa smrekových porastových komplexov vo vekovom rozpätí 50 – 80 rokov. Tento spôsob premeny porastov je z ekologického a ekonomického hľadiska podstatne efektívnejší ako umelá obnova na veľkých odkrytých kalamitných plochách. Zmena drevinového zloženia následných porastov pritom musí rešpektovať pôvodnú drevinovú skladbu uvedených porastových komplexov. Jedná sa predovšetkým o vnášanie drevín jedľa a buk, s prímiesou cenných listnáčov (SANIGA, KUCBEL 2013).

Rast obnovy pod clonou porastu v temperátnych lesoch Európy ovplyvňuje vo veľkej miere svetlo. Variabilita svetelnej mikroklímy porastových medzier umožňuje presadenie sa drevín s rôznymi ekologickými nárokmi (FILIPIAK et al. 2005; SZYMURA 2005; ROŽENBERGAR et al. 2007). Obnova tienných drevín, medzi ktoré radíme aj jedľu, je schopná prežívať a odrastať aj pri relatívne nízkych hodnotách difúzneho žiarenia (CESCATTI 1996; JAĎUŠ et al. 2014). So zvyšujúcou sa intenzitou difúzneho svetla rastie aj výškový prírastok podsadiet jedle (JALOVIAK et al. 2013). Distribúcia a veľkosť medzier v korunovej klenbe a umiestnenie a hustota obnovy na ploche porastu výrazne ovplyvňujú priestorovú variabilitu svetla v dolnej vrstve a tiež vnútrodruhovou a medzidruhovou kompetíciu medzi jedincami obnovy (DUCHESNEAU et al. 2001; GRASSI et al. 2004; LIN et al. 2012). Cieľavedomé usmerňovanie svetelných a konkurenčných pomerov v dolnej vrstve tak výraznou mierou ovplyvňuje následné štrukturálne a druhové zmeny porastu (SMITH et al. 1997; ROBAKOWSKI et al. 2004). Preto optimálna regulácia zápoja rekonštruovaných smrekových porastov predstavuje najdôležitejší faktor ovplyvňujúci vývoj existujúcich podsadiet. Zároveň je to jeden z mála atribútov, ktorý je možné modifikovať pestovateľskými opatreniami (LÖF et al. 2007).

Cieľom predkladanej štúdie je analýza predbežných výsledkov vplyvu žiarenia a kompetície medzi jedincami obnovy na výškový rast a morfológiu korún podsadiet jedle bielej rastúcich pod clonou rekonštruovaného smrekového porastu.

Materiál a metodika

Výskumná výsadbová plocha sa nachádza v západnej časti pohoria Oravská Magura (lesná oblasť 33A Oravské Beskydy, Podbeskydská brázda, Podbeskydská vrchovina, Oravská Magura), na území LC Paráč, v dielci 339a. Nadmorská výška dielca je 910 až 980 m n. m., expozícia severovýchodná, sklon 25 %, skupina lesných typov (slt.) *Fageto-Abietum* vst., PHSLT kyslé jedľovo - bukové smrečiny. Pôdy sú tu piesčito-hlinité, vegetačný kryt tvorí čučoriedka, v redších skupinách vysoké byliny a tráva. Porast má dve etáže. Vek prvej etáže 105 rokov, zastúpenie smreka 100 %, zakmenenie 0,76. Druhá etáž je tvorená obnovou smreka 60 %, jedle 20 % a buka 20 %, so zakmenením 0,50. Jedľa a buk sú tu umelo podsadené (umelá obnova realizovaná v roku 2003), smrek je z prirodzenej obnovy. Základná charakteristika voľnokorenného sadbového materiálu jedle: evidenčný kód aal225NO-009, zdroj uznaný porast, semenárska oblasť Kysucko-oravská, vek sadeníc 2+2.

V dielci 339a sa v roku 2014 náhodným výberom vytypovalo 40 jedincov jedle z umelej výsadby (vek 15 rokov), na ktorých sa merala ich výška, dĺžka terminálnych a laterálnych výhonov troch najvyšších praslénov a dĺžka živej časti koruny, od vrcholu po poslednú živú vetvu. Pre vybrané jedince jedle boli potom vypočítané tieto odvodené charakteristiky: priemerná hodnota dĺžky terminálneho výhonu troch najvyšších praslénov – výškový prírastok (priemer výškových prírastkov za posledné 3 roky), index apikálnej dominancie ($ADR = \frac{\text{výškový prírastok}}{\text{priemer dĺžok laterálnych výhonov troch najvyšších praslénov}}$), relatívny prírastok ($RHG = \frac{\text{výškový prírastok}}{\text{výška jedinca}} \times 100$) a relatívna dĺžka koruny ($RCL = \frac{\text{dĺžka živej časti koruny}}{\text{výška jedinca}} \times 100$) (SZYMURA 2005).

Tesne nad vegetačným vrcholom všetkých vybraných jedincov jedle boli vyhotovené hemisférické snímky. 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 (direct site factor), nepriameho (indirect site factor) a celkového žiarenia (total site factor). Všetky hodnoty týchto veličín boli vypočítané ako relatívne veličiny v pomere k osvetleniu voľnej plochy, resp. osvetleniu nad korunami stromov.

Miera kompetície vyjadrená kompetičným indexom (I) bola zisťovaná pre vybrané jedince použitím metódy podľa DUCHESNEAUA et al. (2001). Kompetičný index bral do úvahy len konkurentov (jedince obnovy) nachádzajúcich sa v kruhovej ploche s polomerom 1,13 m, ktorá obklopuje vybraného jedinca jedle. Táto kruhová plocha sa následne rozdelila na 4 kvadranty a konkurenčný index sa stanovil ako:

$$I = \frac{1}{Hos} \times \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \frac{C_j H_j}{D_j}$$

kde: Hos reprezentuje celkovú výšku vybraného jedinca jedle, C_j percento prekrytu konkurentmi v kvadrante j, H_j priemernú výšku konkurentov v kvadrante j, a D_j priemernú vzdialenosť medzi vybraným jedincom a konkurentmi v kvadrante j. Na vyhodnotenie vzťahov vybraných rastových parametrov a relatívnych ukazovateľov žiarenia, resp. indexu kompetície sa použili metódy regresnej a korelačnej analýzy. Všetky štatistické vyhodnotenia boli vykonané pomocou softwaru Statistica 6.0.

Výsledky a diskusia

Relatívne hodnoty priameho, nepriameho a celkového žiarenia merané nad vegetačným vrcholom vybraných jedincov jedle varírovali v intervale 6,2 až 27,3 % (Tab. 1). V týchto svetelných podmienkach sa relatívne prírastky (RHG) jedle pohybovali od 6,1 % do 17,6 %, index apikálnej dominancie (ADR) od 0,7 do 3,6 a relatívne dĺžky korún (RCL) od 69,5 % do 95,5 % (Tab. 2). Výškový rast zväčša prirodzenej obnovy jedle v nerovnovekých zmiešaných lesoch bol v posledných rokoch predmetom viacerých štúdií (DUC 2002; SZYMURA 2005; KLOPCIC, BONCINA 2010; DIACI, FIRM 2011). Porovnanie týchto výsledkov je však problematické vzhľadom na značné výškové rozdiely meraných jedincov. Vo všeobecnosti je však možné konštatovať, že relatívne výškové prírastky obnovy jedle tu dosahovali v priemere 5 – 11 %. Týmto hodnotám sa viac menej približovali aj prírastky, ktoré boli namerané na jedľových podsadbách na našej výskumnej výsadbovej ploche.

Tabuľka 1: Hodnoty priameho, nepriameho a celkového žiarenia (%) merané nad jedincami jedle v dielci 339a

Table 1: Values of direct, diffuse and total radiation (%) measured above fir individuals in compartment 339a

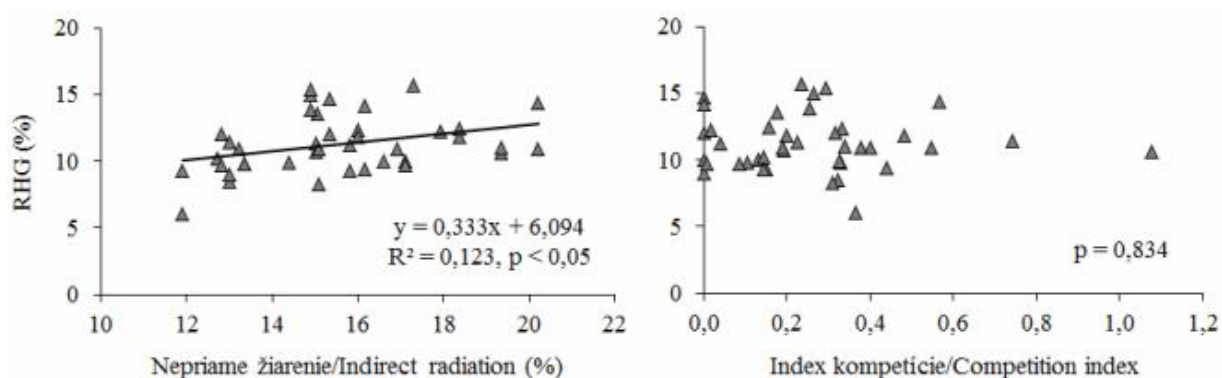
	Priemer Average	Sm. odchýlka St. deviation	Minimum Minimum	Maximum Maximum
Priame žiarenie Direct radiation	13,6	5,8	6,2	27,3
Nepriame žiarenie Indirect radiation	15,5	2,2	11,9	20,2
Celkové žiarenie Total radiation	13,9	5,1	7,5	26,2

Relatívny výškový prírastok jedle na výskumnej ploche bol síce slabo, ale významne pozitívne korelovaný s difúznym žiarením (p < 0,05; obr. 1), a tiež

s priamym a celkovým žiarením. Signifikantný lineárny vzťah medzi výškovým prírastkom a relatívnym žiarením pri jedincoch prirodzenej obnovy jedle s výškou od 2 – 28 cm, ktorá rástla pod clonou smrekového porastu, zaznamenal aj FILIPIAK et al. (2005). Podobne GRASSI, GIANNINI (2005), v nerovnovakom smrekovo-jedľovom lese v Alpách, potvrdili priaznivý účinok difúzneho svetla na výškové prírastky odrastenej obnovy jedle s výškou 0,8 až 2,2 m. V štúdií DIACI, FIRM (2011) výškový prírastok semenáčikov jedle (výška \square 20 cm) nebol korelovaný so svetlom, avšak pri vyšších jedincoch (výška 20 - 130 cm) sa táto závislosť potvrdila ako významná.

Tabulka 2: Hodnoty základných rastových charakteristík jedincov jedle v dieľci 339a
Table 2: Values of basic growth characteristics of fir individuals in compartment 339a

	Priemer Average	Sm. odchýlka St. deviation	Minimum Minimum	Maximum Maximum
Výška stromu (cm) Stem height (cm)	177,1	49,4	107,0	313,0
Výškový prírastok (cm) Height increment (cm)	19,7	5,8	9,0	31,3
Relatívny výškový prírastok (%) Relative height growth (%)	11,3	2,5	6,1	17,6
Index apikálnej dominancie Apical dominance ratio	1,2	0,5	0,7	3,6
Relatívna dĺžka koruny (%) Relative crown length (%)	84,5	5,7	69,5	95,5



Obr. 1: Závislosť relatívneho výškového prírastku (RHG) od nepriameho žiarenia a indexu kompetície
Fig. 1: Relationships between diffuse radiation or competition index and relative height growth (RHG)

Kritický vplyv na využitie svetla a tým aj na rast a konkurenčné schopnosti jedincov obnovy pod clonou porastu má morfológia korún a ihlíc (OLIVER, LARSON 1996; SMITH et al. 1997). V prostredí s nedostatkom svetla väčšina laterálnych vetiev prerastá apikálny výhonok. To má za následok vytváranie krátkej, tzv. dáždnikovej formy koruny s relatívne veľkou projekciou, čo umožňuje obnove jedle zlepšený príjem svetla, a tým maximálny zisk uhlíka v podmienkach zatienenia (GIVINISH 1988; KLINKA et al. 1992; OLIVER, LARSON 1996). Pri zlepšení svetelných podmienok sa dĺžka koruny zväčšuje spolu s výškovým prírastkom, až pokiaľ je svetlo dostupné pre nižšie vetvy. Výsledkom je kónický tvar koruny (KATO, YAMAMOTO 2002). Preto index apikálnej dominancie a relatívnu dĺžku koruny jedincov obnovy ihličnatých drevín je možné pokladať za najvýznamnejšie a ľahko zistiteľné indikátory svetelných podmienok (PARENT, MESSIER 1995; ROBAKOWSKI et al. 2004;

SZYMURA 2005). Závislosti indexu apikálnej dominancie, resp. relatívnej dĺžky korún meraných jedincov umelej obnovy jedle od jednotlivých zložiek relatívneho žiarenia sa však v našom prípade nepotvrdili ako štatisticky významné ($p \geq 0,05$).

Pri zistených svetelných pomeroch na výskumnej ploche (relatívne žiarenie od 6,2 do 27,3 %) nebol pozorovaný tiež žiaden významný ($p \geq 0,05$) vplyv kompetície na výškový rast (obr. 1), resp. morfológické parametre korún podsadiet jedle. To potvrdzujú aj iné štúdie (CHAZDON 1988; KLINKA et al. 1992; GRASSI, GIANINI 2005), kde vplyv svetla na rast jedincov obnovy pri minimálnej svetelnej ponuke bol oveľa silnejší ako vplyv kompetície. Kompetícia ovplyvňuje rast jedincov obnovy len v relatívne neobmedzených svetelných podmienkach, prekračujúcich pomyselnú hranicu 25 % z osvetlenia voľnej plochy (PARENT, MESSIER 1995; DUCHESNEAU et al. 2001). Vzhľadom na pomerne nízke hodnoty žiarenia zistené v nami skúmanom poraste, a tiež v iných štruktúrne diferencovaných porastoch (BONCINA et al. 2002; GRASSI, GIANINI 2005; DIACI, FIRM 2011), nepredpokladáme, že faktor kompetície tu zohráva významnú úlohu v raste jedincov obnovy.

Záver

Na základe analýzy výškového rastu a morfológie korún podsadiet jedle bielej pod clonou smrekového porastu, nachádzajúceho sa v západnej časti pohoria Oravská Magura, sme dospeli k nasledovným záverom:

- výškové prírastky skúmaných jedincov sa pohybovali od 9,0 cm do 31,3 cm (v priemere $19,7 \pm 5,8$ cm),
- zvýšená intenzita relatívneho žiarenia pod clonou porastu pozitívne ovplyvnila len výškový rast (nie morfológické parametre korún) skúmaných jedincov,
- vplyv vzájomnej konkurencie medzi jedincami obnovy na výškový rast, resp. morfológické parametre korún jedle bol vzhľadom na nízke hodnoty žiarenia zistené pod clonou porastu (relatívne žiarenie do 28 %) nevýznamný.

Vzhľadom na pomerne malý počet a tiež rovnaký vek (vypelosť) meraných jedincov jedle, rastúcich v úzkom rozpätí svetelných podmienok a konkrétnych stanovištných pomeroch, nie je možné z našich výsledkov vyvodiť všeobecne platné závery o raste podsadiet v rekonštruovaných smrekových porastoch. Napriek tomu táto štúdia, ktorá je súčasťou rozsiahlejšieho výskumu tejto problematiky naznačuje, že popri žiarení, ovplyvňujú rast jedľových podsadiet vo veľkej miere aj iné, nami neuvažované faktory.

PodĎakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA 14-002-00 Dynamika a disturbančný režim horských smrečín v orografickom celku Nízke Tatry. Autori ďakujú Ing. Pavlovi Dendysovi a Ing. Antonovi Kondelovi za poskytnutie potrebných informácií a spoluprácu pri terénnych meraniach.

Literatúra

- BONCINA, A., DIACI, J., CENCIC, L. Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management. *Forestry*, 2002. 75: s. 365-373.
- BOŠELA, M., SEDMÁK, R., SEDMÁKOVÁ, D., MARUŠÁK, R., KULLA, L. Temporal shifts of climate-growth relationships of Norway spruce as an indicator of health decline in the Beskids, Slovakia. *Forest Ecology and Management*, 2014. 325: s. 108-117.
- CESCATTI, A. Selective cutting radiative regime and natural regeneration in a mixed coniferous forest: a model analysis. *In: SKOVSGAARD, J.P., JOHANNSEN, P. (eds.)*

- Modelling regeneration succes and early growth of forest stands. Proceedings of the IUFRO Conference. Copenhagen: Danish Forest and Landscape Research Institute, 1996. s. 474-483.
- CHAZDON, R.L. Sunflecks and their importance to forest understory plants. *Advances in Ecological Research*, 1988. 18: s. 1-55.
- DIACI, J., FIRM, D. Long-term dynamics of a mixed conifer stand in Slovenia managed with a farmer selection system. *Forest Ecology and Management*, 2011. 262: s. 931-939.
- DUC, P. Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburg Jura). Diss., ETH Zürich, 2002. 224 s.
- DUCHESNEAU R., LESAGE I., MESSIER CH., MORIN H. Effects of light and intraspecific competition on growth and crown morphology of two size classes of understory balsam fir saplings. *Forest Ecology and Management*, 2001. 140: s. 215-225.
- FILIPIAK, M., ISZKURO, G., KORYBO, J. 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*, 2005. 53: s. 177-184.
- GIVINISH, T.J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1988. 15: s. 63-92.
- GRASSI, G., GIANNINI, R. Influence of light and competition on crown and shoot morphological parameters of Norway spruce and silver fir saplings. *Annals of Forest Science*, 2005. 62: s. 269-274.
- GRASSI, G., MINOTTA, G., TONON, G., BAGNARESI, U. Dynamics of Norway spruce and silver fir natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Canadian Journal of Forest Research*, 2004. 34: s. 141-149.
- JAĎUĎ, J., PITTNER, J., SNOPKOVÁ, Z. Vplyv klimatických a svetelných faktorov na klíčenie a prežívanie semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.) a smreka obyčajného (*Picea abies* L. Karst.) vo výberkovom lese. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2014. 59: s. 167-174.
- JALOVIAK, P., SANIGA, M., KUCBEL, S. Importance of light conditions for the height growth of underplantings in Norway spruce stands in the Oravské Beskydy Mts. *Beskydy*, 2013. 6: s. 53-58.
- KATO, K., YAMAMOTO, S. Branch growth and allocation patterns of saplings of two *Abies* species under different canopy conditions in subalpine old-growth forest in central Japan. *Ecoscience*, 2002. 9: s. 98-105.
- KLINKA, K., WANG, Q., KAYAHARA, G.J., CARTER, R.E., BLACKWELL, B.A. Light-growth response relationships in Pacific silver fir (*Abies amabilis*) and subalpine fir (*Abies lasiocarpa*). *Canadian Journal of Forest Research*, 1992. 70: s. 1919-1930.
- KLOPCIC, M., BONCINA, A. Patterns of tree growth in a single tree selection silver fir-European beech forest. *European Journal of Forest Research*, 2010. 15: s. 21-30.
- LIN, C.J., LAIHO, O., LÄHDE, E. Norway spruce (*Picea abies* L.) regeneration and growth of understory trees under single-tree selection silviculture in Finland. *European Journal of Forest Research*, 2012. 131: s. 683-691.
- LÖF, M., KARLSSON, M., SONESSON, K., WELANDER, T.N., COLLET, C. Growth and mortality in underplanted tree seedlings in response to variations in canopy closure of Norway spruce stands. *Forestry*, 2007. 80: s. 371-384.
- MEZEI, P., GRODZKI, W., BLAŽENEC, M., JAKUŠ, R. Factors influencing the wind-bark beetles' disturbance system in the course of an *Ips typographus* outbreak in the Tatra Mountains. *Forest Ecology and Management*, 2014. 312: s. 67-77.

- OLIVER, C.D., LARSON, B.C. Forest Stand Dynamics. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996. 520 s.
- PARENT, S., MESSIER, C. Effects of a light gradient on height growth and crown morphology of balsam fir natural regeneration. Canadian Journal of Forest Research, 1995. 25: s. 878-885.
- PITTNER, J. Analýza štruktúrálnej diverzity ako kritéria pre hodnotenie ekologickej stability smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. In: SANIGA, M., KUCBEL, S., JALOVIAK, P. (eds.) Pestovanie lesa v strednej Európe. Zvolen: TU vo Zvolene, 2012. s. 86-96.
- ROBAKOWSKI, P., WYKA, T., SAMARDAKIEWICZ, S., KIERZKOWSKI, D. Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. Forest Ecology and Management, 2004. 201: s. 211-227.
- ROŽENBERGAR, D., MIKAC S., ANIĆ, I., DIACI, J. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech – fir forest reserves in South East Europe. Forestry, 2007. 80: s. 431-443.
- SANIGA, M., KUCBEL, S. Prírode blízke pestovanie lesa. Zvolen: TU vo Zvolene, 2012. 70 s.
- SMITH, D.M., LARSON, B.C., KELTY, M.J., ASHTON, P.M.S. The practice of silviculture: Applied forest ecology. 9th Edition. New York: Wiley, 1997. 537 s.
- SZYMURA, T.H. Silver fir saplings bank in seminatural stand: Individuals architecture and vitality. Forest Ecology and Management, 2005. 212: s. 101-108.

KVANTITATÍVNE A MORFOLOGICKÉ PARAMETRE PRIRODZENEJ OBNOVY JEDLE A SMREKA VO VÝBERKOVOM LESE

QUANTITATIVE AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF SILVER FIR AND NORWAY SPRUCE NATURAL REGENERATION IN SELECTION FOREST

Peter Jaloviar, Ján Pittner, Lukáš Potocký

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Masarykova 24, 960 53 Zvolen

Abstract

The initial stages of silver fir and Norway spruce natural regeneration in a selection forest grow at different speeds dependent on the substrate from which they emerge. Natural regeneration on coarse woody debris (deadwood) in contrast to mineral soil have their own particularities, which are reflected in quantitative and morphological properties of saplings. In this study, we compared growth rates and selected morphological parameters of silver fir and Norway spruce saplings, related to their germination substrate. For spruce saplings deadwood is appropriate substrate, which is reflected in early-ending slow-growth of period after 5 years. In contrast, mineral soil is more appropriate for silver fir regeneration, with the slow-growth period duration of 7 years. Different saplings morphology reflects different properties of both substrates. On deadwood, saplings of both Norway spruce and silver fir show greater biomass, total length and surface of the whole root system, compared to the mineral soil. We consider this to be a result of lower nutrition content of deadwood and different abilities of both species, to adapt their root systems to the conditions of microhabitats.

Keywords: deadwood, natural regeneration, selection forest, Norway spruce, silver fir

Abstrakt

Iniciálne štádiá obnovy smreka a jedle odrastajú vo výberkovom lese rozdielnym tempom aj v závislosti od substrátu na ktorom vznikli. Obnova na minerálnej pôde a na moderovom dreve má svoje špecifiká a tie sa následne prejavujú v kvantitatívnych a morfológických charakteristikách semenáčikov. V tejto práci sme porovnávali rýchlosť rastu a niektoré morfológické parametre semenáčikov jedle a smreka, ktoré vznikli prirodzenou obnovou na minerálnej pôde a moderovom dreve. Pre smrek je moderové drevo vhodným substrátom, čo sa prejavilo aj na najrýchlejšom ukončení obdobia pomalého nárastu biomasy (5 rokov). Jedľa lepšie odrastá na minerálnej pôde, pričom fáza pomalého odrastania trvá dlhšie (7 rokov). Morfológia semenáčikov odráža rozdielne vlastnosti oboch substrátov. Na moderovom dreve pripadá pri oboch drevinách na jednotku sušiny asimilačného aparátu vždy vyššia biomasa a aj väčšia dĺžka a povrch koreňov. Toto považujeme za výsledok rozdielnej zásoby živín v oboch substrátoch a rozdielnej schopnosti oboch drevín, prispôbiť sa podmienkam mikrostanovišťa.

Kľúčové slová: moderové drevo, prirodzená obnova, výberkový les, smrek, jedľa.

Úvod a problematika

Prirodzená obnova vo výberkových lesoch je neustály proces, ktorý je jednou zo základných podmienok potrebných pre trvalé udržanie výberkovej štruktúry (PAROBEKOVÁ, SANIGA 2005). Prirodzenou obnovou sa zabezpečuje neustále doplňovanie prvej hrúbkovej triedy, ktorej početnosť je permanentne redukovaná mortalitou alebo presunom do ďalších hrúbkových tried. Trvalá existencia výberkového lesa bez trvalej prirodzenej obnovy na väčšine (nad 60 %) jeho plochy nie je možná (SCHÜTZ 1989).

Typickými drevinami pre pestovanie vo výberkovom hospodárskom spôsobe sú tieňne ihličnaté dreviny – smrek (*Picea abies* L.) a predovšetkým jedľa (*Abies alba* Mill.). Obe dreviny majú vlastnosti typické pre klimaxové dreviny, ako je napríklad schopnosť prirodzene sa obnoviť v podmienkach pod clonou porastu, čo je základný predpoklad pre pestovanie v podmienkach trvale tvorivého lesa (VENCÚRIK et al. 2013). Variabilné podmienky mikrostanovišťa, ktoré sú kombináciou

rozdielneho osvetlenia, konkurenčných vzťahov a rôznych podmienok pôdy (substrátu) majú zásadný vplyv na morfológiu semenáčikov. Materský porast ovplyvňuje nielen morfológiu semenáčikov, ale aj dostupnosť živín (ČATER, ŠIMONČIČ 2010) a prostredníctvom toho aj rýchlosť odrastania jedincov prirodzenej obnovy. Heterogenita podmienok pre prirodzenú obnovu sa v zmiešaných ihličnatých výberkových lesoch navyše zväčšuje aj vďaka rozdielnym konkurenčným vzťahom drevín, resp. z dôvodu rôznej schopnosti drevín vyrovnávať sa s konkurenčným tlakom. Kým v nadzemnej časti ekosystému prebieha súťaž o jediný zdroj – svetlo a je zvyčajne úplne asymetrická, v pôde si dreviny navzájom konkurujú v príjme viac ako 20 rôznych makro- a mikroelementov s rôznou zásobou, komplementaritou a mobilitou. Rozdielna dynamika odrastania prirodzenej obnovy, ktorá je bežná aj v rámci niekoľkých metrov štvorcových spôsobená prevažne konkurenciou koreňových systémov v pôde, je väčšinou veľkostne dokonale symetrická, resp. veľkostne čiastočne asymetrická (SCHWINNING, WEINER 1998).

Jednotlivé stromy materského porastu vplyvajú na iníciačné štádiá prirodzenej obnovy tým, že modifikujú biomasu celého koreňa, ale predovšetkým jemných koreňov (ČATER, ŠIMONČIČ 2010), horizontálnu aj vertikálnu distribúciu koreňov (CASPER, JACKSON 1997; BORKEN et al. 2007), ako aj morfológiu jemných koreňov (AMMER, WAGNER 2002; BOLTE, VILLANUEVA 2006; MEINEN et al. 2009; REWALD, LEUSCHNER 2009).

Segregácia koreňových systémov vo vertikálnom alebo aj horizontálnom smere môže významne redukovať medzidruhovú konkurenciu, ako to na základe viacerých rastlinných spoločenstiev uvádzajú HUTCHINGS, JOHN (2003). Taktiež morfológická plasticita jemných koreňov je výborný adaptačný mechanizmus rastlín na zmeny v pôdnom prostredí (OSTONEN et al. 2007; BØRJA, NILSEN 2008; BRUNNER et al. 2009). Naopak, MEINEN et al. (2009) uvádzajú, že z hľadiska plasticity koreňového systému sa dreviny chovajú konzervatívne a nemenia výrazne morfológické parametre a často ani obraz distribúcie koreňov v profile.

Špecifikom prirodzenej obnovy smreka je jeho schopnosť obnovy na moderovom dreve, pričom z hľadiska chemického zloženia a zásoby živín nie je moderové drevo ideálny substrát, avšak jeho pozitívom pre prirodzenú obnovu je zlepšenie limitujúcich mikroklimatických podmienok (SCHMIDT-VOGT 1991).

KUPFERSCHMID, BUGMANN (2005) uvádzajú, že medzi tzv. priaznivé mikrostanoštia, na ktorých sa nachádza oveľa viac prirodzenej obnovy smreka ako by zodpovedalo ich podielu na ploche patrí aj ležiace moderové drevo. SCHÖNENBERGER (2001) zistil, že čím sú podmienky prostredia horšie, tým je podiel priaznivých mikrostanoštie na obnove väčší. Podľa BRANGA (1998) je práve toto hlavným dôvodom vzniku hlúčikovitej porastovej štruktúry v smrečinách na hornej hranici lesa.

Moderové drevo je vhodným substrátom pre prirodzenú obnovu iba vo vyššom stupni rozkladu, t.j. vtedy, keď odumreté rastlinné pletivá nepredstavujú mechanickú bariéru pre prerastanie koreňov prirodzenej obnovy alebo bylín a zároveň má vysokú kapacitu pre zadržiavanie vody (KUCBEL, VENCÚRIK 2008). Jeho výskyt v takomto stave je v podmienkach rúbaňových hospodárskych lesov s produkčnou funkciou veľmi zriedkavý a preto aj pre prirodzenú obnovu v nich takmer bezvýznamný. V podmienkach ochranných lesov, kde sa z rôznych prevádzkových dôvodov ponecháva väčší podiel celkovej objemovej produkcie v porastoch však moderové drevo naberá na význame. HOLEKSA (1998, 2001) a VORČÁK (2005) dospeli k záveru, že podiel prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve je neproporcionálne vyšší ako je jeho plošný podiel na porastovej ploche. Napríklad HOLEKSA (1998) uvádza

sumárnu plochu mŕtveho dreva v prírodnom smrekovom lese v rozsahu do 300 m² na 1 ha t.j. do 3 %, ale podiel prirodzenej obnovy je pritom približne 50 % z počtu všetkých jedincov dolnej vrstvy porastu.

Výberkové lesy sú považované za veľmi vhodnú porastovú štruktúru pre pestovanie smrekovo-jedľových porastov obzvlášť pre ochranné lesy, kde je prvoradým cieľom zachovanie ich nepretržitej existencie vo viac-menej rovnovážnom stave. Zásoba moderového dreva vo forme, ktorá je vhodná pre prirodzenú obnovu je v týchto porastoch vyššia jednak vďaka špecifikám pestovných opatrení ale aj kvôli stálosti ekologického prostredia. Preto aj prirodzená obnova na moderovom dreve je v prípade smreka pomerne častým javom a na tomto substráte sa sporadicky obnovuje aj jedľa.

Cieľom práce je porovnanie kvantitatívnych parametrov a morfológických vlastností semenáčikov smreka a jedle, ktoré sa ujali a rastú na minerálnej pôde a na rozloženom moderovom dreve. Zámerom bolo posúdiť adaptabilitu oboch drevín v iníciaľnom štádiu prirodzenej obnovy na rozdielny substrát a zistiť vplyv substrátu na formovanie jednotlivých častí semenáčikov.

Materiál a metodika

Výskumný objekt

Vzorky boli odoberané v rámci demonštračného objektu Donovaly – Mistríky z dielca č. 631. Objekt sa nachádza v severozápadnej časti orografického celku Nízke Tatry a patrí do odštepného závodu Liptovský Hrádok bývalej LS Liptovská osada. Nadmorská výška v ktorej sa demonštračný objekt nachádza je v rozpätí od 960 do 1050 m n. m. Priemerný ročný úhrn zrážok tu predstavuje 900 až 1000 mm a priemerná ročná teplota dosahuje hodnoty 4,2 až 4,8°C. Prevládajúcou dominantnou skupinou lesných typov je *Fagetum abietino-piceosum*.

Tento dielec má nevyváženú štruktúru z hľadiska využitia produkčného disponibilného priestoru. V dielci absentujú stromy strednej vrstvy. Porast má dominantnú produkčnú funkciu a cieľová hrúbka pre tento dielec bola stanovená na 70 cm, s optimálnou zásobou 400 - 410 m³.ha⁻¹. Dreviny rastúce v dielci sa nachádzajú v tomto zastúpení: smrek 85 %, jedľa 15 %. Tento dielec je usmerňovaný výberkovým rubom ako pestovným oparením už viac ako 40 rokov. Regeneračné procesy smreka a jedle prebiehajú v poraste bez výrazných porúch a krízových období. V spodnej vrstve porastu prevláda jedľa, pričom počet jedincov v kategórii do hrúbky d_{1,3} 2 cm a výšky 1,3 m je pomerne vysoký SANIGA, VENCÚRIK (2007).

Odber a spracovanie vzoriek

Vzorky prirodzenej obnovy oboch drevín boli odoberané z dvoch substrátov a to z minerálnej pôdy a moderového dreva. Jednotlivé semenáčky sa odoberali vykopaním zo substrátu s väčším objemom zeminy tak, aby nedošlo k poškodeniu alebo oddeleniu časti koreňového systému jednotlivých jedincov prirodzenej obnovy. Takýmto postupom sa vzorky odoberali po celej ploche dielca náhodným výberom až na vzorky jedincov odobratých z moderového dreva ktorých výskyt bol značne limitovaný výskytom odumretého dreva. Vzorky semenáčikov sa odoberali do maximálnej výšky 15 cm nadzemnej časti semenáčka od povrchu substrátu po koniec jeho terminálneho výhonku. Spolu bolo odobratých 46 vzoriek jedincov prirodzenej obnovy z oboch substrátov, pričom bolo odobratých 12 vzoriek jedle z moderového dreva, 16 vzoriek smreka z moderového dreva, 11 vzoriek jedle z minerálnej pôdy a 7 vzoriek smreka z minerálnej pôdy.

V laboratórnych podmienkach sa ďalej spracovávali vzorky jedincov prirodzenej obnovy. Ako prvý krok sa vykonalo hrubé očistenie koreňového systému od substrátu pod prúdom tečúcej vody tak aby nedošlo k poškodeniu celistvosti koreňového systému. Následný krok predstavoval oddelenie koreňového systému od nadzemnej časti v mieste koreňového krčku.

Dôkladné očisťovanie koreňa sa vykonávalo v petriho miskách naplnených vodou za pomoci pinzety, skalpela a stolovej lupy hneď po jeho oddelení. Takto spracované a očistené koreňové systémy vzoriek sa uschovávali v chladničke do doby, kedy sa vykonávalo samotné skenovanie vzoriek koreňov (max. 2 dni). Formát vyhotovovaných snímok predstavuje bitovú mapu (*.tif) s rozlíšením 1000 dpi. Na meranie biometrických parametrov bol použitý softvérový balík WinRhizo 2004b (2009c) regular, ktorý predstavuje produkt kanadskej firmy Régent Instruments Inc. Tento softvér je určený predovšetkým na meranie biometrických veličín a stanovenie vybratých morfológických parametrov koreňových systémov. Samotné skenovanie vzorky prebieha v miske a vodnom kúpeli pod krycím sklom.

Nadzemné časti semenáčikov boli vysušené pri teplote 65°C po dobu 72 hodín. Po uvedenej dobe sušenia sa nadzemné časti semenáčikov vážili s presnosťou na 0,001 g. Pred vážením sa najskôr oddelili asimilačné orgány (ihlice) od osí (kmienka a vetiev), a tieto sa následne vážili oddelene. Konštantná hmotnosť koreňov sa stanovovala rovnakým spôsobom ako pri nadzemných častiach.

Náhodnému výberu sa následne prispôbili metódy štatistického spracovania dát. Porovnávanie stredných hodnôt v takomto prípade stráca význam, pretože ich veľkosť je ovplyvnená náhodnosťou výberu. Ťažisko hodnotenie bolo na odvodení závislosti veličín a na vzájomnom porovnaní týchto závislostí. Predovšetkým išlo o odvodenie lineárnych závislostí.

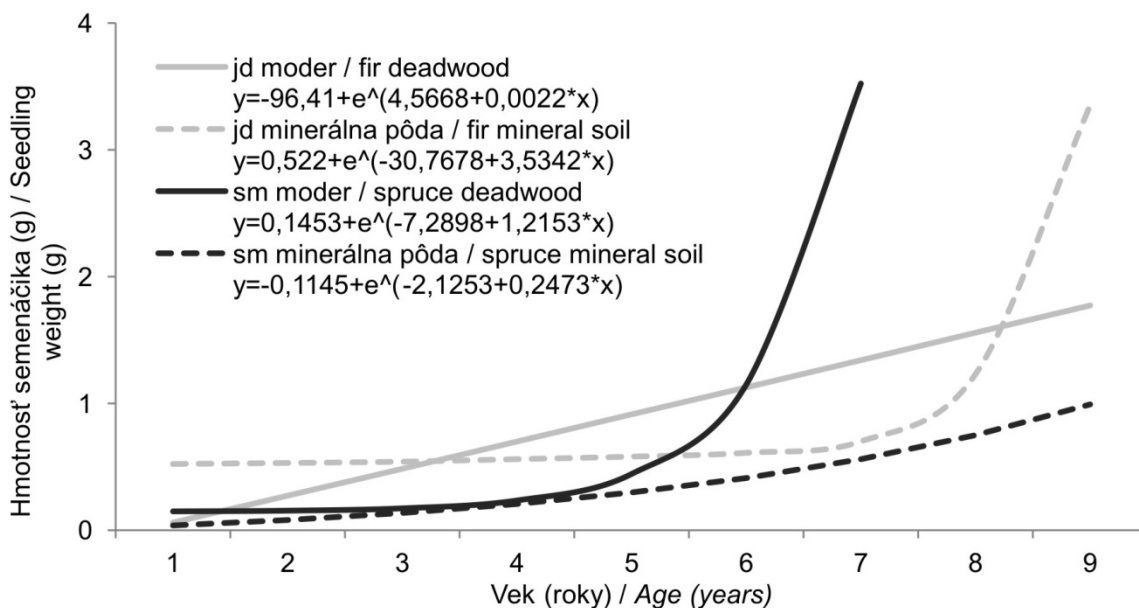
Na vyrovnanie bodových polí empiricky zistených údajov sme použili rovnicu exponenciálnej funkcie v tvare: $y = a + e^{(b+cx)}$

Vplyv stupňa rozkladu moderového dreva na podiel koreňa na celkovej konštantnej hmotnosti sa hodnotil metódou jednofaktorovej analýzy variancie. Významnosť rozdielov pri dvojici výberových priemerov sa testovala Studentovým t-testom, homogenita rozptylov výberových priemerov sa testovala Leveneho testom. Na všetky štatistické výpočty sa použil software Statistica 6.0.

Výsledky a diskusia

Biomasa semenáčikov

Nárast celkovej biomasy smreka a jedle na rôznych substrátoch je diferencovaný podľa rozdielnych substrátov. Z priebehu regresných exponenciálnych kriviek môžeme posudzovať vhodnosť substrátov pre obidve dreviny, ale aj porovnať tempo odrastania obidvoch drevín.



Obr. 1: Priebeh regresných rovníc popisujúcich závislosti váhy semenáčikov od veku podľa drevín a substrátov.

Fig. 1: Regression curves describing relationship between seedling weight and age according to tree species and substrate.

Hmotnosti vo všetkých prípadoch stúpajú pomaly až do veku 5 - 6 rokov (obr. 1). Jedľa na moderovom dreve a smrek na minerálnej pôde si prírastkové tempo udržiavajú až do vyššieho veku (nad 10 rokov). HUNZIKER, BRANG (2005) zistili, že prírastky smreka a jedle v podmienkach horského lesa (južná časť švajčiarskych Álp) s vekom klesajú. Vzťah medzi prírastkom konštantnej hmotnosti a vekom je podľa ich údajov veľmi voľný ($r^2=0,086$ pre jedľu a $0,292$ pre smrek).

Miera ďalšieho prežitia a odrastenia týchto semenáčikov vo výberkovom lese je nízka. Smrek na moderovom dreve je po prežití prvých 5 rokov schopný akcelerovať svoj rast v nasledujúcich vegetačných obdobiach. Podobne sa správa jedľa na minerálnej pôde, aj keď pri nej trvá fáza veľmi pomalého rastu približne o dve vegetačné obdobia dlhšie. Zrýchlenie rastu koreňa z kvantitatívneho hľadiska však zaostáva v porovnaní s nadzemnou časťou približne o jedno vegetačné obdobie.

Morfológia semenáčikov

Morfologické znaky semenáčikov sú odrazom mikrostanovišťa na ktorom rastú. Dostatočná zásoba vody a živín na jednej strane a dostatočný príkon žiarenia sa prejaví vo vonkajšom vzhľade (habite) semenáčikov. Ide tu predovšetkým o základný vzťah nadzemnej a podzemnej časti rastliny. Platí zákonitosť, že na stanovištiach chudobných na minerálne živiny a slnečné žiarenie sa pomer nadzemnej a podzemnej biomasy posúva v prospech podzemných častí (KOZŁOWSKI, PALLARDY 1997; RÖHRIG et al. 2006). Na jednotku hmotnosti asimilačných orgánov potrebuje rastlina na nepriaznivom stanovišti udržiavať väčšiu biomasu koreňov.

Lineárne korelácie majú vo všetkých prípadoch vysokú tesnosť a korelačné koeficienty sa štatisticky významne líšia od nuly. Môžeme teda konštatovať, že na úrovni jednotlivých semenáčikov existuje veľmi úzky vzťah medzi kapacitou asimilačných orgánov a sacou kapacitou ich koreňových systémov (tab. 1).

Tabulka 1: Koeficienty determinácie (r^2) regresných rovníc pre tri základné parametre koreňových systémov jedle a smreka na rôznych substrátoch.

Table 1: Coefficients of determination of three basic fine root system parameters of silver fir and norway spruce saplings on deadwood and mineral soil.

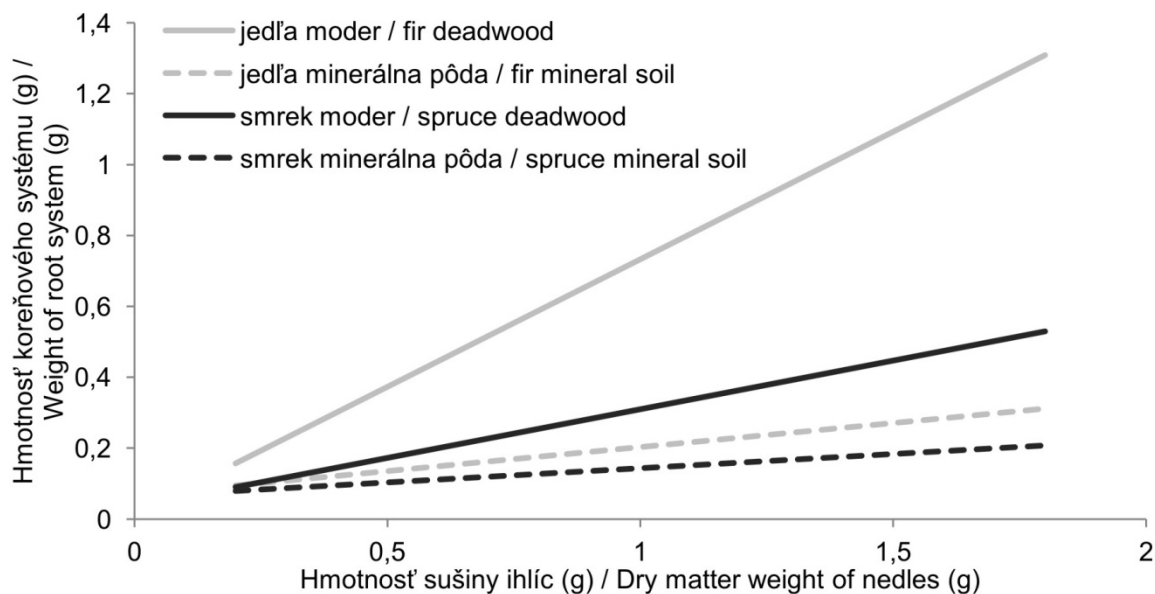
Hodnotené parametre / Valued parameters Koeficient determinácie / Coefficient of determination	Dĺžka / Length r^2	Povrch / Surface r^2	Objem / Volume r^2
Jedľa (moderové drevo) / <i>Fir (deadwood)</i>	0,79	0,85	0,93
Jedľa (minerálna pôda) / <i>Fir (mineral soil)</i>	0,81	0,84	0,73
Smrek (moderové drevo) / <i>Spruce (deadwood)</i>	0,83	0,92	0,94
Smrek (minerálna pôda) / <i>Spruce (mineral soil)</i>	0,43	0,72	0,86

Podľa priebehu priamok na obr. 2 je zrejmé, že najväčšiu biomasu jemných koreňov na jednotku hmotnosti ihlíc si udržiava jedľa na moderovom dreve. Pre jedľu tento substrát nie je typický ani preferovaný. Nedostatočnú zásobu živín znáša zrejme horšie ako smrek, ktorého obnova je v extrémnych prírodných podmienkach na moderové drevo úzko viazaná. Predpokladáme, že smrekové korene sú v porovnaní s jedľou schopné efektívnejšie využiť menej bohatý substrát ako jedľa.

Smrekové semenáčky na moderovom dreve tvoria väčší koreňový systém v porovnaní s minerálnou pôdou. Opäť sa tu prejavuje nižšia zásoba živín a s ňou spojená potrebná vyššia sacia kapacita koreňa.

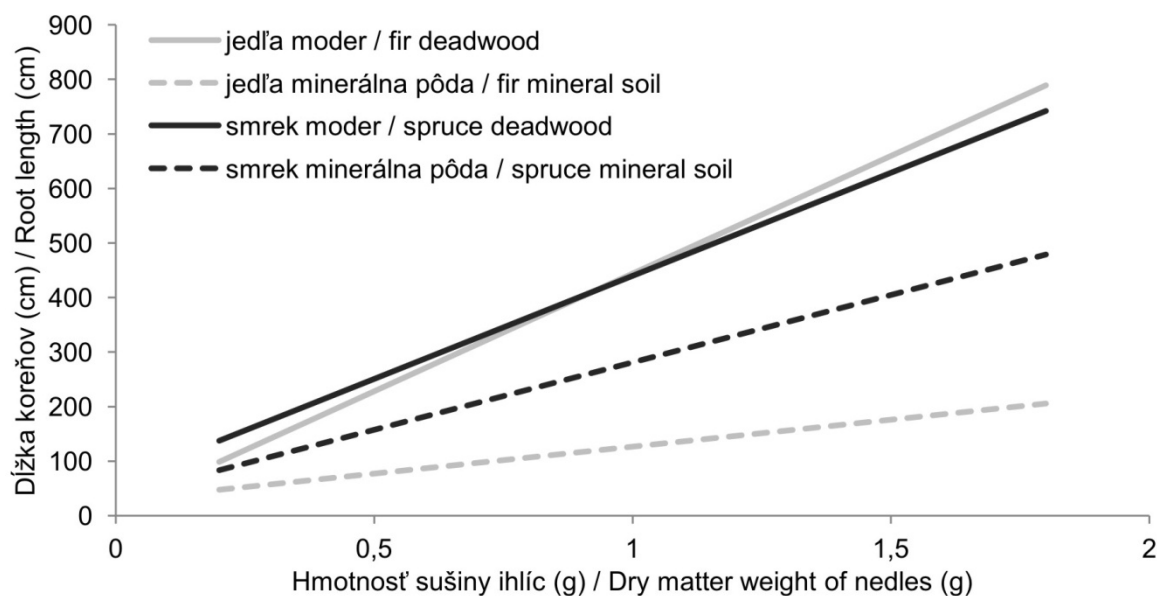
Na minerálnej pôde sa vzťahy asimilačných a podzemných orgánov obidvoch drevín značne podobajú. Dobrá dostupnosť živín Oh resp. A horizontu sa prejavuje v nižších nárokoch na kapacitu koreňového systému a pomer hmotností sušiny ihlíc k sušine koreňov sa pohybuje okolo hodnoty 10 : 1.

Okrem samotnej biomasy jemných koreňov však ich saciu výkonnosť mimoriadne ovplyvňuje aj morfológia jemných koreňov. Z obrázku 2 je vidieť, že napriek rozdielom v biomasách dosahuje jedľa aj smrek na moderovom dreve rovnaké dĺžky koreňov pripadajúce na 1 gram sušiny ihlíc.



Obr. 2: Lineárne závislosti hmotnosti koreňov od hmotnosti sušiny ihlíc.

Fig. 2: Linear relationships between dry matter weight of needles and root biomass of silver fir and norway spruce saplings.



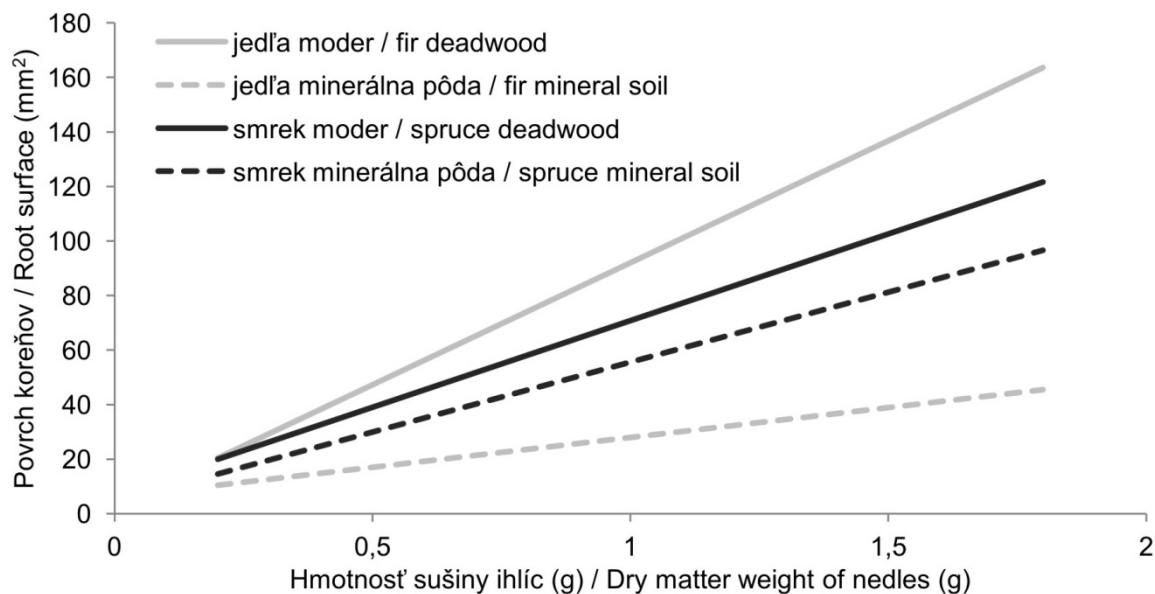
Obr. 3: Lineárne závislosti dĺžky koreňov od hmotnosti sušiny ihlíc.

Fig. 3: Linear relationships between dry matter weight of needles and total root length of silver fir and norway spruce saplings.

Na minerálnej pôde má jedľa najmenšiu dĺžku jemných koreňov pripadajúcu na jednotku sušiny ihlíc. Smrek napriek nižšej biomase koreňov na 1 gram ihlíc dosahuje podstatne väčšie dĺžky a teda je zrejme schopný prekoreniť väčší objem pôdy v porovnaní s jedľou pri porovnateľnej veľkosti semenáčikov.

Kým dĺžka jemných koreňov determinuje veľkosť obsadeného pôdneho priestoru, obsadeného jedným koreňovým systémom, povrch jemných koreňov vypovedá priamo o sacej kapacite. Rozdiely medzi smrekom a jedľou na minerálnej pôde sú z hľadiska povrchu koreňov pripadajúceho na 1 gram sušiny ihlíc porovnateľné ako je to v prípade dĺžky. Väčší rozdiel sa objavuje pri porovnaní jedle a smreka na

substráte moderového dreva. Kým z hľadiska dĺžky sú obidve dreviny viac-menej vyrovnané, z hľadiska povrchu je rozdiel podstatne väčší. Jedľa tvorí na moderovom dreve väčší povrch koreňov a tým je aj rozdiel v povrchu medzi jedľou na minerálnej pôde a jedľou na moderovom dreve väčší (Obr. 4).



Obr. 4: Lineárne závislosti povrchu koreňov od hmotnosti sušiny ihlíc.

Fig. 4: Linear relationships between dry matter weight of needles and total root surface area of silver fir and norway spruce saplings.

PodĎakovanie

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 14-002-00 „Dynamika a disturbančný režim horských smrečín v orografickom celku Nízke Tatry“.

Literatúra

- AMMER, CH., WAGNER, S. Problems and options in modelling fine-root biomass of single mature Norway spruce trees at given points from stand data. *Canadian Journal of Forest Research*, 2002. 32: s. 581-590.
- BOLTE, A., VILLANUEVA, I. Interspecific competition impacts on the morphology and distribution of fine roots in European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *European Journal of Forest Research*, 2006. 125: s. 15-26.
- BORJA, I., NILSEN, P. Long term effect of liming and fertilization on ectomycorrhizal colonization and tree growth in old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Plant and Soil*, 2009. 314: s. 109-119.
- BORKEN, W., KOSSMANN, G., MATZNER, E. Biomass, morphology and nutrient contents of fine roots in four Norway spruce stand. *Plant and Soil*, 2007. 292: s. 79-93.
- BRANG, P. Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps. *Canadian journal of forest research*. 1998. 28: s. 626-639.
- BRUNNER, I., PANNATIER, E. G., FREY, B., RIGLING, A., LANDOLT, W., ZIMMERMANN, S., DOBBERTIN, M. Morphological and physiological responses of Scots pine fine roots to water supply in a dry climatic region in Switzerland. *Tree Physiology*. 2009. 29: s. 541-550.

- CASPER, B.B, JACKSON, R.B. Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1997. 28: s.545-570.
- ČATER, M., ŠIMONČIČ, P. Root distribution of under-planted European beech (*Fagus sylvatica* L.) below the canopy of a mature Norway spruce stand as a function of light. *European Journal of Forest Research*, 2010. 129: s. 531-539.
- HOLEKSA J. Warunki odnowienia świerka a wielkopowierzchniowy rozpad warstwy drzew w karpackim borze górnoreglowym. *In: M. Saniga, P. Jaloviar (eds.) Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska. Lesnicka fakulta Technickej univerzity, Zvolen, 1998. s. 40-54.*
- HOLEKSA, J. Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliches Zentralblatt*, 2001. 120: s. 256-270.
- HUNZIKER, U., BRANG, P. Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest ecology and management* 2005. 210: s. 67-79.
- HUTCHINGS, M.J., JOHN, E.A. Distribution of Roots in Soil, and Root Foraging Activity. *In: De Kroon, H., Wisser, E. (eds) Root Ecology. 2003. s. 32-60.*
- KOZŁOWSKI, T.T., PALLARDY, S.G. Growth control in woody plants, Academic press, San Diego, 1997. 641 s.
- KUCBEL, S., VENCÚRIK, J. Analýza stavu moderového dreva vo vysokohorskom smrekovom lese Nízkych Tatier. *In: Hana Prknová (ed.) Pěstování lesů na počátku 21. století. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 7 s.*
- KUPFERSCHMID, A.D., BUGMANN, H. Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest ecology and management*, 2005. 205: s. 251-265.
- MEINEN, C., HERTEL, D., LEUSCHNER, CH. Biomass and morphology of fine roots in temperate broad-leaved forests differing in tree species diversity: is there evidence of below-ground overyielding? *Oecologia*, 2009. 161: s. 99-111.
- OSTONEN, I., LÖHMUS, K., HELMISAARI, H-S, TRUU, J. Fine root morphological adaptations in Scots pine, Norway spruce and silver birch along a latitudinal gradient in boreal forests, *Tree Physiology*, 2007. 27: s. 1627-1634.
- PAROBEKOVÁ, Z., SANIGA M. Vplyv rôznej drevinovej štruktúry na zásobu a regeneračné procesy výberkového lesa LHC Smolník. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. s. 155-169.*
- REHWALD, B., LEUSCHNER CH. Belowground competition in a broad-leaved temperate mixed forest: pattern analysis and experiments in a four-species stand. *European Journal of Forest Research* 2009. 128: s. 387-398.
- RÖHRIG, E., BARTSCH, N., v. LÜPKE, B. *Waldbau auf ökologischer Grundlage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 2006. 480 s.*
- SANIGA, M., VENCÚRIK, J. Dynamika štruktúry a regeneračných procesov lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia. Technická univerzita vo Zvolene, 2007. s. 14-27.*
- SCHMIDT-VOGT, H. *Die Fichte, Bd. II/3. Paul Parey, Hamburg, Berlin, 1991. 305 s.*
- SCHÖNENBERGER, W. Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures. *Forest ecology and management*, 2001. 145(1-2): s. 121-128.
- SCHÜTZ, J. *Der Plenterbetrieb. ETH Zürich, 1989. 207 s.*
- SCHWINNING, S., WEINER, J. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia*, 1998. 113: s. 447-455.
- VENCÚRIK, J., KUCBEL, S., SNOPOKOVÁ, Z. Štruktúra, rast a klimatická senzitivita prirodzenej obnovy smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) a jedle bielej

(*Abies alba* Mill.) vo výberkových lesoch severozápadných Karpát. Zprávy lesnického výzkumu, 2013. 58(2), s. 123-130.

VORČÁK, J. Štruktúrálna diverzita vybraných horských lesov Oravských Beskýd a Západných Tatier vo väzbe na ich ekologickú stabilitu. Dizertačná práca, 2005, TU Zvolen.

POTENCIÁL A LIMITY PŘIROZENÉ OBNOVY SMÍŠENÉHO LESA V NEPASEČNÉM REŽIMU HOSPODAŘENÍ NA ŠLP KŘTINY

POTENTIAL AND LIMITS OF NATURAL REGENERATION OF MIXED FOREST UNDER UNEVEN-AGED SILVICULTURE

Lumír Dobrovolný

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesa.

Abstract

The goal of this article is to estimate the possibilities and limits of natural regeneration of mixed forest under uneven-aged silviculture on the school forest enterprise of Mendel university. This topic was solved in different type of mixed forest (spruce, spruce-beech, beech) and in different light conditions (under canopy – ISF 15%, gap – ISF 25%, small-scale clear strip – ISF 35%) and in similar site conditions (fertile sites in middle elevation). The highest species diversity (14 species) and density of regeneration were found in the spruce or mixed spruce (beech) type. With increasing proportion of beech in adult stand the diversity and density of coniferous species were decreased rapidly and the beech become to dominate. Beech performed light conditions under the canopy, while the group silver fir-Douglas fir-spruce performed conditions in gaps and the group larch-pine performed clear strips. For the targeted creation of „mosaic“ mixed stands under the uneven-aged management the combination of different silvicultural systems like individual or group selection, irregular shelterwood and group felling is required. It is also necessary to optimize game management, because the wild damaged about 40% of regeneration, mainly silver fir.

Keywords: uneven-aged silviculture, mixed forest, natural regeneration

Abstrakt

Cílem příspěvku je zjistit možnosti přirozené obnovy smíšených porostů na ŠLP Křtiny (živná stanoviště středních poloh) v rámci území s realizovanou koncepcí nepasečného hospodaření. Daná problematika byla řešena ve 3 reprezentativních porostních typech (PT) – smrkový, smíšený, bukový v různých světelných podmínkách (pod porostem – ISF 15 %, v gapech – ISF 25 %, na násečném prvku – ISF 35 %). Nejvyšší druhová diverzita (celkem 14 dřevin) a hustota obnovy byla zaznamenána ve smrkovém, resp. smrko-bukovém PT. Se zvyšujícím se zastoupením buku v mateřském porostu se v obnově výrazně snížila diverzita, hustota i výskyt jehličnatých dřevin a začal dominovat buk. Z hlediska světelných podmínek buk obsadil prostor pod mateřským porostem a jehličnany, vč. jedle byly vázány spíše na porostní mezery či na úmyslné obnovní prvky holosečného charakteru (borovice, modřín). Pro záměrné vytváření „mozaikových“ smíšených porostů (i s účastí světlomilných dřevin) je třeba kombinovat různé hospodářské způsoby od maloplošně pasečných prvků až po jednotlivý či skupinový výběr. Pomístně též bude třeba výchovou redukovat buk ve prospěch přimíšených dřevin. Dále je třeba optimalizovat management se zvěří, která poškodila 40 % analyzované obnovy, především však jedli.

Klíčová slova: nepasečné hospodaření, smíšené porosty, přirozená obnova

Úvod a problematika

Koncepce přírodě blízkého hospodaření v lesích (PBHL) se dnes stala obecně uznávaným nástrojem tzv. adaptačního managementu s cílem dosažení vysokého stupně rezistence a rezilience lesních ekosystémů s ohledem na globální změnu klimatu. Tato koncepce se mimo jiné zakládá na co nejširším využívání přírodních procesů (biologická automatizace), vytváření smíšených porostů a uplatňování výběrných forem hospodaření (PRO SILVA 2012). Právě cílené vytváření smíšených porostů však může být problematické či dokonce v rozporu s ostatními principy PBHL v důsledku rozdílných ekologických nároků a růstové dynamiky zúčastněných dřevin, jež musí lesní hospodář zohlednit. To se týká hlavně světlomilných a polostinných dřevin (často taktéž ekonomicky cenných) jako dub, borovice, modřín či douglaska, jejichž role v PBHL je při nejmenším stále sporná (SCHÜTZ 2011).

Studium této problematiky s výhodou umožňují smíšené lesní porosty na ŠLP Křtiny, které se tradičně vyznačují pestrou dřevinnou skladbou, často s účastí i více jak 5 dřevin v jednom porostu a s vysokým produkčním potenciálem. Typickým příkladem jsou buko-modřínové směsi (KANTOR et al. 2002). Smíšené porosty v historii ŠLP vznikaly nejčastěji kombinovanou obnovou (přirozená – listnáče a jedle, umělá – ostatní jehličnany) zpravidla po velkoplošných clonných sečích, popř. na pruhových holých sečích, tedy v pasečném systému hospodaření (TRUHLÁŘ 1996), který na většině plochy ŠLP přetrvává dodnes.

Od 1. 1. 2013 se na dvou lesnických úsecích ŠLP začala uplatňovat koncepce nepasečného hospodaření v rámci projektu „Dauerwald“, navrhnutá a řízená Ústavem zakládání a pěstění lesů na LDF v Brně. Jako jedno z klíčových provozních a zároveň výzkumných témat, které během dvou let aplikace vykristalizovalo, je právě optimalizace pěstebních postupů ve stávajících dospělých smíšených porostech k dosažení ekonomicky cenných porostních směsí v následné generaci. Daný příspěvek je zaměřený na zjištění potenciálu přirozené obnovy na jednom z úseků - „Borky“ a možnosti jejího usměrňování při tvorbě smíšených porostů.

Metodika

Na základě výsledků provedené statistické provozní inventarizace (SPI) na úseku „Borky“ na ploše 733,8 ha byly dané porosty rozděleny do 3 kategorií - porostních typů (PT): smrkový (26 % plochy), smíšený (48 % plochy), bukový (26 % plochy). Stanovištní a klimatické podmínky zde na ca 75 % plochy reprezentuje HS 44 – bohatá stanoviště středních poloh. Pro výzkum bylo vybráno celkem 6 porostních situací (dospělé porosty), druhovou skladbou rámcově odpovídajících zjištěným PT a převládajícímu HS (Tab. 1). U 4 situací probíhá od počátku obnovy výběr po ploše (V), v rámci kterého přirozená obnova dlouhodobě a spontánně odrůstá pod mateřským porostem, resp. v malých porostních mezerách (ca do 0,04 ha). U 2 situací je aplikována okrajová obnova (N), kde zmlazení odrůstá na vnějším a vnitřním okraji násečného obnovního prvku (pruh ca 20 x 100 m).

V části (nejlépe odpovídající danému PT) každého porostu byla založena 1 TVP 0,5 ha (50 x 100 m), v rámci které byla pomocí rozorů stabilizována bodová síť 5 x 5 m (celkem fixováno 1386 bodů). Na každém bodu sítě na kruhové plošce 5 m² (bod je střed plošky) proběhla inventarizace mikrostanoviště, porostních a světelných podmínek, přirozené obnovy a bylinné vegetace. Vstupní data pro účely tohoto článku byla následující: obnova – dřevina, hustota (N.ha⁻¹), výšková kategorie (vše, pod 50 cm, nad 50 cm), poškození zvěří (% z počtu jedinců dané dřeviny na plošce); bylinná vegetace – celková pokrývnost, dominantanta; světelné podmínky – ISF (% difúzní radiace pod porostem) – zjištěno vyhodnocením hemisférických fotografií v programu WinsCanopy Pro 2012.

Tabulka 1: Porostní charakteristiky (LHP 2013-2022)**Table: 1** Stand characteristics (forest management plan 2013-2022)

Porost stand	CHS typology unit	Věk age	Zastoupení species composition	PT species type	obnovní metoda / hospodářský způsob silvicultural system
106C11	45	106	SM78,BO15,BK5,MD2	smrkový spruce	(N) okrajová / násečný border cut
154C11	45	102	SM89,MD4,BK3,BO3,DG1	smrkový spruce	(V) výběr / maloplošně podrostní až výběrný irregular shelterwood and selection
106D11	45	106	SM68,BO12,BK10,MD10	smíšenýSM(BK) mixed with spruce (beech)	(N) okrajová / násečný border cut
144C	45	-	SM45,MD32,BK14,BO5, DG4,JD,HB,DBZ	smíšenýSM(BK) mixed with spruce (beech)	(V) výběr / výběrný selection
144B	45	-	BK50,SM30,MD15,JD2,BO2, DBZ1,HB,KL	smíšenýBK(SM) mixed with beech (spruce)	(V) výběr / výběrný selection
160C12	45	118	BK57,MD25,SM10,DBZ5,BO3	bukový beech	(V) výběr / maloplošně podrostní až výběrný irregular shelterwood and selection

SM – spruce, BO – pine, MD-larch, DG – Douglas fir, JD – silver fir, BK – beech, DBZ – oak, HB – hornbeam, KL - maple

Výsledky

Nejvyšší druhová diverzita (celkem 10 cílových dřevin a 4 pionýrské) a celková hustota zmlazení byly zaznamenány ve smrkovém porostním typu (PT) (Tab. 2, 3). Směrem k bukovému PT je zřetelný výrazný úbytek jehličnaté složky i pionýrských dřevin, mimo jeřábu, jehož výskyt byl ve všech PT relativně stálý. To se projevilo postupným snižováním diverzity i celkové hustoty. Směrem k bukovému PT naopak výrazně posiluje hustota a četnost výskytu hlavně buku a ostatních přimíšených listnáčů (Tab. 2, 3). Zde je zajímavá účast cenných listnáčů – dubu (s poměrně stálým výskytem), javoru klene a třešně, jejichž mateřské stromy na VP chybí, popř. se vyskytují velmi vzácně mimo VP. Ve výškové třídě nad 50 cm se poměrně velká část jedinců zmlazení nacházela pouze u buku a douglasky, zatímco u ostatních dřevin převažovala výška do 50 cm (Tab. 4).

Realizovaná obnovní metoda ve smrkovém PT měla vliv na celkovou diverzitu u násečné formy (N), avšak neměla vliv na celkovou hustotu zmlazení ani na hustotu a výskyt zmlazení smrku a překvapivě ani modřínu (Tab. 2). U (N) v porovnání s výběrem (V), byla dále zaznamenána vyšší hustota a výskyt borovice a překvapivě i jedle a naopak nižší hustota a výskyt buku a douglasky (Tab. 2, 3). Výškový růst hlavních dřevin byl u obou obnovních metod překvapivě obdobný (Tab. 4). U PT smíšenéhoSM(BK) se metoda (N) vyznačovala vyšší celkovou hustotou a četností výskytu hlavně smrku a buku a dále pak modřínu a borovice (Tab. 2, 3). U metody (V) naopak byla zjištěna vyšší hustota a četnější výskyt u douglasky a jedle. Očekávaný efekt příznivějšího odrůstání zmlazení u metody (N) se zde potvrdil pouze u modřínu (Tab. 4).

Tabulka 2: Druhová skladba a hustota zmlazení ($N \cdot ha^{-1}$) na jednotlivých porostních situacích (N - okrajová, V – výběr).

Table 2: Species diversity and density of regeneration ($N \cdot ha^{-1}$) according to the stand type (N – border cut, V – selection and irregular shelterwood)

	smrkový (N) <i>spruce</i>	smrkový (V) <i>spruce</i>	smíšenýSM(BK) (N) <i>mixed spruce (beech)</i>	smíšenýSM(BK) (V) <i>mixed spruce (beech)</i>	smíšenýBK(SM) (V) <i>mixed beech (spruce)</i>	bukový (V) <i>beech</i>
SM	49645.0	51705.6	24207.8	12432.9	86.6	458.9
DG	103.9	406.9	77.9	450.2	0.0	0.0
JD	684.0	8.7	121.2	337.7	26.0	8.7
BO	2199.1	441.6	129.9	77.9	0.0	0.0
MD	606.1	571.4	813.9	164.5	0.0	0.0
BK	2735.9	3662.3	12415.6	8233.8	13316.0	17904.8
DB	8.7	26.0	69.3	95.2	26.0	34.6
HB	26.0	17.3	26.0	34.6	190.5	34.6
KL	60.6	0.0	0.0	0.0	173.2	51.9
JS	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	138.5
TR	8.7	0.0	0.0	26.0	26	0.0
cílové dř. - počet druhů <i>target tree species - number</i>	10	8	8	9	8	7
cílové dř. - hustota <i>target tree species - density</i>	56077.9	56839.8	37861.5	21852.8	13852.8	18632.0
BR	43.3	86.6	17.3	0.0	0.0	0.0
JR	147.2	43.3	17.3	129.9	77.9	26.0
OS	17.3	8.7	0.0	8.7	0.0	0.0
VR	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
všechny dř. - počet druhů <i>all tree species - number</i>	14	11	10	11	9	8
všechny dř. - hustota <i>all tree species - density</i>	56329.0	56978.4	37896.1	21991.3	13930.8	18658.0

SM – spruce, BO – pine, MD - larch, DG – Douglas fir, JD – silver fir, BK – beech, DB – oak, HB – hornbeam, KL – maple, JS – ash, TR – cherry, BR – birch, JR – rowan, OS – aspen, VR - willow

Tabulka 3: Četnost výskytu dřevin (v %, 231 plošek = 100 %) na jednotlivých porostních situacích (N - okrajová, V – výběr).

Table 3: Occurrence of tree species (%) according to the stand type (N – border cut, V – selection and irregular shelterwood)

	smrkový (N) spruce	smrkový (V) spruce	smíšenýSM(BK) (N) mixed spruce (beech)	smíšenýSM(BK) (V) mixed spruce (beech)	smíšenýBK(SM) (V) mixed beech (spruce)	bukový (V) beech
SM	80.5	76.2	70.1	57.1	3.9	11.7
DG	5.2	16.0	3.9	13.0	0.0	0.0
JD	26.4	0.4	6.1	13.9	1.3	0.4
BO	32.9	13.4	5.6	3.0	0.0	0.0
MD	16.5	12.6	17.7	5.2	0.0	0.0
BK	33.3	52.8	87.9	68.4	90.5	85.7
DB	0.4	0.9	2.2	3.0	1.3	1.7
HB	0.9	0.9	1.3	1.7	5.2	1.7
KL	2.2	0.0	0.0	0.0	7.8	2.2
JS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	6.5
TR	0.4	0.0	0.0	1.3	1.3	0.0
BR	2.2	3.0	0.9	0.0	0.0	0.0
JR	3.9	2.2	0.9	4.3	3.0	0.9
OS	0.9	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
VR	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SM – spruce, BO – pine, MD - larch, DG – Douglas fir, JD – silver fir, BK – beech, DB – oak, HB – hornbeam, KL – maple, JS – ash, TR – cherry, BR – birch, JR – rowan, OS – aspen, VR - willow

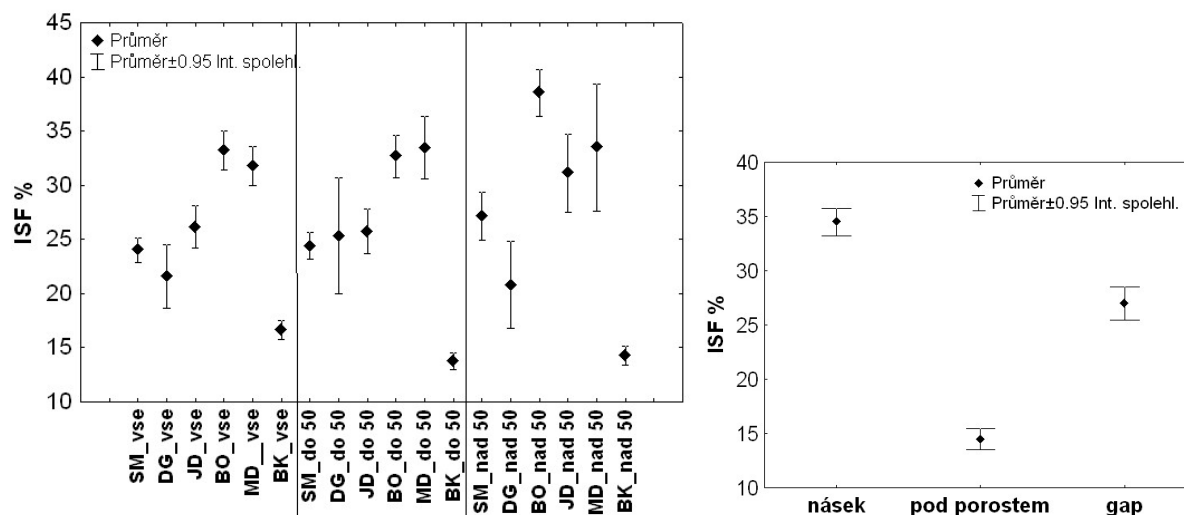
Tabulka 4: Podíl výškových tříd (do 50 cm; nad 50 cm) (v %) z výskytu dané dřeviny (viz. Tab. 3) na jednotlivých porostních situacích (N - okrajová, V – výběr).

Table 4: Occurrence of tree species (%) according to the stand type and height classes (up to 50 cm; above 50 cm; N – border cut, V – selection and irregular shelterwood)

	smrkový (N) spruce	smrkový (V) spruce	smíšenýSM(BK) (N) mixed spruce (beech)	smíšenýSM(BK) (V) mixed spruce (beech)	smíšenýBK(SM) (V) mixed beech (spruce)	bukový (V) beech
SM < 50	82	88	79	61	50	100
SM_nad 50	18	12	21	39	50	0
DG < 50	50	37	50	20	0	0
DG_nad 50	50	63	50	80	0	0
JD < 50	94	100	100	94	100	100
JD > 50	6	0	0	6	0	0
BO < 50	72	92	93	100	0	0
BO > 50	28	8	7	0	0	0
MD < 50	70	65	40	62	0	0
MD > 50	30	35	60	38	0	0
BK < 50	59	59	46	48	48	48
BK > 50	41	41	54	52	52	52

SM – spruce, BO – pine, MD - larch, DG – Douglas fir, JD – silver fir, BK – beech

Na základě výskytu zmlazení jednotlivých dřevin a příslušných světelných poměrů byly sestaveny valence světelných nároků, podle kterých lze vylišit 3 skupiny dřevin (Obr. 1): sk. 1: buk (ISF okolo 15 %); sk.2: douglaska – smrk – jedle (ISF okolo 25 %); sk. 3: modřín – borovice (ISF okolo 35 %). Tyto skupiny pak lze vztáhnout k následujícím světelným porostním podmínkám, resp. k obnovním metodám (Obr. 1): sk. 1 - pod mateřským porostem; sk. 2 – v porostních mezerách- „gapech“ (ca 0,01-0,04 ha); sk. 3 – násek (do 0,2 ha).



Obr. 1: Světelné nároky jednotlivých dřevin ve výškových třídách (všechny třídy; do 50 cm; nad 50 cm) a světelná charakteristika obnovních metod.

Fig. 1: Light adaptability of tree species (all; up to 50 cm; above 50 cm) and light conditions according to the different regeneration felling (border, under canopy, gap)

Poškození zmlazení zvěří se na PT pohybuje okolo 40 % (Tab. 5). Nejvíce poškozovanou dřevinou byl jeřáb, z cílových dřevin potom jedle a douglaska. Poměrně nízké poškození smrku a buku bylo srovnatelné. Pokryvnost bylinnou vegetací byla dle očekávání nejvyšší na násečných formách (Tab. 6). Směrem k bukovému PT druhová diverzita a celková pokryvnost výrazně klesají, mění se též druhové spektrum.

Tabulka 5: Průměrný podíl jedinců zmlazení poškozených zvěří (v %)**Table 5:** Share of regeneration damaged by wild (%)

	smrkový (N) <i>spruce</i>	smrkový (V) <i>spruce</i>	smíšenýSM(BK) (N) <i>mixed – spruce (beech)</i>	smíšenýBK(SM) (V) <i>mixed – beech (spruce)</i>	bukový (V) <i>beech</i>	Ø
SM	6.8	4.5	10.7	12.0	37.7	14,3
DG	50.0	33.8	33.3			39,1
JD	56.3	0.0	71.4	76.7	100.0	60,9
BO	27.7	48.6	26.7			34,3
MD	17.1	12.0	16.7			15,3
BK	20.7	13.9	8.5	15.3	6.5	13,0
HB	66.7	50.0	33.3	52.3	25.0	45,5
KL	0.0			44.5	0.0	14,8
TR	100.0			40.0		70,0
BR	20.0	90.0	50.0			53,3
JR	100.0	60.0	100.0	66.7	100.0	85,3
OS	0.0	0.0				0,0
Ø	38,8	31,3	39,0	43,9	44,9	

SM – spruce, BO – pine, MD – larch, DG – Douglas fir, JD – silver fir, BK – beech, DB – oak, HB – hornbeam, KL – maple, JS – ash, TR – cherry, BR – birch, JR – rowan, OS – aspen, VR – willow

Tabulka 6: Průměrná celková pokryvnost bylinného patra (v %)**Table 6:** Average cover of herb vegetation (%) according to the stand type (N – border cut, V – selection and irregular shelterwood)

	smrkový (N) <i>spruce</i>	smrkový (V) <i>spruce</i>	smíšenýSM(BK) (N) <i>mixed spruce (beech)</i>	smíšenýSM(BK) (V) <i>mixed spruce (beech)</i>	smíšenýBK(SM) (V) <i>mixed beech (spruce)</i>	bukový (V) <i>beech</i>
pokryvnost cover %	25.3	8.6	34.5	14.8	4.7	1.5
dominantní druhy dominant species	<i>Calamagrostis, Rubus, Luzula, Oxalis</i>	<i>Calamagrostis, Luzula, Juncus</i>	<i>Calamagrostis, Rubus, Oxalis,</i>	<i>Rubus, Oxalis, Melica, Luzula</i>	<i>Oxalis, Impatiens</i>	<i>Carex, Galium</i>

Diskuze a závěr

Pro hospodářské využití nově vznikajících smíšených porostů na ŠLP je v přirozené obnově klíčová účast jehličnatých dřevin (zejm. smrk, modřín, douglaska a jedle) a cenných listnáčů (např. dub, klen, třešeň). Významná účast buku je v současné době v daných přírodních podmínkách brána jako zcela automatická a lehce dosažitelná ve všech porostních typech, avšak do budoucna z ekonomického hlediska problematická.

Výsledky provedeného výzkumu prokázaly ve všech případech vysoký potenciál přirozené obnovy všech výše zmiňovaných dřevin. Struktura přirozené obnovy a její provozně nejvýznamnější parametry, tzn. dřevinná skladba, hustota a četnost výskytu byly na prakticky totožných stanovištích ovlivněny jednak porostními, resp. půdními podmínkami, jednak zvolenou obnovní metodou, resp. světelnými podmínkami. Obnova, ve smyslu výše zmíněného, nejlépe probíhala ve smrkovém (jehličnatém), popř. smrko - bukovém porostním typu. Se zvyšujícím se zastoupením buku v mateřském porostu se snižovala druhová diverzita obnovy, nejvýrazněji hlavně u jehličnanů a naopak zvyšovala se hustota a četnost výskytu buku. Již při

zastoupení buku v mateřském porostu okolo 10 % je patrný úbytek jehličnanů v obnově a při zastoupení okolo 50 % jehličnany již prakticky chybí, popř. se neprosadí. Ve všech porostních situacích buk oproti ostatním dřevinám rovněž prokázal spolehlivý výškový růst, což pravděpodobně také souvisí s jeho nízkým poškozováním zvěří, např. v porovnání s jedlí.

Z hlediska světelných nároků zúčastněných dřevin buk efektivně obsadil prostor pod mateřským porostem ať už jednotlivě (obrostlíci v jehličnatém PT) či skupinově (skupiny v bukovém PT). Jehličnany, vč. jedle jsou pak spíše vázány na porostní mezery např. po nahodilých těžbách či na úmyslné obnovní prvky holosečného charakteru. Specifické místo mezi bukem a smrkem zaujímá douglaska s poměrně širokou světelnou valencí. Lze tedy konstatovat, že obnova pod porostem, tj. podrostní či výběrné formy hospodaření, v daných přírodních podporuje obnovu buku. Kombinace s prostorově i časově nepravidelnou maloplošně pasečnou (modřín, borovice) či skupinovitě výběrnou (smrk, douglaska, jedle) formou obnovy se naopak ukázala jako vhodné řešení pro tvorbu „mozaikových“ (viz. SANIGA 2007) smíšených porostů. Tento pěstební systém je plně v souladu s Möllerovým pojetím „Dauerwaldu“ (KRUTZSCH 1956) i s principy Pro Silva a s aktuálními trendy v pěstění lesů.

K dalším faktorům, které negativně ovlivňují vznik a vývoj smíšených porostů, patří bezesporu zvěř. Téměř třetina obnovy byla poškozena zvěří, přičemž nejhorší situace je u jedle. Buřeň nezpůsobila větší problémy při obnově pod porostem. U násečné formy je třeba věnovat tomuto faktoru s ohledem na dané stanovištní podmínky náležitou pozornost.

Buk má v daných přírodních podmínkách růstové optimum a jeho schopnost kompetičně vyřazovat ostatní, zejm. jehličnaté dřeviny a vytvářet stejnorodé porosty je velmi silná. Navíc není příliš poškozovaný zvěří. To vše velmi znesnadňuje vytváření smíšených porostů přirozenou cestou, zejm. v koncepci nepasečného hospodaření, kdy převládá obnova pod porostem. Pro další plánování a realizaci hospodářských opatření v rámci projektu „Dauerwald“ na ŠLP Křtiny v CHS 45 vyplývají na základě dosavadních poznatků následující doporučení:

- Tvorbu smíšených porostů přirozenou obnovou s účastí jehličnatých (vč. světlomilných) dřevin orientovat hlavně do jehličnatých či smíšených porostních typů. Pomístně však bude nutné výchovou regulovat zastoupení buku či odstraňovat jednotlivé bukové obrostlíky.
- V převážně bukových porostech vytvářet směsi uvolňováním vtroušených cenných listnáčů v nárostech a mlazinách (dub, klen, třešeň); ověřit též možnost vnášení jehličnaté příměsi uměle, popř. otestovat potenciál mechanického zranění půdy pro nálet jehličnanů.
- Pro záměrné vytváření smíšených porostů s účastí světlomilných dřevin je třeba kombinovat různé hospodářské způsoby od maloplošně pasečných prvků s nepravidelným (mozaikovým) uspořádáním až po jednotlivý výběr dle konkrétních stanovištních a porostních podmínek.
- Optimalizovat management se zvěří, zejm. s ohledem pro podporu jedle a cenných listnáčů v obnově.
- Sledování a hodnocení dalšího vývoje směsi zejm. s účastí světlomilných dřevin na maloplošných prvcích bude vyžadovat delší časové období.

Poděkování

Vypracováno v rámci projektů IGA 84/2013, KUS QJ1230330.

Literatura

- KANTOR, P., KLÍMA, S., KNOTT, R., JELÍNEK, P., MARTINÍK, A. Produkční potenciál a stabilita smíšených lesních porostů. Brno, 2002. 86 s.
- KRUTZSCH, H. Vytváranie lesa. SVPL, Bratislava, 1956. 151 s.
- PRO SILVA. Pro Silva Principles, 2012. 66 s.
- SANIGA, M. Pestovanie lesa. Zvolen, 2007. 310 s.
- SCHÜTZ, J.P. Výběrné hospodářství a jeho různé formy. Les. práce, 2011. 159 s.
- TRUHLÁŘ, J. Pěstování lesů v biologickém pojetí. Křtiny, 1996. 128 s.

PRODUKČNÍ UKAZATELE A EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST HOSPODAŘENÍ PŘI UPLATNĚNÍ PŘÍPRAVNÉHO (BŘEZOVÉHO) POROSTU NA ŽIVNÉM STANOVIŠTI STŘEDNÍCH POLOH

PRODUCTION PARAMETERS AND ECONOMIC EFFICIENCY OF FOREST MANAGEMENT WITH PIONEER (BIRCH) STANDS ON RICH SOIL IN THE MIDDLE ALTITUDE

Antonín Martiník, Vlastimil Vala*

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, *Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky; Zemědělská 3, 613 00 Brno

Abstract

The paper deals with production parameters and economic efficiency of silviculture treatments working with preparatory (pioneer) stands. Compared are these variants: A) planting target species on clear-cut; B) planting target species after preparatory stands; C) underplanting of target species. A pioneer tree is birch established by sowing, target species are beech and spruce. The comparison was made on rich soil in the middle altitude. The highest annual cut - 9.25 m³/ha was detected for the variant A. Lower volume was found for variants B – 9.16 m³/ha/year and C – 9.04 m³/ha/year. The annuities for variants were following: 7 396 CZK/ha - B variant, 6 504 CZK/ha - A variant, 6 182 CZK/ha - C variant. The return of cost was the highest for the variant B – 0.83 CZK/ha, followed by variant C - 0.79 CZK/ha. The lowest volume was assessed for the A variant 0.77 CZK/ha. The advantageous of economic parameters of variants B and C are due to lower cost for operations of forest establishment.

Keywords: forest regeneration, pioneer stands, underplanting, production, economy

Abstrakt

Článek se zabývá produkčními parametry a ekonomickými efekty pěstebních postupů využívajících přípravné porosty po kalamitách. Srovnávány jsou tyto varianty: A) výsadba cílovými dřevinami na holinu; B) výsadba cílových dřevin po přípravném porostu; C) podsadba cílových dřevin pod přípravný porost. Přípravnou dřevinou je bříza založená sítí, cílovými dřevinami jsou buk a smrk. Šetření byla prováděna pro živná stanoviště středních poloh. Nejvyšší celková roční výše těžeb - 9,25 m³/ha u varianty A, následovala varianta B - 9,16 m³/ha/rok a varianta C - 9,04 m³/ha/rok. Roční renta byla pro jednotlivé varianty následující: A - 6 504; B - 7 396; C - 6 182 Kč/ha. Rentabilita nákladů byla nejlepší u varianty B 0,83, následovala varianta C 0,79 a varianta A 0,77. Výhodné ekonomické ukazatele variant s přípravným porostem jsou z důvodu ušetřených nákladů na zajištění porostu.

Klíčová slova: obnova lesa, přípravné porosty, podsadba, produkce, ekonomika

Úvod a problematika

Lesní hospodářství, resp. lesnictví je dynamickým oborem, který musí reagovat na měnící se přírodní i celospolečenské podmínky (TESAŘ 2001). Vyrůstající podíl nahodilých těžeb, a tedy kalamitních událostí (SIMANOV 2013), stejně jako probíhající klimatické změny (KULLA, SITKOVÁ 2012), vedou k nutnosti revidovat zaběhlé pěstební a hospodářsko-úpravnické postupy (MRKVA 2009 a, b). Východiskem pro předcházení a eliminaci dopadů probíhajících změn jsou různověké bohatě strukturované porosty (KULLA, SITKOVÁ 2012).

V existujících porostech je prostředkem k dosažení tohoto stavu strukturovaná probírka a selektivní těžba (KORPEL, SANIGA 1993; SINGER 2014). V případě vzniklých holin lze k těmto přírodně bližším postupům řadit širší využívání sukcese, přípravné (pionýrské) dřeviny a neceloplošnou obnovu (SANIGA, BRUCHÁRNÍK 2009; SINGER 2014). Přesto, nebo spíše právě proto, že pionýrské dřeviny rostou v mládí rychle, bylo o nich uvažováno především v souvislosti s imisní kalamitou, a to jako o dřevinách dočasných s funkcí krycí nebo meliorační (CHROUST, LOKVENC 1987;

KANTOR, ŠACH 1988). O produkčním využití přípravných dřevin se uvažovalo pouze okrajově (JIRGLE, TICHÝ 1981; TESAR 2011).

Aktuálním problémem obnovy lesa současnosti jsou rozsáhlé holiny a řediny vznikající v oblasti chřadnoucích smrčín. Kromě rychlé a úspěšné obnovy lesa na těchto holinách je diskutována také vhodná dřevinná skladba za usychající smrk (ŠRÁMEK et al. 2008; ANONYMUS 2014, 2015). Výsadba cílových především listnatých dřevin na holinu přitom skýtá řadu problému související jak s obnovou lesa, tak s následnou produkcí (KOŠULIČ 2008; KULLA, SITKOVÁ 2012; MARTINÍK et al. 2014).

Cílem předkládaného příspěvku je porovnat produkci a rentabilitu různých variant obnovy lesa po kalamitě při „prvním obmýtí“. Srovnávány jsou tyto varianty: A) výsadba cílových dřevin na holinu B) obnova cílovými dřevinami po přípravném březovém porostu C) obnova cílovými dřevinami formou podsadby do přípravného porostu.

Materiál a metodika

Východiskem experimentu byla TVP „Tipeček“, resp. varianta síje a výsadba založená v r. 2010 po větrné kalamitě Antonín (DOBROVOLNÝ et al. 2011; MARTINÍK 2014). Bonita posuzovaných dřevin byla zjištěna dle růstu dřevin na ploše a v jejím bezprostředním okolí. Dosažitelná produkce byla odvozena z platných tabulek (ANONYMUS ND.; ČERNÝ, PAŘEZ 1998). Pěstební činnosti a ekonomické kalkulace byly odvozeny pro konkrétní stanoviště a dřeviny dle dosavadních poznatků (MARTINÍK et al. 2014), provozních zkušeností a dále dle platné legislativy (vyhl. 84). Zdrojem dat pro ekonomické kalkulace byly: SIMANOV (2004) - sortimentace; ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2013) - ceny sortimentů dříví; VALA, PECHÁČEK (2014) - náklady výkonů.

Specifikace jednotlivých variant:

Varianta A

Základní údaje:

Holina - připravená plocha pro sadbu.

Bonita budoucích porostů (RVB): smrk 4, buk 4.

Schéma modelu:

- Řadová výsadba SM (4 tis./ha) a BK (9 tis./ha), 2 ř. SM, 2 ř. BK, bez oplocení.
- Péče o založenou kulturu.
- Výchova porostů (prořezávka a probírky).
- Těžba obnovní - jednorázově ve 100 letech.
- Příprava pro další obnovní cyklus - úklid klestu, příprava pro obnovu.
- Produkční cyklus 100 let.

Varianta B

Základní údaje:

Holina - připravená plocha pro síji.

Bonita budoucích porostů (RVB): smrk 4, buk 4, bříza 1.

Schéma modelu:

- Založení přípravného porostu břízy síjí bez oplocení
1 rok: Inicie (založení) přípravného porostu síjí břízou na ploše připravené pro obnovu.
4 rok: vylepšení osikou v porostních mezerách (200 ks/ha), kde byla obnova břízou neúspěšná, slabá celoplošná prostřihávka v březovém porostu.

- Fázová výsadba cílových dřevin po těžbě porostu dřeviny přípravné podle následujícího schématu:

9 rok: celoplošný výchovný zásah; rozčlenění porostu (linky L 4 a L 2 – viz obr. 1). Plocha linek 0,12 ha, prodej vytěženého dříví (palivo).

13 rok: odtěžení přípravného porostu na $\frac{1}{4}$ produkční plochy (0,22 ha; 2×22×50m) a výsadba buku (BK 13 – viz obr. 1), výchovný zásah na zbylé části porostu (0,66 ha); prodej vytěženého dříví (palivo), příprava plochy pro obnovu.

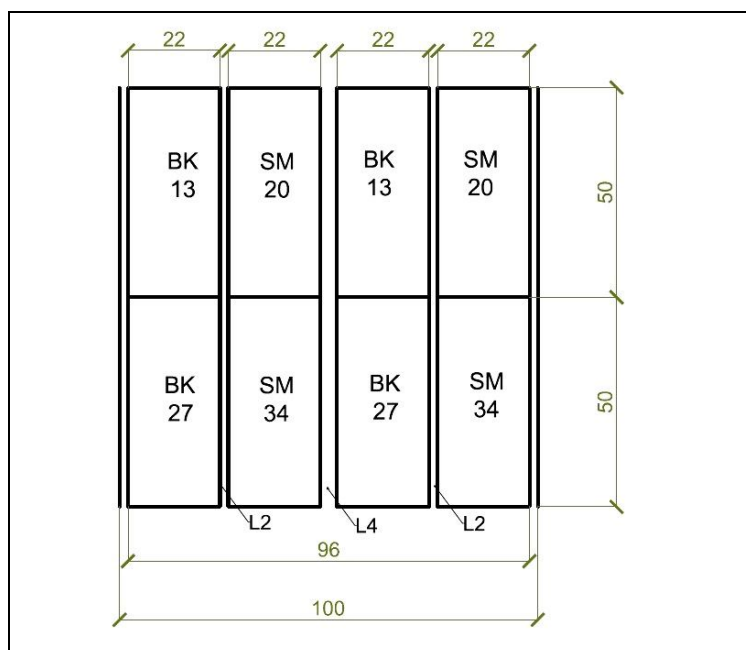
20 let: odtěžení přípravného porostu na $\frac{1}{4}$ produkční plochy (0,22 ha; 2 × 22 × 50m) a výsadba smrku (SM 20 – viz obr. 1), výchovný zásah na zbylé části porostu (0,44 ha); prodej vytěženého dříví (palivo), příprava plochy pro obnovu.

27 let: odtěžení přípravného porostu na $\frac{1}{4}$ produkční plochy (0,22 ha; 2 × 22 × 50m) a výsadba buku (BK 27 – viz obr. 1), výchovný zásah na zbylé části porostu (0,22 ha); prodej vytěženého dříví (palivo), příprava plochy pro obnovu.

34 let: odtěžení přípravného porostu na poslední $\frac{1}{4}$ produkční plochy (0,22 ha; 2 × 22 × 50m) a výsadba smrku (SM 34 – viz obr. 1), prodej vytěženého dříví (palivo), příprava plochy pro obnovu.
- Vývoj porostů založených na holinách po těžbě břízy

Buk založený na holinách po těžbě břízy ve 13 a 27 letech řadovou výsadbou BK 9 tis./ha. Bez oplocení. Péče o založenou kulturu BK. Výchova porostů (prořezávka a probírky). Těžba obnovní - jednorázově ve 100 letech. Příprava pro další obnovní cyklus - úklid klestu, příprava pro obnovu pro další cyklus. Produkční cyklus obnovy s přípravnou dřevinou 112 a 126 let.

Smrk založený na holinách po těžbě břízy ve 20 a 34 letech řadovou výsadbou SM 4 tis./ha. Bez oplocení. Péče o založenou kulturu. Výchova porostů (prořezávka a probírky). Těžba obnovní - jednorázově ve 100 letech. Příprava pro další obnovní cyklus - úklid klestu, příprava pro obnovu pro další cyklus. Produkční cyklus obnovy s přípravnou dřevinou 119 a 133 let.



Obr. 1: Varianta B - postup fázové obnovy, výsadba cílových dřevin po porostu přípravném (BK – buk, SM – smrk, číslovky označují metry).

Fig. 2: Variant B - Procedure of phase regeneration, planting of target species after preparatory stands (BK – beech; SM – spruce; numbers - meters)

Varianta C

Základní údaje:

Holina - připravená plocha pro síjí.

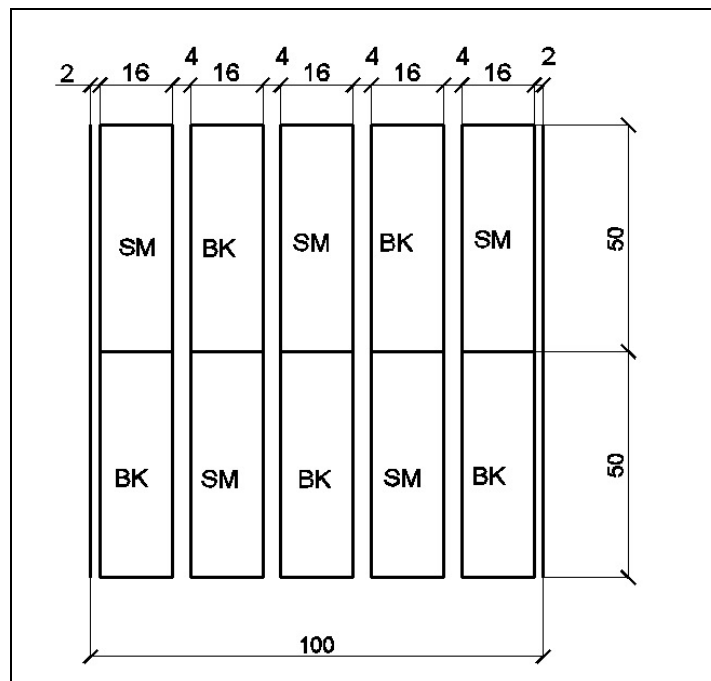
Bonita budoucích porostů (RVB): smrk 4, buk 4, bříza 1.

Schéma modelu:

- Založení přípravného porostu břízy síjí bez oplocení
1rok: Iniacie (založení) přípravného porostu síjí břízou na ploše připravené pro obnovu.
4 rok: vylepšení osikou v porostních mezerách (200 ks/ha), kde byla obnova břízou neúspěšná, slabá celoplošná prostřihávka v březovém porostu.
9 rok: celoplošný výchovný zásah (prořezávka současně s rozčleněním porostu; dříví ponecháno v porostu).
13 - 15 rok: celoplošný výchovný zásah (prořezávka s těžbou hroubí 10 % intenzita); prodej vytěženého dříví (palivo).
20 rok: redukce zakmenění těžbou v přípravném porostu na hodnotu 0,7; vytvoření 10 pracovních polí o velikosti 50 × 16 m a sítě vyklizovacích linek (obr. 2), prodej vytěženého dříví (palivo), úklid klestu, prodej klestu, příprava plochy pro podsadbu, jednorázová podsadba cílovými dřevinami.
27 let: prosvětlení přípravného porostu těžbou na polovinu dosavadního zápoje (cílová hodnota 0,3 – 0,4). Prodej vytěženého dříví (palivo), úklid klestu z plochy podsadeb, prodej klestu.
35 let: dotěžení přípravného březového porostu, prodej vytěženého dříví (palivo), úklid klestu z podsadeb, prodej klestu.
- Jednorázová podsadba cílovými dřevinami ve věku přípravného porostu 20 let (obr. 2) a vývoj založených porostů probíhaly dle následujícího schématu:

Plošná podsadba buku (4000 m²) na 5 pracovních polí (5 × 800 m²) a smrku (4000 m²) na 5 pracovních polí (5 × 800 m²) bez oplocení. Péče o založenou kulturu vzniklou podsadbou. Výchova porostů (prořezávky a probírky). Těžba obnovní – jednorázově, ve 100 letech. Příprava ploch pro další obnovní cyklus – úklid klestu, příprava ploch pro obnovu.

Produkční cyklus 119 let.



Obr. 2: Varianta C - prostorové uspořádání podsadby (BK – buk; SM – smrk; číslivky označují metry).
Fig. 2: Variant C - space distribution of underplanting (BK – beech; SM – spruce; numbers - meters)

Výsledky a diskuze

Celková nejvyšší dosažená hektarová produkce za výrobní cyklus 1123 m³/ha byla zjištěna pro variantu B. V případě varianty C byla celková produkce ve výši 1076 m³/ha. Nejmenší celková produkce 925 m³/ha byla zjištěna pro variantu A.

Nicméně délka pěstebního cyklu byla nejkratší právě u varianty A. Celkovou průměrnou roční těžbu tak lze očekávat největší u intenzivně pěstovaného porostu cílových dřevin na holině - 9,25 m³/ha/rok. V případě variant pracujících s porostem přípravným byla celková roční těžba nižší, když dosahovala pro variantu B 9,16 a pro podsadbu (varianta C) 9,04 m³/ha/rok.

I přes předpokládanou vyšší bonitu břízy (1) oproti buku a smrku (4) na konkrétním stanovišti a rychlejšímu růstu této pionýrské dřeviny v mládí, tak nebyl prokázán pozitivní vliv produkce přípravného porostu na celkovou objemovou produkci. Té by však mohlo být dosaženo v případě odlišné prostorové a časové úpravy přípravného porostu, resp. celého pěstebního cyklu. Při výpočtech nebylo rovněž uvažováno s pozitivním vlivem přípravného porostu na pedochemické vlastnosti (např. ZAKOPAL 1955; KANTOR 1989), což by mohlo v konečném výsledku vést k vyšší produkci smrku i buku u variant B i C.

Tabulka 1: Produkční a ekonomické ukazatele variant obnovy - A) výsadba cílovými dřevinami na holinu; B) výsadba cílových dřevin po přípravném porostu; C) podsadba cílových dřevin pod přípravný porost

Table 1: Production and economy parameters analysed variants of regeneration - A) planting target species on clear-cut; B) planting target species after preparatory stands; C) underplanting of target species

Produkční a ekonomické ukazatele Production and economic parameters			Varianty/variants					
			A	B	C	A	B	C
Ukazatele produkce/ Parameters of production			m ³ /ha			%		
P	PC	Celkem těžba dříví za cyklus ¹	925	1 123	1 076	100	121	116
P	PR	Celkem roční těžba ²	9,25	9,16	9,04	100	99	98
Ukazatelé nákladů/ Cost parameters			Kč/ha (CZK/ha)			%		
N	PZK	Pěstební náklady na zajištění kultury ³	242 808	185 466	177 789	100	76	73
N	P	Pěstební náklady ⁴	21 700	31 541	22 270	100	145	103
N	TD	Těžební náklady- těžba a doprava dříví na OM ⁵	205 475	269 667	178 095	100	131	87
N	VVS	Výroba vánočních stromů- náklady ⁶	750	660	0	100	88	0
N	ÚOC	Údržba a oprava cest- náklady ⁷	90 000	110 250	107 100	100	123	119
N	RN	Režijní náklady ⁸	280 367	298 792	297 085	100	107	106
N	CN	Úplné vlastní náklady ⁹	841 100	896 376	782 339	100	107	93
Ukazatelé výnosů/ Yield (revenue) parameters			Kč/ha (CZK/ha)			%		
V	VPD	Výnosy z prodeje dříví ¹⁰	1 462 745	1 606 856	1 370 602	100	110	94
V	VPK	Výnosy z prodeje klestu ¹¹	21 256	22 470	29 890	100	106	141
V	VPVS	Výnosy z prodeje vánočních stromků ¹²	7 500	6 600	0	100	88	0
V	CV	Celkem výnosy ¹³	1 491 502	1 635 926	1 400 492	100	110	94
Ukazatelé tržeb za dříví/Indicators revenues for wood			Kč/m ³ (CZK/ m ³)			%		
T	TD	Tržby z prodeje 1 m ³ dříví ¹⁴	1 581	1 431	1 274	100	91	81
Ukazatelé rentability/profitability ratios			Kč/ha (CZK/ha)			%		
Roční renta- R = CV-CN ¹⁵			6 504	7 396	6 182	100	114	95
Rentabilita nákladů - RN= (CV-CN)/CN ¹⁶			0,77	0,83	0,79	100	107	102

¹total cut within cycle; ²total annual cut; ³forest establishment cost; ⁴silviculture cost; ⁵cutting cost; ⁶Christmas trees production; ⁷rounds care; ⁸overheads; ⁹complete own expense; ¹⁰timber sale; ¹¹sale slash; ¹²Christmas trees sale; ¹³total yield; ¹⁴sales of 1m³; ¹⁵annuity; ¹⁶cost efficiency

V porovnání s výsadbou cílových dřevin na holinu bylo v modelech počítáno s nižšími náklady na zajištění porostu smrku i buku po (pod) břízou. Tyto položky se promítly do roční renty i rentability nákladů, kdy nejvhodnější ukazatele dopadly pro variantu B (tab. 1). Nejvyšší roční rentu ve výši 7 396 Kč/ha lze očekávat dle zvoleného modelu právě u této varianty. Až po ní s 6 504 Kč/ha následuje intenzivně pěstovaný porost dřevin cílových (varianta A) a nejhůře dopadla podsadba s roční rentou 6 182 Kč/ha. V případě rentability nákladů za nejvýhodnější variantou B (0,83 Kč/ha) následovala podsadba – 0,79 Kč/ha, a až za ní skončila varianta A (0,77 Kč/ha).

Zjištěné výsledky potvrdily nízkonákladovost při uplatnění postupů pracujících s přípravnými dřevinami (SANIGA, BRUCHÁRNÍK 2009). Nižší pěstební náklady souvisí především s redukcí péče o mladé porosty, resp. s nižšími náklady na zajištění porostů, a to ať přípravných nebo i cílových. Dřívější studie (MARTINÍK et al. (2014) ukázala na ¾ redukcí nákladů pro při obnově porostu přípravného v porovnání s porostem cílovým. POLÁCH (2011) uvádí v obdobných stanovištních podmínkách pro podsadby smrku a buku pod břízou nižší náklady na zajištění o 33, resp. 24 %.

Důvodem byly jednak nižší hektarové počty při podsadbách, jednak nižší náklady na ochranu proti bušení. Také v případě našeho šetření bylo při výpočtech uvažováno s nižší ochrannými opatřeními proti bušení. Ty jsou naproti tomu při výsadbě na holinu dominantním nákladovou položkou.

Při výpočtech nebyl brán v zřetel také pozitivní vliv přípravného porostu při podsadbách na kvalitativní parametry dřevin, a tedy i hodnotovou produkci (POLÁCH 2011; BEDNÁŘ et. al. 2012). Tyto aspekty by mohly zlepšit celkovou ekonomickou situaci postupů využívajících přípravné porosty. V modelech pracujících s přípravnými dřevinami je rovněž vhodné pracovat s odlišnou dřevinou skladbou např. jedlí, tedy s dřevinami sice v současnosti ne tak ceněnými, a dále s dřevinami, které lze vysazovat na holiny velmi obtížně, ale současně s druhy dřevin s předpokládanou vyšší tolerancí ke klimatickým změnám. Využití přípravného porostu tak rovněž nabízí prostor k přechodu k jemnějším formám hospodaření s předpokládaným nižším rizikem vůči vlivům prostředí (KULLA, SITKOVÁ 2012).

Závěr

Výsledky šetření potvrdily ekonomickou oprávněnost pěstebních postupů využívajících přípravných porostu (dřevin) při obnově lesa po kalamitách. Tyto postupy lze řadit mezi nízkonákladové, a to současně za dosažitelné srovnatelné produkce. Další výzkumy by měly směřovat k upřesnění a optimalizaci postupů, jakož i časového a prostorového přechodu od porostu přípravných k cílovým, s ohledem na stanovištně-porostní podmínky.

Poděkování

Podpořeno projektem Iga LDF_VT_2015004 - Produkční a ekonomické možnosti přípravných porostu.

Literatura

- ANONYMUS. Lýkožrout severský a jeho vliv na chřadnutí smrkových porostů. Lesnická práce, 2013. 6 (92): 360-361.
- ANONYMUS. Lesy střední a severní Moravy jsou v ohrožení. Lesnická práce, 2014. 11 (93): 695-69.
- ANONYMOUS. Taxační tabulky, ÚHÚL Brandys nad Labem, VULHM Jiloviště-Strnady, (nd.), platnost od 1.1 1990.
- BEDNÁŘ, P., VANĚK, P., KREJZA, J. Vliv velikosti holosečného obnovního prvku na vývoj bukových kultur.. Zprávy lesnického výzkumu, 2012. 4 (57): 337-343.
- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., Růstové tabulky dřevin České republiky, modřín, jedle, jasan, bříza, olše černá, topol, habr, akát, douglaska, Ústav pro výzkum lesních ekosystémů. Min. zem. 1998. 119 s.
- Český statistický úřad, ČR- tuzemsko, průměr za r. 2013, vlastníci, fco OM, bez DPH <https://www.czso.cz/csu/czso/indexy-cen-v-lesnictvi-surove-drivi-4-ctvrtleti-2013-tmv4day7ph>
- DOBROVOLNÝ, L., HURT, V., MARTINÍK, A. Založení experimentální plochy s různými způsoby obnovy lesa na ploše po větrné kalamitě. In: Kacálek D. et al. (eds): Proceedings of Central European Silviculture. Sborník referátů. [Collection of Reviews.] Opočno, 28. – 29. 2011. Opočno, VULHM, 2011. 43-54.
- JIRGLE, J., TICHÝ, J. Zhodnocení produkce břízy a jeřábu jako náhradních dřevin v Krušných horách. Práce VULHM, 1981. 58: 123-137.
- KANTOR, P. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. Lesnictví, 1989, 12 (35): 1047-1065.

- KANTOR, P., ŠACH F. Hydrická účinnost mladých náhradních porostů smrku omoriky a břízy bradavičnaté. *Lesnictví*, 1988. 11 (34): 1017 – 1040.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. Výběrný hospodářský způsob. VŠZ Praha a Matice lesnická Písek, 1993. 128 s.
- KOŠULIČ, M. Dub na kalamitních holinách. *Lesnická práce*, 2008. 11 (87): 9-11.
- KULLA, L., SITKOVÁ Z (eds.). Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania. Zvolen, Národné lesnícké centrum (NLC), 2012. 207 s.
- LOKVENC, T., CHROUST, L. Vliv břízy na odrůstání smrkové kultury. *Lesnictví*, 1987. 11 (33): 993-1010.
- MARTINÍK, A. Obnova lesa sítě břízou - zkušenosti ze smrkového porostu po větrné kalamitě. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2014. 1 (59): 35-39.
- MARTINÍK, A., DOBROVOLNÝ, L., HURT, V. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal of Forest Science*, 2014. 5 (60): 190-197.
- MRKVA, R. Jak zabránit zhoršování zdravotního stavu našich lesů. *Lesnická práce*, 2009a. 5 (88): 13-15.
- MRKVA, R. Jak se bránit dopadům klimatické změny. *Lesnická práce*, 2009b. 6 (88): 20- 21.
- POLÁCH, R. Uplatnění břízy bělokoré při obnově chřadnoucích porostů smrku ztepilého. Diplomová práce - LDF Mendelova universita v Brně, 2011. 71 s.
- SANIGA, M., BRUCHÁRNÍK, R. Přírode blízke obhospodarovanie lesa, Zvolen: Národné lesnícké centrum (NLC), 2009. 104 s.
- SIMANOV, V. Nahodilé těžby, *Lesnická práce*, 2013. 11 (92): 22-24.
- SIMANOV, V. Tabulky pro sortimentaci těžebního fondu. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 44 s.
- SINGER, M. Les k nám promlouvá prostřednictvím disturbancí, zkusme naslouchat. *Lesnická práce*, 2014. 10 (93): 25-27.
- ŠRÁMEK, V. A KOL. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov. Závěrečná zpráva projektu, VULHM, Jiloviště – Strnady, 2008. 91 s.
- TESAŘ, V., BALCAR, V., LOCHMAN, V., NEHYBA, J. Přestavba lesa zasaženého imisemi na Trutnovsku (Conversion of a forest affected by air pollution in the region of Trutnov/, Mendelova universita v Brně, 2011. 176 s.
- TESAŘ, V. Cesta k přírodě blízkému a ekologicky oprávněnému pěstování lesa u nás. Odkaz opočenského lesního hospodářství Huga Koniase – sborník. VULHM Jiloviště – Strnady, 2001. s. 26-33.
- VYHL. č. 84/1996 Sb. O lesním hospodářském plánování. Dostupné na http://www.uhul.cz/legislativa/84_96/84_96.php
- VALA, V., PECHÁČEK O., Ekonomická efektivnost LH [online]. Mendelu, Lesnická a dřevařská fakulta v Brně, 2014. 160 s. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Ekonomicka_efektivnost_LH_skripta.pdf
- ZAKOPAL. V. Zlepšené způsoby zalesňování rozsáhlých kalamitních holin na Křivoklátsku. Práce výzkumných ústavu lesnických. Jiloviště – Strnady Praha, 1955. 8: 7 – 42.

POROVNANIE DVOCH PREBIERKOVÝCH METÓD V BUKOVÝCH PORASTOCH Z HĽADISKA ŠTRUKTÚRY, KVANTITATÍVNEJ A KVALITATÍVNEJ PRODUKCIE

THE COMPARISON OF TWO THINNING METHODS IN BEECH STANDS FROM STRUCTURE, QUANTITATIVE AND QUALITATIVE POINT OF VIEW

Igor Štefančík

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

Abstract

The paper compares of two different thinning methods in beech stands focused on qualitative production; (i) – qualitative group thinning, which is aimed at group tending method of the best quality trees and/or the free crown thinning according to Štefančík's principles, which is characterized by individual (selective) tending of so called "the trees of selective quality" (promising or target trees). Structure, both quantitative and qualitative production after 53 and/or 35 years of systematic tending were compared. Analysed indices of structure (diameter and height) showed better results on plot managed by the free crown thinning. Otherwise, quantitative production showed minimal (not significant) differences. On the other hand, better results were found according to qualitative point of view on plot managed by the qualitative group thinning. We conclude that the mentioned results cannot be generalised due to the only one series of plots analysed.

Keywords: thinning, European beech, production, structure

Abstrakt

Príspevok porovnáva dve rozdielne metódy výchovy bukových porastov, ktoré sa zameriavajú na kvalitatívnu produkciu; (i) – kvalitatívnu skupinovú prebierku, ktorá sa zameriava na skupinovú výchovu najkvalitnejších jedincov, resp. (ii) – Štefančíkovu úrovňovú voľnú prebierku, ktorá je charakteristická individuálnou výchovou tzv. stromov výberovej kvality (nádejných alebo cieľových stromov). Porovnávali sa štruktúra, kvantitatívna a kvalitatívna produkcia po 53, resp. 35 rokoch systematickej výchovy. Výsledky ukázali lepšiu štruktúru (hrúbkovú i výškovú) na ploche s úrovňovou voľnou prebierkou a minimálne (štatisticky nevýznamné) rozdiely v kvantitatívnej produkcii. Z hľadiska kvalitatívnej produkcie bola lepšia plocha so skupinovú kvalitatívnu prebierkou. Vzhľadom na to, že sme analyzovali iba jedinú sériu plôch, výsledky nemožno zovšeobecniť.

Kľúčové slová: prebierky, buk, produkcia, štruktúra

Úvod a problematika

Výchova porastov má kľúčový význam pre vývoj každého lesného porastu. V systéme vekových tried spravidla zaberá viac ako polovicu rubného veku porastu. Z publikovaných prác zaoberajúcich sa históriou výchovy v bukových porastoch (ŠTEFANČÍK 1964, 1966) vyplýva, že najstaršie postupy výchovy bučín pochádzajú z Francúzska, Dánska, Švajčiarska, resp. Nemecka. Na Slovensku prakticky do 50. rokov minulého storočia výchova nemala takú osobitnú tradíciu ako v uvedených krajinách a uskutočňovala sa prakticky len na základe zahraničných poznatkov a dovtedajších skromných skúseností iniciatívnejších lesníkov (ŠTEFANČÍK 1974). Pri aplikácii zahraničných poznatkov sa častejšie zdôrazňovala potreba ich overenia v našich podmienkach, resp. vyjadrila sa nutnosť začatia s vlastným systematickým výskumom. Tento zámer sa realizoval až koncom 50. rokov minulého storočia. Na vtedajšom Výskumnom ústave lesného hospodárstva (VÚLH) spolu s Lesníckou fakultou Vysokej školy lesníckej a drevárskej (VŠLD) vo Zvolene pripravili program pre začatie systematického výskumu problematiky výchovy v bučinách.

Od výskumu sa očakávalo, resp. jeho cieľom bolo predovšetkým získať prvé exaktné poznatky z vlastného výskumu v prírodných podmienkach Slovenska.

V rámci problematiky výchovy porastov prebierkami bolo hlavným zámerom zistiť, ktorá selektívna prebierková metóda je v domácich podmienkach pre bukové porasty najvhodnejšia. Pritom sa brali do úvahy doterajšie poznatky s aplikáciou metód, ktoré vznikli v zahraničí a tiež stav bukových predrubných porastov na Slovensku (ŠTEFANČÍK 1984).

Výskum sa najskôr zamerával na systematicky nevychované nezmiešané bukové mladiny (RÉH 1968), resp. žrdkoviny a žrdoviny (ŠEBÍK 1969; ŠTEFANČÍK 1974), ktoré podľa terénnych prieskumov ŠTEFANČÍKA (1962), v tomto čase ešte tvorili väčšinu predrubných bukových porastov na Slovensku. Na prelome 60. a 70. rokov minulého storočia sa výskum rozšíril aj na zmiešané bukové porasty.

V našich hospodárskych podmienkach sa začal výskumom overovať výchovný účinok dvoch stupňov podúrovňovej prebierky (B a C stupňa podľa Nemeckých výskumných ústavov lesníckych z roku 1902) a dvoch úrovňových prebierok, akostnej v zmysle SCHÄDELINA (1934) a originálnej prebierkovej metódy „úrovňovej voľnej prebierky“ v zmysle ŠTEFANČÍKA (1974, 1984), ktorá sa začala uplatňovať pri výskume prebierok už od roku 1958. Podobne na Slovensku bola na základe Schädelinovej akostnej prebierky pre potreby racionalizácie výchovy v listnatých a zmiešaných porastoch prof. Korpeľom vyvinutá „Racionalizačná úrovňová prebierka“ (KORPEL 1986).

V priebehu 70. rokov minulého storočia sa pri výchove bukových porastov objavuje tzv. kvalitatívna skupinová prebierka „*Qualitative Gruppendurchforstung*“, ktorá sa odlišuje od tradičných prebierkových metód (KATÓ, MÜLDER 1974). Jej základným princípom je snaha vyhnúť sa homogenizácii priestorového rozdelenia jedincov, tým že pri zásahoch prihliada na vytváranie skupín a prakticky neberie ohľad na pravidelné rozmiestnenie najkvalitnejších stromov. Okrem uvedených spôsobov výchovy sú známe v bukových porastoch i ďalšie prebierkové metódy založené na starostlivosti o presne stanovený počet cieľových stromov „*Z-baumorientierte Durchforstung*“ (ALTHER 1971; ABETZ 1975). Známa je tiež prebierka so zameraním na tzv. svetlostný prírastok „*Lichtwuchsdurchforstung*“ (FLEDER 1987; KLÄDTKE 2001).

Cieľom príspevku je porovnanie dvoch rozdielnych prebierkových metód prostredníctvom vybraných ukazovateľov kvantitatívnej a kvalitatívnej produkcie na základe výsledkov z dlhodobého výskumu.

Materiál a metodika

Objektom výskumu bola séria trvalých výskumných plôch (TVP) Žalobín, ktorá sa nachádza v dieľci 347, lesná správa Strážske, Odštepny závod Sobrance. Predmetný bukový porast vznikol z prirodzenej obnovy. Pri založení výskumných plôch (v r.1961) mal porast 39 rokov.

Predmetná séria TVP sa skladá z piatich čiastkových plôch s výmerou 0,20 ha, pričom v tejto práci porovnáваме iba dve z nich, ktoré sú označené ako H a H1. Podrobnú charakteristiku plôch uvádza tab. 1.

Na ploche (označenej ako H) sa uskutočňujú zásahy metódou úrovňovej voľnej prebierky v zmysle ŠTEFANČÍKA (1974, 1984), ktorá sa zameriava na individuálnu výchovu stromov výberovej kvality (nádejné a cieľové) stromy. Tieto stromy sa vyberajú (určujú) na základe troch kritérií (kvalita, dimenzia, rozstup). Na ploche (označenej ako H1) sa realizuje „kvalitatívna skupinová prebierka“ v zmysle princípov (KATÓ, MÜLDER 1974). Rovnako ako predchádzajúca metóda, je to úrovňová prebierka s pozitívnym výberom, pri ktorej však nezáleží na pravidelnom rozstupe cieľových stromov, takže sú charakteristické ich nepravidelným skupinovitým

rozmiestnením. Z hľadiska ich výberu sa postupuje podľa rovnakých kritérií ako pri úrovňovej voľnej prebierke (s výnimkou kritéria rozstupu). Pre porovnanie uvádzame aj plochu s označením 0, ktorá je kontrolná, bez zásahov.

Do založenia TVP sa nevykonali žiadne úmyselné výchovné zásahy. Na ploche H sa prvé biometrické meranie sa uskutočnilo v roku 1961, kým na ploche H1 až v roku 1980. Od založenia výskumných plôch sa realizovalo 12 biometrických meraní (na ploche H), resp. 8 meraní na ploche H1. Na oboch plochách sa uskutočnili 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) klasifikovali stromy aj podľa pestovnej a hospodárskej klasifikácie so zameraním na stromy výberovej kvality (nádejné a cieľové stromy).

Tabulka 1: Stanovištné charakteristiky trvalej výskumnej plochy (TVP) Žalobín

Table 1: Site characteristics of the permanent research plot (PRP) Žalobín

Charakteristika <i>Characteristic</i>	TVP Žalobín <i>PRP Žalobín</i>
Založenie <i>Establishment</i>	1961
Vek porastu [roky] <i>Stand age [years]</i>	39
Absolútna výšková bonita <i>Site index</i>	28 (36 vo veku 92 rokov) 28 (36 at the age of 92 years)
Geomorfologický celok <i>Geomorphologic unit</i>	Ondavská vrchovina
Expozícia <i>Aspect</i>	SSV North North-East
Nadmorská výška [m] <i>Altitude [m]</i>	250
Sklon [stupne] <i>Slant [degrees]</i>	18
Geologický podklad <i>Parent rock</i>	flyšový pieskovec, ílová bridlica <i>flysch sandstone, shale</i>
Pôdny typ <i>Soil unit</i>	kambizem pseudoglejová nasýtená <i>Eutric, pseudogleyic Cambisol</i>
Lesný vegetačný stupeň <i>Forest altitudinal zone</i>	3. dubovo-bukový <i>oak-beech</i>
Ekologický rad <i>Ecological rank</i>	živný <i>fertile mesophilous</i>
Hospodársky súbor lesných typov <i>Management unit</i>	310 - svieže dubové bučiny <i>fresh oak beechwoods</i>
Skupina lesných typov <i>Forest type group</i>	<i>Fagetum pauper</i> (Fp) n.st.
Lesný typ <i>Forest type</i>	3312 ostricová bučina n.st. <i>bent-grass beechwoods</i>
Priemerná ročná teplota [$^{\circ}\text{C}$] <i>Average annual temperature [$^{\circ}\text{C}$]</i>	7,9
Priemerný ročný úhm zrážok [$\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$] <i>Average annual precipitation [$\text{mm}\cdot\text{year}^{-1}$]</i>	660

Pestovná klasifikácia zahŕňa:

a) spoločenské postavenie stromov podľa vzrastových tried (ŠTEFANČÍK 1974);

1. nadúrovňový strom
2. úrovňový strom
3. medziúrovňový strom
4. podúrovňový strom ustupujúci
5. podúrovňový strom potlačený

b) stupne akosti kmeňa;

1. tvárny – priamy, veľmi kvalitný kmeň, bez hrčí
2. priemerný – priemerne kvalitný kmeň, zakrivený iba v hornej tretine, s malým počtom hrčí
3. netvárny – nekvalitný kmeň s veľkým počtom hrč, veľmi zakrivený

V rámci hospodárskej klasifikácie sa hodnotil len kmeň po nasadenie koruny, a to osobitne spodná a osobitne horná polovica kmeňa. Akost'ové triedy: 1 - vysoká (A), 2 - priemerná (B), 3 - horšia akost', ale úžitkové drevo (C), 4 - palivo (D).

Zo získaných údajov sa vypočítala pestovná (hospodárska) kvalita ako aritmetický priemer akost'ových znakov. Zmeny priemernej pestovnej kvality dvoch časových období (pri prvom a poslednom časovom období) sa porovnali indexom „*pom*“, ktorý vyjadruje dynamické zmeny pestovnej kvality (ŠTEFANČÍK 1974).

$$pom = \frac{Kv}{kv} \cdot 100$$

kde Kv - je priemerná kvalita na začiatku porovnávaného časového obdobia
 kv – je priemerná kvalita na konci porovnávaného časového obdobia

Ak sa priemerná kvalita za sledované obdobie zlepšila platí, že hodnota $pom > 100$, resp. ak sa kvalita zhoršila $pom < 100$. Priemerná hospodárska kvalita kmeňa bola vypočítaná za celý porast, a tiež osobitne pre úroveň porastu (1. a 2. vzrastová trieda), resp. podúroveň porastu (3. až 5. vzrastová trieda). Podkladový materiál bol spracovaný podľa metodiky ŠTEFANČÍKA (1974, 1976), resp. bežnými biometrickými a štatistickými metódami v zmysle štandardných metódik s využitím softvérového balíka QC Expert (KUPKA 2008) a rastového simulátora Sibyla (FABRIKA 2005). Odvozené kvantitatívne parametre a produkčné charakteristiky (kruhovú základňa – G , objem hrubiny – V_{7b} , celková produkcia, prírastok na kruhovej základni a objeme hrubiny) sa vypočítali podľa obvyklých vzorcov (PRIESOL, POLÁK 1991). Pre zistenie štatistickej významnosti rozdielov sme použili jednofaktorovú analýzu variancie ANOVA.

Výsledky a diskusia

Štruktúra

Výškovú štruktúru porastov sme vyjadrili prostredníctvom relatívnej početnosti podľa vzrastových (stromových) tried (tab. 2) a tiež vybranými štruktúrnymi indexmi (tab. 3). Na začiatku výskumu tvorila úroveň porastu (1. a 2. vzrastová trieda) 35,2 % na kontrolnej ploche 0, kým na plochách H to bolo 39,7 %, resp. na ploche H1 48,8 %. Pri poslednom hodnotení (vo veku porastu 92 rokov) sme zaznamenali zmeny, keď na ploche 0 tvorila úroveň 71,3 % na ploche H 73,5 % a na ploche H1 až 85,5 %. Z uvedeného vidno, že na všetkých porovnávaných plochách sa zvýšil podiel úrovne porastu za sledované obdobie. To zodpovedá zisteniam viacerých autorov (ex ŠEBÍK, POLÁK 1990), ktorí konštatujú pri úrovňových prebierkach v dôsledku silnejšieho zásahu presun stromov najmä do vyšších stromových tried. Rovnaký poznatok sa potvrdil tiež na našich ostatných výskumných plochách (ŠTEFANČÍK 2013, 2013a-c). Podobne ASSMANN (1968) uvádza pre 102-ročný bukový porast vychovávaný miernou úrovňovou prebierkou podiel jedincov 1. a 2. stromovej triedy 85 % (podľa kruhovej základne).

Plocha s úrovňovou voľnou prebierkou (H) sa minimálne odlišovala od plochy ponechanej na autoreguláciu (kontrolná plocha), čo možno hodnotiť priaznivejšie

v porovnaní s plochou vychovávanou kvalitatívnou skupinovou prebierkou (H1). Dôležitý je z hľadiska vertikálnej štruktúry najmä podiel jedincov v triede 4 a 5 (spolu vyše 20 % na ploche H), čo dokazuje lepšiu proporcionalitu zastúpenia v rámci vertikálneho porastového profilu. Tá sa viac približuje viacvrstvovej štruktúre, ktorá sa pokladá za priaznivý parameter statickej stability a tiež významný ukazovateľ prírode blízkeho pestovania lesa (KORPEL, SANIGA 1995; SANIGA, KUCBEL 2012).

Tabulka 2: Relatívna početnosť podľa vzrastových tried

Table 2: Relative frequency according to tree classes

Plocha Plot	Vek (r.) Age (yr.)	Vzrastová trieda Tree class				
		1	2	3	4	5
0	39	4,1	31,1	29,5	35,3	-
	57	19,7	18,8	23,4	32,3	5,8
	92	47,2	24,1	18,4	10,3	-
H	39	8,1	31,6	32,9	27,4	-
	57	21,6	15,6	14,1	36,7	12,0
	92	57,2	16,3	6,1	10,2	10,2
H1	57	29,9	18,9	22,1	29,1	-
	92	81,3	4,2	6,2	2,1	6,2

Vysvetlivky: 0 – kontrolná plocha; H – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou; H1 – plocha s kvalitatívnou skupinovú prebierkou

Explanatory notes: 0 – control plot; H – plot with the free crown thinning; H1 – plot with qualitative group thinning

Priaznivejšie (vyššie) hodnoty pre plochu s úrovňovou voľnou prebierkou (H) sme zistili tiež pri porovnaní vybraných indexov štruktúry porastu (tab.3).

Tabulka 3: Hodnoty vybraných indexov štruktúry porastu

Table 3: The values of selected indices of stand structure

Plocha Plot	TM _d	TM _h	Api	S	V	SDI	rSDI
0	0,294	0,125	0,169	0,447	0,932	801	0,76
H	0,366	0,261	0,161	0,847	0,773	565	0,54
H1	0,265	0,121	0,151	0,595	0,707	557	0,53

Vysvetlivky – Explanatory notes:

TM_d – index hrúbkovej diferenciacie – index of diameter differentiation

TM_h – index výškovej diferenciacie – index of height differentiation

Api – index vertikálnej štruktúry (Arten Profil podľa Pretzscha) – index of vertical structure

S – diverzita vertikálnej štruktúry podľa Jaehneho a Dohrenbuscha – diversity of vertical structure according to Jaehne and Dohrenbusch

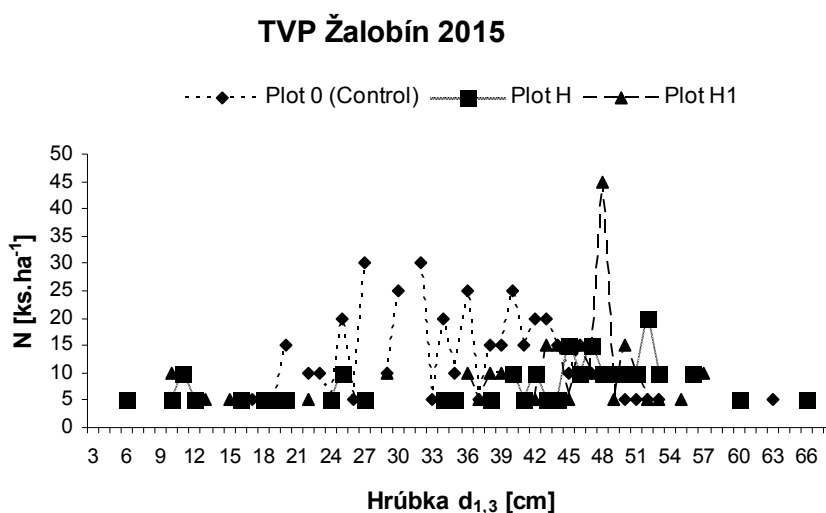
V – diverzita priestorového rozmiestnenia podľa Jaehneho a Dohrenbuscha - diversity of tree spatial distribution according to Jaehne and Dohrenbusch

SDI – index hustoty porastu – stand density index

rSDI – relatívny index hustoty porastu – relative stand density index

Vidno, že podľa hrúbkovej diferenciacie (TM_d) iba plocha H dosiahla strednú diferenciaciu (hodnota nad 0,3), kým kontrolná plocha aj plocha H1 vykazovali slabú diferenciaciu. Podobne tomu bolo aj pri výškovej diferenciacii (TM_h), keď najvyššie hodnoty boli na ploche H, hoci pri všetkých troch porovnávaných variantoch sa dosiahla slabá diferenciacia. Možno konštatovať, že uvedené indexy štruktúry boli v porovnaní s inými nami sledovanými TVP s rovnakým režimom najnižšie. Napr. na kontrolných plochách sme pre TM_d a TM_h zistili nasledujúce hodnoty: TVP Cigánka 0,398 a 0,302; na TVP Jalná 0,392 a 0,222; na TVP Kalša 0,363 a 0,208; na TVP Koňuš 0,296 a 0,154, resp. na TVP Zlatá Idka 0,430 a 0,361 (ŠTEFANČÍK 2013, 2013a-c). Vysvetľujeme si to jednak vysokou bonitou stanovišťa (v porovnaní

s ostatnými TVP). ŠEBÍK, POLÁK (1990) v tejto súvislosti uvádzajú, že na lepších stanovištiach nastáva v dôsledku rýchlejšej kulminácia výškového rastu diferenciácia stromov v stromových triedach skôr a výraznejšie aj bez silnejšieho ovplyvňovania porastov pestovnými zásahmi. Významným faktorom je aj skutočnosť, že na týchto plochách boli v dôsledku opakovaných krádeží vyrúbané hlavne jedince nižších stromových tried, čo tiež ovplyvnilo hodnoty indexov. Prejavilo sa to menšou alebo nulovou početnosťou v hrúbkových stupňoch do 29 cm (obr. 1). Okrem toho analyzovaná TVP Žalobín je najnižšie položenou (250 m n. m) v rámci všetkých nami sledovaných TVP, ktoré sa nachádzajú od 510 do 700 m n. m., t.j. v optime rastových podmienok pre buk v rámci Slovenska.



Obr. 1: Hrúbkové početnosti na plochách vo veku 92 rokov
Fig.1: Diameter frequency distribution on plots at the age of 92 years

Podobne aj podľa ďalších indexov z tab. 3 sa dosiahli vždy vyššie hodnoty na ploche s úrovňovou voľnou prebierkou v porovnaní s plochou vychovávanou kvalitatívnou skupinovú prebierkou. Napriek uvedenej skutočnosti o „neprirodzenom“ úbytku podúrovne sa potvrdilo o niečo vyššie zastúpenie nižších hrúbkových stupňov na ploche H, čo korešponduje s princípmi úrovňovej voľnej prebierky (ŠTEFANČÍK 1974). Táto metóda (plocha H) zasahuje v celom vertikálnom profile, teda aj v podúrovni a to predovšetkým pozitívnym výberom, na rozdiel od kvalitatívnej skupinovej prebierky, ktorá sa zameriava na kvalitu kmeňa (bez ohľadu na rozstup) úrovňových jedincov.

Možno zhrnúť, že pri analýze štruktúry hrúbkovej, výškovej sa ukázali priaznivejšie výsledky pre plochu vychovávanú úrovňovou voľnou prebierkou v porovnaní s plochou, kde sa dlhodobo aplikovala kvalitatívna skupinovú prebierka.

Kvantitatívna produkcia

V tab.4 prezentujeme vývoj kvantitatívnych porastových charakteristík. Vyplýva z nich, že pri prakticky rovnakom počte stromov pri poslednom meraní (vo veku 92 rokov) na porovnávaných plochách H a H1 boli hodnoty kruhovej základne, objemu hrubiny, strednej hrúbky (d_g) i strednej výšky (h_g) takmer rovnaké, resp. o málo vyššie na ploche s kvalitatívnou skupinovú prebierkou. Podobne aj

štatistické rozdiely (pre $\alpha = 0,05$) medzi porovnávanými plochami H a H1 boli pri všetkých uvedených charakteristikách nevýznamné.

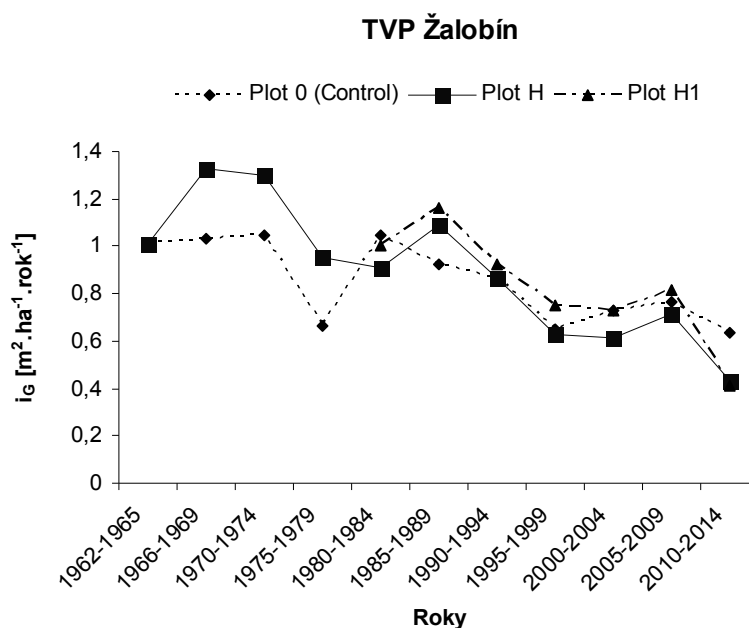
Tabuľka 4: Vývoj porastových charakteristík

Table 4: Development of stand characteristics

Plocha <i>Plot</i>	Vek <i>Age</i> (r.) (years)	Počet stromov <i>Number of trees (ks.ha⁻¹)</i>	Kruhová základňa <i>Basal area (m².ha⁻¹)</i>	Objem hrubiny <i>Merchantable volume (m³.ha⁻¹)</i>	Stredná <i>Mean</i>	
					hrúbka d _{1,3} diameter (cm) (d _g)	výška height (m) (h _g)
0	39	4480	30,9	168	9,4	13,3
	57	1625	36,5	421	16,9	23,7
	92	435	47,4	816	37,3	34,8
H	39	4155	29,4	165	9,5	13,4
	57	995	24,0	272	17,5	22,3
	92	245	34,8	614	42,5	34,4
H1	57	1270	30,8	356	17,6	23,5
	92	240	35,5	616	43,4	34,7

Vysvetlivky: ako pri tab.2

For explanation see Table 2



Obr.2: Bežný ročný prírastok na kruhovej základni (i_G)

Fig. 2: Current annual basal area increment (i_G)

Porovnanie bežného ročného prírastku na kruhovej základni (obr. 2) ukázalo o niečo vyššie hodnoty pre plochu H1, čo potvrdili aj hodnoty celkového bežného ročného objemového prírastku za sledované obdobie (tab. 4). Na druhej strane, celková objemová produkcia bola vyššia na ploche H.

Tabulka 4: Vývoj celkovej objemovej produkcie za obdobie 53 (35) rokov
Table 4: Development of the total volume production for 53 (35) years

Plocha Plot	Vek Age (roky) (years)	Hlavný porast Main stand	Celkový úbytok Total decrease		Celková objemová produkcia Total volume production		Celkový bežný ročný prírastok Total current annual increment		
			m ³ .ha ⁻¹	% z COP % out of TVP	m ³ .ha ⁻¹	Index ZP Index of TS	m ³ .ha ⁻¹	% z COP % out of TVP	Index
0	39	168							
	92	816	236	22,4	1052	6,254	16,7	1,6	1,000
H	39	123							
	92	614	384	38,5	998	6,061	16,5	1,7	0,989
H1	57	286							
	92	616	283	31,5	899	2,527	17,5	1,9	1,051

Vysvetlivky – Explanatory notes: COP – Celková objemová produkcia, TVP - Total volume production; ZP – Združený porast, TS - Total stand

Možno zhrnúť, že aj čo sa týka kvantitatívnej produkcie boli výsledky medzi dvoma porovnanými spôsobmi výchovy veľmi vyrovnané. KATÓ, MÜLDER (1983) po 15-ti ročnom experimente s kvalitatívnou skupinovú prebierkou uvádzajú vo veku 82 rokov strednú hrúbku 24,4 cm a strednú výšku 25,7 m. Sú to nižšie hodnoty ako sme zistili na TVP Žalobín v rovnakom veku (neuvádzame v tabuľke), ktoré boli 33,5 cm pre strednú hrúbku, resp. 30,5 pre strednú výšku. Je to spôsobené jednak rozdielnou intenzitou výchovy, ale najmä „počtársky“, už spomínaným malým podielom podúrovne v dôsledku úbytku krádežou. Významným faktorom je aj rozdielny počet stromov a z toho vyplývajúca vnútrodrohová konkurencia, keď na nemeckých plochách uvádzajú uvedení autori 456 jedincov na hektár s kruhovou základňou 21,3 m².ha⁻¹. Na TVP Žalobín v rovnakom veku 82 rokov (neuvádzame v tabuľke) bol počet stromov 405 ks.ha⁻¹ s kruhovou základňou 35,6 m².ha⁻¹. Dôvodom väčšej kruhovej základne bolo oveľa živnejšie stanovište na TVP Žalobín v porovnaní s nemeckými plochami s priemernou bonitou.

Kvalitatívna produkcia

Kvalitatívny stav porastov sme vyjadrili údajmi o cieľových stromoch (tab. 5), ktoré reprezentujú najkvalitnejšiu zložku bukových porastov, resp. sú určitým ukazovateľom jeho kvalitatívnej produkcie (ŠTEFANČÍK 1974).

Vidno, že podľa očakávania bol najvyšší počet cieľových stromov (CS) na ploche H1, pričom aj kvantitatívne parametre týchto stromov boli najvyššie. Ak by sme porovnali kvalitatívnu produkciu všetkých stromov (hromadnú) na plochách zistili by sme rovnaké výsledky. Na ploche H1 bolo 94 % stromov v dvoch triedach s najvyššou kvalitou (A,B), kým na ploche H to bolo 85 %.

Pri hodnotení hospodárskej kvality (spodnej polovice kmeňa stromov) iba úroveň jedincov (1. a 2. stromová trieda) po dlhodobej výchove bola priemerná kvalita vyššia na ploche H1 ($pom=152$) v porovnaní s plochou H, kde hodnota pom dosiahla len 98. Vysvetlenie je také, že kým pri kvalitatívnej skupinovej prebierke značný podiel zaberá negatívny výber, pri úrovňovej voľnej prebierke prevláda pozitívny výber. Druhou významnou skutočnosťou je fakt, že pri úrovňovej voľnej prebierke sa v dôsledku dôrazu na pravidelný rozstup cieľových stromov v priebehu výchovy odstránilo viacero jedincov s vysokou kvalitou kmeňa. Pri skupinovej kvalitatívnej prebierke je to prakticky vylúčené.

Tabulka 5: Vývoj cieľových stromov*Table 5: Development of the target (crop) trees*

Plocha <i>Plot</i>	Vek (r.) <i>Age</i> (y.)	Počet stromov <i>Number</i> <i>of trees</i> (ks.ha ⁻¹)	Kruhovú základňu <i>Basal area</i>		Objem hrubiny <i>Merchantable volume</i>		Stredná <i>Mean</i>	
			(m ² .ha ⁻¹)	% z hlavného porastu <i>% out of</i> <i>main stand</i>	(m ³ .ha ⁻¹)	% z hlavného porastu <i>% out of</i> <i>main stand</i>	hrúbka d _{1,3} <i>diameter</i> (cm) (d _g)	výška <i>height</i> (m) (h _g)
0	39	555	8,2	26,4	58	34,6	13,7	15,9
	57	130	7,1	19,4	94	22,3	26,3	27,4
	92	95	16,0	33,8	293	35,9	46,4	36,6
H	39	465	6,7	28,9	48	39,0	13,6	15,8
	57	170	10,7	44,6	139	51,0	28,3	26,8
	92	130	25,9	74,5	474	77,3	50,4	36,3
H1	57	215	11,4	45,9	153	53,5	26,0	27,7
	92	190	33,6	92,0	573	93,0	46,8	35,3

Z hľadiska sortimentácie (podľa STN 48 0056 „Kvalitatívne triedenie listnatej guľatiny“), kde rozhodujúcimi sú znaky (povolené chyby) kmeňa a jeho dimenzia, by na dýhy bolo vhodných 76,7 % na ploche H, resp. 72,6 % na ploche H1. V tejto súvislosti KATÓ, MÜLDER (1983) po 15-ročnom experimente konštatovali nárast (z počtu stromov) z 34 % na 59 % v kvalite jedincov 1. a 3. stromovej triedy.

Možno konštatovať, že z hľadiska kvalitatívnej produkcie (hromadnej i výberovej) sa dosiahli o niečo lepšie výsledky na ploche s kvalitatívnou skupinovú prebierkou.

Záver

Na základe dlhodobého sledovania bukového porastu vychovávaného 53 rokov úrovňovou voľnou prebierkou a porastu s 35 rokov obhospodávanom kvalitatívnou skupinovú prebierkou sme zistili podľa hrúbkovej a výškovej štruktúry priaznivejšie výsledky pre plochu vychovávanú úrovňovou voľnou prebierkou v porovnaní s plochou, kde sa dlhodobo aplikovala kvalitatívna skupinovú prebierka. Čo sa týka kvantitatívnej produkcie boli výsledky medzi dvoma porovnávanými spôsobmi výchovy veľmi vyrovnané. Z hľadiska kvalitatívnej produkcie (hromadnej i výberovej) sa dosiahli o niečo lepšie výsledky na ploche s kvalitatívnou skupinovú prebierkou.

Vzhľadom na to, že sme analyzovali iba jedinú sériu plôch, výsledky nemožno zovšeobecniť, resp. potrebný by bol oveľa rozsiahlejší experimentálny materiál z väčšieho počtu dlhodobo sledovaných plôch s rovnakým výchovným režimom.

PodĎakovanie

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

Literatúra

ABETZ, P. Eine Entscheidungshilfe für Durchforstung von Fichtenbeständen. Allg. Forstz., 1975. 30: s. 666-667.

ALTHERR, E. Wege zur Buchenstarkholzproduktion. Festschrift zur 15.Hauptversammlung des Bad.-Württ. Forstl. Vers.- Anst., Freiburg, 1971: s. 123-127.

ASSMANN E. Náuka o výnose lesa. Bratislava: Príroda, 488 s.

- FABRIKA, M. Návrh algoritmov pre prebierkový model rastového simulátora SIBYLA. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 2005. 51: s. 145-170.
- FLEDER, W. Erziehungsgrundsätze für Buchenbestände. Forst- und Holzwirt, 1987. 42: s. 107-111.
- KATÓ, F., MÜLDER, D. Ergebnisse zweimaliger „qualitativer Gruppendurchforstung“ der Buche. Forst und Holzwirt, 1974. 29: s. 236-240.
- KATÓ, F., MÜLDER, D. Qualitative Gruppendurchforstung der Buche. Allg. Forst- u.J.-Ztg., 1983. 154: s.139-145.
- KLÄDTKE, J. Konzepte zur Lichtwuchsdurchforstung. AFZ-Der Wald, 2001. 56: s. 1047-1050.
- KORPEL, Š. Pestovanie lesa. (Učebné texty). Zvolen: VŠLD, 1986. 404 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. Prírode blízke pestovanie lesa. Zvolen: ÚVVP LVH SR, 1995. 158 s.
- KUPKA, K. QC.Expert, ADSTAT. User's manual. Pardubice: TryloByte, Ltd., 2008. 168 p.
- PRIESOL A., POLÁK L. Hospodárska úprava lesov. Bratislava: Príroda, 1991. 448 s.
- RÉH, J. Štúdium štruktúry bukovej húštiny. Lesn. Čas., 1968. 14: s. 651-671.
- SCHÄDELIN, W. Die Durchforstung als Auslese- und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung. Bern – Leipzig: Verlag Haupt, 1934. 198 p.
- SANIGA, M., KUCBEL, S. Prírode blízke pestovanie lesa. Zvolen: TU, 2012. 70 s.
- ŠEBÍK, L. Vplyv miernej podúrovňovej a akostnej úrovňovej prebierky na vývoj výškového rastu v bukových žrdovinách. Zborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene, 1969, XI (1): s. 63-85.
- ŠEBÍK, L., POLÁK, L. Náuka o produkcii dreva. Bratislava: Príroda, 1990. 322 s.
- ŠTEFANČÍK, I. Vplyv dlhodobej rozdielnej výchovy na vývoj kvantitatívnej produkcie bukovej žrdkoviny v oblasti stredného Slovenska. Zprávy lesníckeho výzkumu, 2013. 58(4): s. 307-313.
- ŠTEFANČÍK, I. Development of target (crop) trees in beech (*Fagus sylvatica* L.) stand with delayed initial tending and managed by different thinning methods. Journal of Forest Science, 2013a. 59(6): s. 253-259.
- ŠTEFANČÍK, I. Effect of delayed tending on development of beech (*Fagus sylvatica* L.) pole stage stand. Folia Oecologica, 2013b. 40(2): s. 272-281.
- ŠTEFANČÍK, I. Kvantitatívna produkcia bukového porastu (*Fagus sylvatica* L.) na výskumných plochách s rozdielnym režimom dlhodobej výchovy. Acta Facultatis Forestalis, 2013c. 55(3): s. 113-128.
- ŠTEFANČÍK, L. Príspevok k otázke štruktúry a vývoja predrubných bukových porastov v Štiavnickom pohorí a Slovenskom Rudohorí. Vedecké práce VÚLH v B.Štiavnici, 1962. 3: s. 55-94.
- ŠTEFANČÍK, L. K histórii prebierok na Slovensku. Vedecké práce VÚLH v Banskej Štiavnici, 5. Bratislava: SVPL, 1964. s. 107 – 130.
- ŠTEFANČÍK, L. Vývoj problematiky prebierok v bukových porastoch s osobitným zameraním na Slovensko. Zborník prác LDM 4. Bratislava – Martin: Obzor, 1966. s. 33-94.
- ŠTEFANČÍK, L. Prebierky bukových žrdovín. Lesnícke štúdie č.18. Bratislava: Príroda, 1974. 141 s.
- ŠTEFANČÍK, L. Hromadná kvalita bukového porastu a jej zmeny vplyvom prirodzeného vývoja a prebierky. Lesnícky časopis, 1976. 22(2): s. 141-157.
- ŠTEFANČÍK, L. Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene č.34. Bratislava: Príroda, 1984. s. 69-112.

ROZBOR TLOUŠŤKOVÉHO PŘÍRŮSTU BUKU A JEHO REAKCE NA VÝCHOVNÝ ZÁSAH

ANALYSIS OF DIAMETER INCREMENT OF BEECH AND ITS REACTION ON THINNING TREATMENT

Jiří Remeš, Lukáš Koubek, Lukáš Bílek

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic, e-mail: remes@fld.czu.cz

Abstract

This paper presents the results of research of diameter increment in beech stands in the area of Hostýnské and Vsetínské vrchy. The data were collected in middle-aged stands in the property of Forests and Estates of Tomáš Baťa (B.F.P., Lesy a statky Tomáše Bati, spol. s r.o.). This contribution presents research results of one series of permanent research plots established for the evaluation of effect of different thinning regimes. Each series consists of one control plot and two plots with different treatment intensity. The diameter increment was evaluated on harvested sample trees representing different cenotic position in the stand, after the thinning treatment growth reaction of standing sample trees was evaluated. Obtained results confirmed the effect of the cenotic position of tree on its diameter increment. The effect of thinning was apparent for all trees irrespective of their diameter. On research plot II.1 with the highest thinning intensity dbh increment in vegetation period following the treatment was 1.0 cm, on plot II.3 with lower thinning intensity 0.4 cm and on control plot II.2 equally 0.4 cm.

Keywords: European beech, diameter increment, cenotic position, thinning

Abstrakt

Příspěvek shrnuje základní výsledky analýzy tloušťkového přírůstu buku v porostech středního věku v oblasti Hostýnských a Vsetínských vrchů. Výzkum byl realizován v bukových porostech společnosti BFP Lesy a statky Tomáše Bati, s.r.o., kde byly založeny výzkumné plochy zaměřené na problematiku výchovy lesních porostů. Příspěvek přináší výsledky hodnocení z jedné porostní série, která obsahuje kontrolní plochu a dvě plochy s provedenými výchovnými zásahy. Na základě analýz pokácených vzorníků byl hodnocen tloušťkový přírůst jednotlivých stromů v závislosti na jejich cenotickém postavení v porostu, posouzena byla i přírůstová reakce stromů po provedené probírce. Výsledky potvrdily zásadní význam cenotického postavení stromů v porostu na jejich tloušťkový přírůst. Vliv provedeného výchovného zásahu na tloušťkový přírůst byl rovněž jasně patrný, a to v celém tloušťkovém spektru stromů ve zkoumaných porostech. V průměru za celý soubor stromů byl na ploše II.1 s největší intenzitou zásahu roční tloušťkový přírůst 1.0 cm, na ploše II.3 s nižší intenzitou pak 0.4 cm a na ploše kontrolní rovněž 0.4 cm.

Klíčová slova: buk lesní, tloušťkový přírůst, cenotické postavení, výchova porostů

Úvod a problematika

Jedna z nejdůležitějších vlastností buku, která z něj činí velice perspektivní dřevinu, je jeho větší odolnost vůči škodlivým abiotickým a biotickým činitelům zejména ve srovnání se smrkem. Bukové porosty jsou poměrně často dobře odolné i vůči sněhu a větru, ačkoliv se ve vyšších partiích našich pohoří tyto škody objevují. Dobře zakořeňuje bohatou kořenovou soustavou a ve smíšených porostech je často činitelem, který je zpevňuje a zvyšuje jejich schopnost přežít nárazy bořivých větrů (POLENO et al. 2009). Bukové porosty jsou odolné i proti hmyzím škůdcům. Kalamitní přemnožení se prakticky nevyskytuje. Nejvýznamnějším škůdcem buku v raném věku pak zůstává na většině území ČR spárkatá zvěř.

S ohledem na pěstební vlastnosti je buk popisován jako velice plastická dřevina, která výrazně reaguje na uvolnění výchovnými zásahy jak zvýšeným tloušťkovým přírůstem, tak i tvorbou mohutných korun. Četní autoři uvádějí právě nebezpečí rozrůstání korun do šířky, čímž mohou vznikat nepravidelné až excentrické koruny, a tedy i celkově nižší kvalita porostů. Již od stadia mlazin je zde nebezpečí zakřivení

kmene a vytváření vidlic (SLODIČÁK, NOVÁK 2007). Při jakostním hodnocení bukových porostů lze pozorovat, že některé stromy mají sklon k přímému výškovému růstu, zatímco jiné se rozrůstají do šíře, a proto jsou pěstebně nežádoucí. Nositele vysoké jakosti však nelze určit již v období výchovy mlazín či prvních probírek (MRÁČEK 1989), neboť v takto mladých porostech ještě velice intenzivně dochází k posunům v cenotickém postavení jedinců. V této fázi vývoje lze tvarově hodnotnější jedince brát pouze za nadějně. Za jakostní jedince lze podle INDRUCHA (1989) považovat kmene představující tvarem, délkou i hladkostí výřez požadované kvality, přičemž takto lze jedince v porostu posoudit zhruba ve věku 60 let.

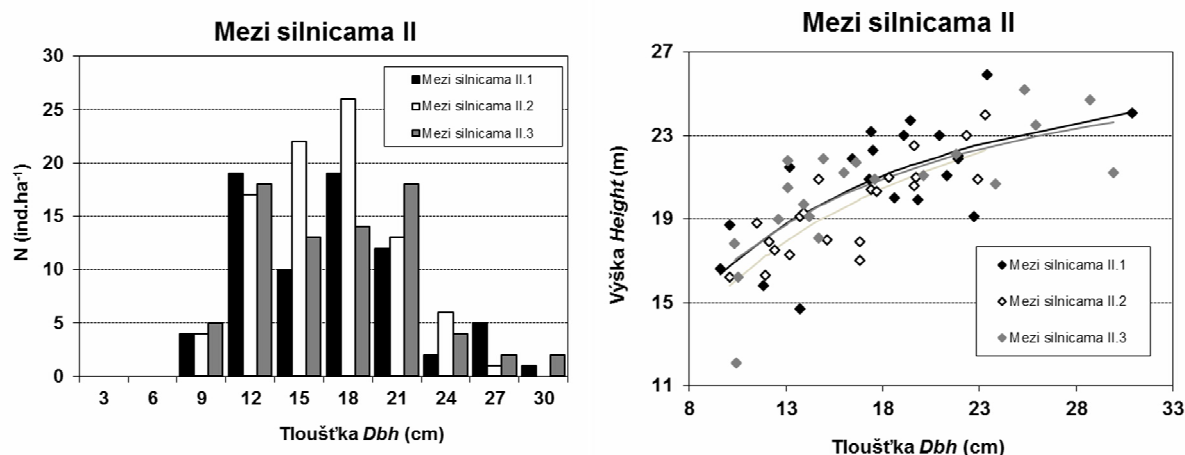
SANIGA (2001) mezi významné růstové vlastnosti buku řadí jeho relativně pomalý růst v mládí, pozdní kulminaci průměrného objemového přírůstku a celkově vysoké schopnosti kulminace biomasy. Uvedené vlastnosti musí být zohledněny v tvorbách modelů výchovy, přičemž hlavním cílem pěstební péče u této dřeviny je produkce kvalitních sortimentů (SLODIČÁK, NOVÁK 2007). Z těchto faktů vyplývá, že bukové porosty vyžadují důkladnou péči již od mlazín.

INDRUCH (1989) spatřuje největší úspěch při pěstování kvalitních porostů nejvyšších jakostí v zásadě: vyloučit jedince, který škodí lepšímu. Tato jeho zásada by měla být uplatňována po celou dobu výchovy, od první prořezávky až po poslední probírku. V podstatě jde o podporu lepších jedinců v dnešní terminologii označovanou jako pozitivní výběr (SLODIČÁK, NOVÁK 2007). Výchovně pěstební zásah lze hodnotit jako dokonalý jen tehdy, jestliže je ponechaný jedinec v úrovni či v podúrovni natolik uvolněn, že má zajištěn zdárný vývoj po několik dalších let (INDRUCH 1989). Autor uvádí, že v porostu lze ponechávat jedince nekvalitní do té doby, než se z něj stane jedinec škodící.

Vlastním cílem tohoto příspěvku je zhodnotit přírůstovou reakci jedinců buku první rok po provedeném probírkovém zásahu v závislosti na jejich výčetní tloušťce a zpětně posoudit destruktivní metodou tloušťkový přírůst jedinců buku s dominantním (6 jedinců), co-dominantním (7 jedinců) a subdominantním (5 jedinců) cenotickým postavením.

Materiál a metodika

V rámci řešení projektu „Pěstebně-ekologické a ekonomické optimum výchovy lesních porostů“ byly na území společnosti BFP Lesy a statky Tomáše Bati, s.r.o. (PLO č. 41 - Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky, SLT 5B) založeny série trvalých výzkumných ploch (TVP). V probírkových bukových porostech byly v roce 2013 založeny 3 série TVP, kdy každá série se skládá ze tří dílčích ploch. Rozměr dílčích plochy je vždy 6 arů. Pro účely toho příspěvku byly vybrány plochy na lokalitě Mezi silnicama II, které se nachází v porostu 341A5 (věk v roce 2010 44 let). Obr. 1 znázorňuje tloušťkovou strukturu a průběh výškových křivek na jednotlivých plochách před zásahem.



Obr. 1: Tloušťková struktura a výškové křivky bukových porostů na výzkumných plochách Mezi silnicama II. v roce 2013 před zásahem.

Fig. 1: DBH structure and height curves on permanent research plots Mezi Silnicama II in 2013 before thinning treatment.

Plocha II.2 je plocha kontrolní ponechaná bez zásahu, na zbývajících plochách byl proveden úrovňový výchovný zásah s odlišnou intenzitou (na ploše II.1 19.3 %, na ploše II.3 7.1 % vytěžených jedinců z původního počtu jedinců). Na všech plochách bylo shodně zvoleno 10 cílových stromů, tedy 167 stromů na 1 ha. Výběr byl směřován na kvalitativně nejlepší jedince, tedy na jedince s přímým růstem, vysoko nasazenou kvalitní korunou a bez zjevných známek poškození.

Tabulka 1: Střední výška a intenzita výběru na plochách s probírkovým zásahem

Table 1: Average height and thinning intensity on treated plots

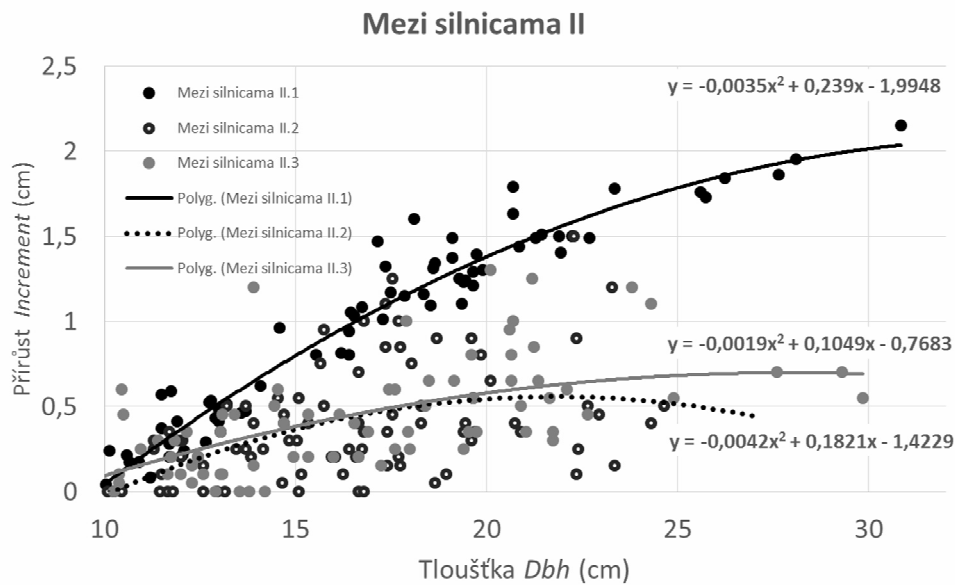
Série (plocha) <i>Series (plot)</i>	Stř. výška po probírce (m) <i>Average height after thinning (m)</i>	N/ha před probírkou <i>N/ha before thinning</i>	N/ha po probírce <i>N/ha after thinning</i>	Intenzita výběru (%) <i>Thinning intensity (%)</i>
<i>Mezi silnicama (II.1)</i>	20.3	1467	1183	19.3
<i>Mezi silnicama (II.2)</i>	19.6	1450	1450	0.0
<i>Mezi silnicama (II.3)</i>	20.3	1400	1300	7.1

Na podzim roku 2013 při realizované probírce byly odebrány vzorky z jedinců různého cenotického postavení bez známek poškození kmene a koruny a bez patrného houbového napadení. Z každého pokáceného stromu byl příčným řezem odebrán kruhový kotouč ve výčetní tloušťce s cílem vyhodnotit tloušťkový přírůst. Samotné zpracování obrazů bylo provedeno v programu Letokruhy (© Daniel Zahradník, Katedra hospodářské úpravy lesů FLD - ČZU). Tloušťkový přírůst stromů hlavního porostu byl vyhodnocen na základě dat z dendrometrického šetření na podzim roku 2013 a 2014.

Výsledky a diskuze

Z výsledků šetření přírůstové reakce první rok po provedeném probírkovém zásahu je patrné zvýšení tloušťkového přírůstu jedinců buku zejména na ploše s nejvyšší intenzitou zásahu (Mezi silnicama II.1). U stromů silnějších dimenzí je patrná výraznější reakce, přičemž zde tloušťkový přírůst u vybraných jedinců dosahuje až čtyřnásobné hodnoty oproti jedincům srovnatelných dimenzí na ploše s mírným zásahem (Mezi silnicama II.3) a na ploše kontrolní (Mezi silnicama II.2).

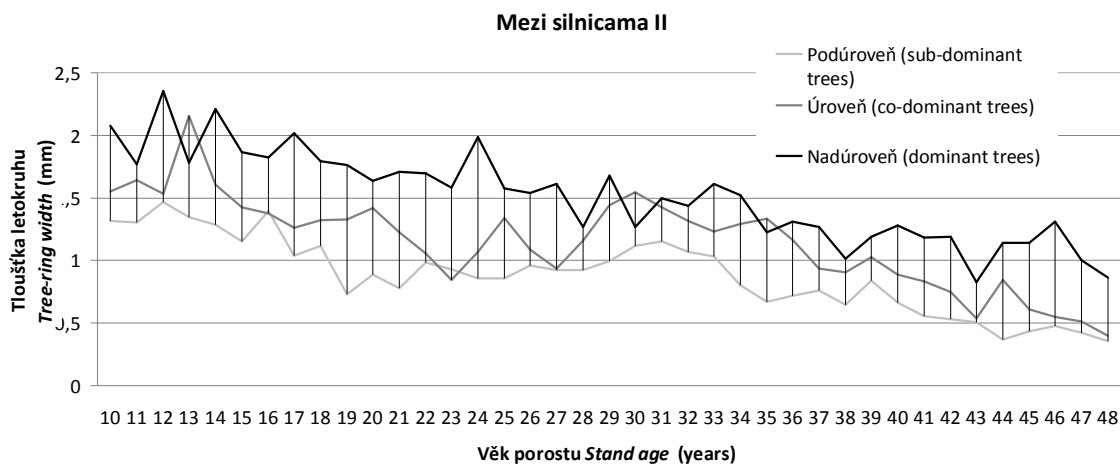
V průměru za celý soubor stromů byl na ploše II.1 tloušťkový přírůst 1.0 cm, na ploše II.3 pak 0.4 cm a na ploše kontrolní rovněž 0.4 cm (Obr. 2).



Obr. 2: Tloušťkový přírůst jedinců buku na výzkumných plochách s odlišnou intenzitou probírkového zásahu a v závislosti na jejich výčetní tloušťce (Mezi silnicama II)

Fig. 2: Diameter increment of beech individuals on research plots with different thinning intensity and in relation to their initial dbh (Mezi silnicama II)

Letokruhová analýza potvrdila výrazný odlišný tloušťkový přírůst souboru jedinců s odlišným cenotickým postavením. Největší změny přírůstu byla zaznamenány na jedincích co-dominantních, což může svědčit o oscilaci postavení jedince v průběhu vývoje porostu (Obr. 3).



Obr. 3: Průměrná šířka letokruhu jedinců buku na výzkumných plochách Mezi silnicama II. s ohledem na jejich cenotické postavení v porostu.

Fig. 3: Average tree-ring width of beech individuals on research plots Mezi silnicama II. with respect to their cenotic position.

Zvolený počet cílových stromů nemá vliv jen na konečnou produkci porostu, ale jedinci jsou ovlivňováni i v průběhu výchovy. Pokud je vybráno příliš mnoho stromů, nemůže být jediný zásah přínosem pro všechny. Je třeba provádět výběr s výhledem do budoucna tak, aby se zvolení jedinci nestali v dalším zásahu konkurenty ostatních

potencionálních cílových stromů. V našem případě se intenzita zásahu 20 % jeví jako optimální výchovná zásah pro daný typ porostu, kdy na každý cílový strom (celkem 167 cílových jedinců na 1 ha plochy) připadá přibližně 1.7 odtěžených úrovnových stromů škodících. Ve srovnání s jinými autory jsou konečné počty cílových stromů ještě nižší, přičemž SCHÜTZ (1996) např. doporučuje 97 – 166 cílových stromů, ABETZ (1979) a ALTHERR (1981) omezují toto rozpětí na 110 stromů na hektar. KURT (1982) dokonce považuje za optimální hodnoty pod 100 vybraných cílových stromů a přiklání se k tomu i další autoři, kteří pro bukové stanoviště vychovávané úrovnovou probírkou doporučují také méně než 100 cílových stromů (BONCINA et al. 2007). Jak dokazují práce mnoha autorů a stejně tak výsledky této studie, při pěstování ve volnějším zápoji lze dosáhnout vyšších průměrných přírůstků, a tak i mnohem větších dimenzí cílových stromů (ŠTEFANČÍK 2013). Další nespornou výhodou intenzivní výchovy bukových porostů je pak možnost zkrácení obmýtí, a tedy i snížení pravděpodobnosti výskytu nepravého jádra.

V hospodářském pojetí je kvalita a hodnota dřeva nástrojem výtěže. Umístěním vhodným pěstebních opatření lze dosáhnout perspektivní porostní skladby. Z hlediska kvalitativní produkce, respektive následné sortimentace, je rozhodující dolní polovina kmene nejtlustších stromů (ŠTEFANČÍK 2014). Kvalitu dřeva lze definovat jako soubor upotřebitelných vlastností, jako je tvar kmene a koruny, minimalizace vad, tloušťka kmene a další (POLENO et al. 2009). Skladba sortimentů hlavního porostu se v bukových porostech mění v závislosti na jejich tloušťkovém růstu. Se vzrůstající střední tloušťkou vzrůstá i podíl pilařských výřezů vyšších tříd a současně se zvyšuje podíl silných výřezů i u hroubí vytěženého při probírkách.

Největší vliv na zvýšení kvality stromů mají úrovnové probírky, nejvhodněji se jeví úrovnová volná probírka, při které je zajištěn dostatečný prostor pro rozvoj stromů v korunové vrstvě. Naopak u porostů vychovávaných silnou podúrovnovou probírkou podíl kulatiny dosahuje jen přibližně 15 % celkové produkce, zatímco při pravidelných zásazích do úrovně lze očekávat i více než 50 % zastoupení hodnotnější kulatiny (MRÁČEK 1989). Při podúrovnové výchově buku navíc dochází k nedostatečnému vývoji korun a opět většímu riziku předčasného rozvoje nepravého jádra. Největší vliv na sortimentní skladbu má tedy umístění probírek a zejména jejich intenzita. Nejpriznivější pro podporu kvality při zajištění bezpečnosti porostu je bezpochyby časté opakování slabších výchovných zásahů (POLENO et al. 2009). Při nevhodně provedené probírce může dokonce dojít ke zhoršení kvality i v pozdějším věku vývoje porostu. Všeobecně známý je také vliv včasné výchovy na kvalitativní produkci bukových porostů, což prokázalo mnoho prací jak v Čechách, tak i v zahraničí. Potvrzuje to svými výsledky i KORPEL (1988), který zaznamenal mnohem větší počet kvalitních jedinců při systematické výchově porostu. Také ve studii ŠTEFANČÍKA (2014) vykazovaly mnohem lepší výsledky porosty, které se začaly intenzivními probírkami vychovávat před dovršením věku 40 let.

Závěr

Výchovné seče založené na principech selekce a redukce hustoty porostů mají za následek nejen změny prostředí, ale často i významné změny taxačních parametrů. Letokruhová analýza potvrdila výrazný odlišný tloušťkový přírůstek souboru jedinců s odlišným cenotickým postavením. Největší změny přírůstu byla zaznamenána na jedincích co-dominantních, což může svědčit o oscilaci postavení jedince v průběhu vývoje porostu. Vzhledem k výrazné schopnosti buku reagovat na uvolňovací zásahy se od sebe budou výrazně lišit postupy směřující k maximální produkci dřeva od

výchovy směřující k vypěstování většího počtu kvalitnějších sortimentů s vyšším finančním ohodnocením. Vedle těchto produkčních otázek vysoká plasticita buku otevírá i široké možnosti pro podporu stability porostů úpravou štihlостního kvocientu vybraného souboru jedinců či specifické způsoby pěstební managementu s cílem dosažení co největších dimenzí stromů pro hospodářské i ochranné cíle. V naší dílčí studii byl potvrzen okamžitý efekt zvýšení tloušťkového přírůstu jedinců buku, a to zejména na ploše s intenzitou zásahu blížící se 20 %.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu Technologické agentury ČR TA02021250 Pěstebně-ekologické a ekonomické optimum výchovy lesních porostů.

Literatura

- ABETZ, P. Brauchen wir „Durchforstungshilfen?“. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1979. 130: s. 945-963.
- ALTHERR, E. Erfahrungen bei der Anwendung quantifizierter Durchforstungshilfen in Buchenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift, 1981. 22: s. 552-554.
- BONCINA, A., KADUNC, A., ROBIC, D. Effects of selective thinning on growth and development of beech (*Fagus sylvatica* L.) forest stands in south-eastern Slovenia. Annals of Forest Science, 2007. 64 (1): s. 47-57.
- INDRUCH, A. Zakládání a výchova listnatých porostů. Praha: SZN, 1989. 144 s.
- KORPEL, S. Dynamika rastu a vývoja bukových porastov vo fáze mladiny až žrdoviny vplyvom pestovnej techniky. Acta Facultatis Forestalis, 1988. 30: s. 9-38.
- KURT, A. Ziel, Voraussage und Kontrolle von Nutzungen im Forstbetrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1982. 133: s. 93-114.
- MRÁČEK, Z., 1989: Pěstování buku. Praha: SZN, 1989. 224 s.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ V., REMEŠ, J., ŠTEFÁNČÍK, I., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., KUPKA, I., MALÍK, V., TURČÁNI, M., DVOŘÁK, J., ZATLOUKAL, V., BÍLEK, L., BALÁŠ, M., SIMON, J. Pěstování lesů III. Kostelec n. Č. l.: Lesnická práce, 2009. 952 s.
- SANIGA, M. Pestovanie lesa. Vyd. 1. Zvolen: Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, 2001. 176 s.
- SCHÜTZ, J.P. Auswahl der Ausleseebäume in der schweizerischen Auslesedurchforstung, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1987. 183: s. 1037-1053.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. Strnady: VÚLHM, 2007. 46 s.
- ŠTEFÁNČÍK, I. Development of target (crop) trees in beech (*Fagus sylvatica* L.) stand with delayed initial tending and managed by different thinning methods. Journal of Forest Science, 2013. 59 (6): s. 253-259.
- ŠTEFÁNČÍK, I. Porovnanie kvalitatívnej produkcie dvoch bukových (*Fagus sylvatica* L.) porastov na kyslom stanovišti. Lesnicky časopis – Forestry Journal, 2014. 60: s. 231-239.

RŮST RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝCH BUKOVÝCH POROSTŮ ZALOŽENÝCH UMĚLOU OBNOVOU

GROWTH OF DIFFERENTLY THINNED BEECH STANDS ESTABLISHED BY ARTIFICIAL REGENERATION

Jiří Novák, David Dušek, Marian Slodičák

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, Opočno, CZ-517 73, Česká republika

Abstract

Beech stands are usually regenerated naturally, however this method is not applicable in all sites, which are planned for afforestation by beech. Especially, artificial regeneration is necessary for conversion of spruce stands, which were previously established on unsuitable localities. This begs the question whether in case of artificially regenerated beech stands, it is appropriate to use traditional thinning methods based on naturally regenerated stands, which usually have higher stand density. Therefore, the aim of presented paper was the initial evaluation of growth and development of differently thinned young (30-year-old) beech stands on two experimental series. Our results showed, that thinning supported periodical increment of stand basal area and also led to lower amount of salvage cut only in experiment located at lower elevation (345 m). Effect of thinning on diameter increment of dominant trees was no-uniform in both experiments at elevation 345 and 890 m. Quotient of slenderness for dominant trees achieved favourable values regardless of thinning on both experiments.

Keywords: European beech, thinning, diameter growth, quotient of slenderness

Abstrakt

Bukové porosty jsou nejčastěji obnovovány přirozeně. Tento postup však nelze aplikovat na všech stanovištích, která jsou plánována pro obnovu této dřeviny. Zejména její (znovu) zavádění na stanovitě dříve nevhodně zalesněná smrkem vyžaduje využití i obnovy umělé. Vzniká otázka, zda takovéto porosty lze následně vychovávat podle známých postupů ověřených v porostech z přirozené obnovy, které většinou vykazují značně vyšší hustotu. Cílem příspěvku je proto zhodnocení průběžných výsledků o růstu a vývoji různě vychovávaných bukových porostů ze dvou experimentálních sérií založených v porostech do 30 let věku. Výsledky ukázaly, že na níže položeném experimentu (345 m n. m.) výchovné zásahy podpořily periodický přírůst porostní výčetní základny a také vedly k menšímu podílu nahodilé těžby. Efekt provedených výchovných zásahů na přírůst výčetní tloušťky dominantních stromů byl nejednoznačný na obou experimentech v nadmořských výškách 345 a 890 m. Štíhlostní kvocient dominantních stromů dosahoval příznivých hodnot bez ohledu na provedené výchovné zásahy, a to na obou experimentech.

Klíčová slova: buk lesní, výchova lesa, tloušťkový růst, štíhlostní kvocient

Úvod

Buk je v lesích ČR zastoupen 7,8 %, tj. ca na 202,6 tis. ha redukované plochy a je tak v současnosti nejrozšířenější listnatou dřevinou (MZE 2013). V přirozené druhové skladbě zabíral buk více jak 40 %. V souvislosti s dlouhodobým odklonem od pěstování jehličnatých monokultur na nevhodných stanovištích se počítá s postupným navýšením podílu buku až na doporučených 18 %. Z mnoha důvodů je tato dřevina obnovována nejčastěji přirozeně. Mimo jiné je tak lépe zajištěna potřebná hustota mladých porostů. Přirozenou obnovu však nelze aplikovat na všech stanovištích, která jsou plánována pro obnovu této dřeviny. Zejména její (znovu)zavádění na stanovitě dříve nevhodně zalesněná smrkem vyžaduje využití i obnovy umělé. Za poslední desetiletí je buk uměle obnovován na ca 3,4 až 4,9 tis. ha ročně (MZE 2013). V našich lesích tedy vzniklo a nadále bude přibývat významné množství bukových porostů založených umělou obnovou. Těmto porostům je třeba věnovat náležitou pozornost i při jejich výchově, která může bukové porosty

ovlivňovat jednak z pohledu kvantity a kvality produkce (např. ABETZ, OHNENUS 1999; BASTIEN et al. 2005; BONCINA et al. 2007; ŠTEFANČÍK 2013a), ale také dalších funkcí lesa. Význam výchovy bukových porostů byl potvrzen s ohledem na koloběh uhlíku (BORYS et al. 2013) a dusíku (NAHM et al. 2006; DANNENMANN et al. 2007a), ale také ve vztahu ke klimatu (CESCATTI, PIUTTI 1998; LEMOINE et al. 2002; DANNENMANN et al. 2007b; ŠTEFANČÍK 2008). Pozitivní vliv výchovy ve vztahu adaptace bukových porostů na klimatické změny potvrdil také VAN DER MAATEN (2013). Porosty vychovávané i v 70 letech věku vykazovaly následně lepší přírůst, a to i v letech s velmi malými srážkami. Navíc se díky výchově v těchto porostech prodloužila i růstová sezóna v porovnání s porosty bez výchovy.

Výchově bukových porostů je v Evropě dlouhodobě věnována velká pozornost. Naprostá většina experimentálních prací však byla realizována v porostech z přirozené obnovy. Navíc byl výzkum směřován spíše do dospívajících porostů, tj. se zahájením výchovy až po 40 letech věku (např. UTSCHIG, KÜSTERS 2003; PRETZSCH 2005; ŠTEFANČÍK 2013a, 2014). Pouze několik studií se zabývá výchovou zahájenou v mladších bukových porostech (MRÁČEK 1989; LE GOFF, OTTORINI 1993; SKOVSGAARD et al. 2006; ŠTEFANČÍK 2013b, 2015; ŠTEFANČÍK et al. 2014; YÜCESAN et al. 2015).

Jak již bylo zmíněno, pokud jde o výchovu buku, jsou v současnosti lesnické praxi k dispozici zejména poznatky z porostů obnovovaných přirozeně a se zahájením výchovy po 40. roku věku. Pěstební doporučení ověřená v uměle obnovovaných mladých porostech jsou dosud nedostatečná. Cílem příspěvku je proto zhodnocení průběžných výsledků o růstu a vývoji různě vychovávaných bukových porostů ze dvou experimentálních sérií založených pracovníky VÚLHM, v.v.i. v porostech do 30 let věku.

Metodika

Výzkum probíhal na dvou experimentálních sériích Deštné v PLO 25 – Orlické hory a Roblín v PLO 8b – Český kras. Na obou experimentech je sledován vliv výchovy na růst a vývoj mladých bukových porostů, které vykazují pouze průměrnou kvalitu. Série variant s výchovou je vždy doplněna srovnávacím porostem bez výchovy, kde jsou odstraňovány pouze zlomy, vývraty a souše.

Experiment Deštné byl založen v roce 1996 v tehdy 14letém bukovém porostu, který je součástí pěstebně-ekologického stacionáru (KANTOR 1981). Porost vznikl výsadbou na jaře 1982. Lokalita se nachází v nadmořské výšce 890 m na SLT 6K (*Piceeto - Fagetum acidophilum*). Od roku 1996 (věk 15 let) byly v porostu kompletně evidovány 4 dílčí plochy o výměře 0,09 ha. Plocha K byla ponechána bez výchovy. Na ploše Z1 byl v roce 1996 proveden úrovňový výchovný zásah se zaměřením na uvolnění cílových/nadějných jedinců (500 stromů na ha) od jednoho až dvou konkurentů. Další zásahy byly provedeny v roce 2009, kdy porost dosáhl věku 28 let. Na ploše Z1 a Z3 byly pozitivním výběrem v úrovni uvolnění cíloví/nadějní jedinci od jednoho (Z1) nebo dvou (Z3) konkurentů. Na ploše Z2 byl proveden pouze negativní výběr v úrovni (odstranění předrostlíků a obrostlíků).

Experiment Roblín byl založen v roce 1999 v tehdy 28letém bukovém porostu, který vznikl výsadbou původně jako sponový pokus v roce 1971 (MRÁČEK 1989). Lokalita se nachází v nadmořské výšce 345 m na SLT 3H (*Querceto - Fagetum illimerosum trophicum*). Při výsadbě byla použita hektarová hustota od 4,4 do 13,3 tis. Po deseti letech od výsadby byly nejhustší spony proředěny na 50 %, tj. na průměrnou hustotu 5,5 tis. stromů na hektar. Pro sledování efektů výchovy byly v roce 1999 založeny napříč původními spony dvě srovnávací plochy

o výměře 0,2 ha. Plocha K byla ponechána bez výchovy a na ploše Z byl v březnu roku 2000 vyznačen výchovný zásah zaměřený na negativní výběr v úrovni (odstranění předrůstavých a úrovnových netvárných jedinců). Druhý zásah zaměřený opět na odstranění netvárných jedinců byl proveden převážně v úrovni v roce 2004, kdy porost dosáhl věku 33 let.

U všech jedinců na obou experimentech byl každoročně sledován vývoj mortality, výčetní tloušťky, výšky a kvality kmene. Pro účely této práce byl vyhodnocen vývoj počtu stromů, výčetní tloušťky, výčetní základy a štíhlostního kvocientu do věku 42 (Roblín) a 33 let (Deštné). Sledované veličiny byly z naměřených dat kalkulovány pro střední kmen a horné stromové patro (100 nejtlustších jedinců na hektar). Vzhledem k designu experimentů jsou data analyzována pouze pomocí popisných charakteristik výběru - aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Výsledky

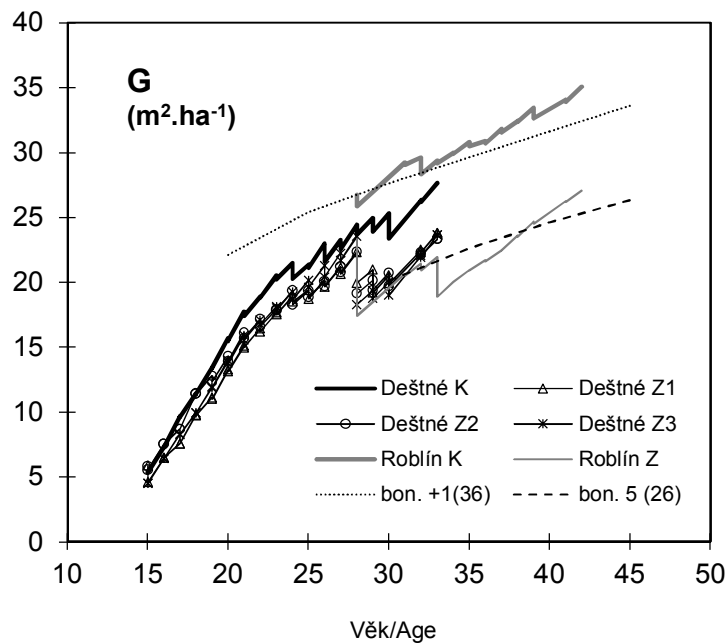
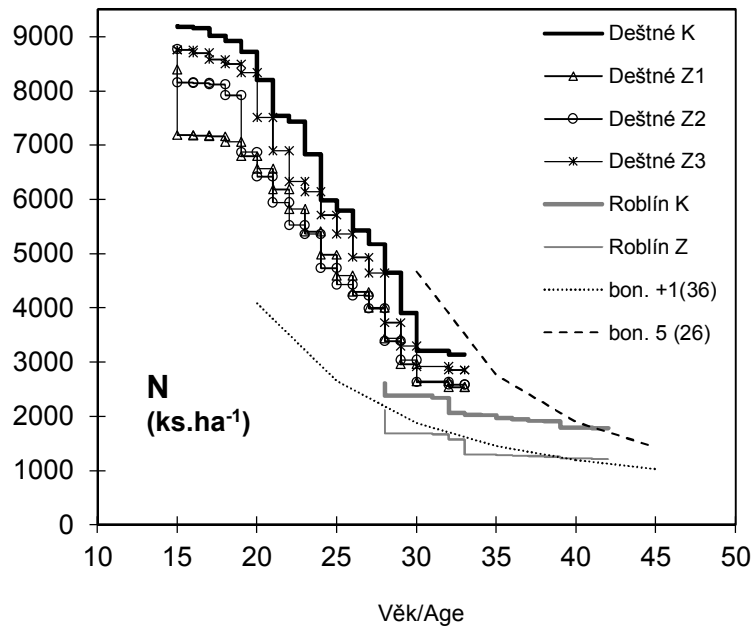
Vývoj počtu stromů (N) a výčetní kruhové základny (G)

Na experimentu Deštné byla zaznamenána na počátku sledování ve věku 15 let hustota 8,4 až 9,2 tis. stromů na hektar odpovídající výčetní základně 4,5 až 5,9 m².ha⁻¹ (obr. 1). Prvním zásahem na ploše Z1 bylo odstraněno 14 % N, tj. 22 % G. Další zásahy byly provedeny ve věku 28 let, kdy bylo odstraněno na ploše Z1 14 % N (10 % G), na ploše Z2 15 % N (14 % G) a na ploše Z3 20 % N (23 % G). Na konci sledovaného období, tj. ve věku 33 let se hustota sledovaných porostů pohybovala v rozmezí 2,5 až 3,1 tis. jedinců na hektar s výčetní základnou 23,3 až 27,6 m².ha⁻¹. Nahodilou a úmyslnou těžbou bylo z porostů za sledované období odstraněno 5,8 až 6,2 tis. jedinců na hektar. Podíl nahodilé těžby na úbytku stromů byl 70, 90 a 85 % na plochách Z1, Z2 a Z3 s výchovou a samozřejmě 100 % na kontrolní ploše bez výchovy.

Periodický přírůst výčetní základny včetně úmyslných a nahodilých těžeb činil za sledované období 27 až 31 m².ha⁻¹, přičemž vyšší byl na plochách K a Z3 (31 a 30 m²) a nižší na plochách Z1 a Z2 (27 m²). Celkem 20, 24 a 18 % z tohoto přírůstu bylo vytěženo nahodile na plochách Z1, Z2 a Z3. Nejvyšší podíl (28 %) nahodilé těžby na periodickém přírůstu G byl zaznamenán na kontrolní ploše.

Na experimentu Roblín, kde byla výchova zahájena později, tj. ve věku 28 let byla na plochách K (kontrola) a Z (zásah) zjištěna hustota 2,6 až 2,1 tis. stromů na hektar odpovídající výčetní základně 26,7 a 23,4 m².ha⁻¹ (obr. 1). Prvním zásahem na ploše Z bylo odstraněno 20 % N, tj. 26 % G. Další zásah byl proveden o pět let později, tj. ve věku 33 let, kdy bylo odstraněno 18 % N (14 % G). Na konci sledovaného období, tj. ve věku 42 let byla zjištěna hustota sledovaných porostů 1,8 (K) a 1,2 (Z) tis. jedinců na hektar s výčetní základnou 35,0 a 27,0 m².ha⁻¹. Nahodilou a úmyslnou těžbou bylo z porostů za sledované období odstraněno 825 (K) a 905 (Z) jedinců na hektar. Podíl nahodilé těžby na úbytku stromů byl 70 % na ploše s výchovou (Z) a se 100 % na kontrolní ploše (K).

Periodický přírůst výčetní základny včetně úmyslných a nahodilých těžeb za sledované období byl vyšší na ploše s výchovou (13,9 m².ha⁻¹) ve srovnání s plochou bez výchovy (12,7 m².ha⁻¹). Celkem pouze 8 % z tohoto přírůstu bylo vytěženo na ploše s výchovou nahodile, zatímco na kontrolní ploše bez výchovy dosáhl podíl nahodilé těžby na periodickém přírůstu G hodnoty 35 %.



Obr. 1: Vývoj počtu stromů na hektar (nahore) a výčetní základny (dole) na dílčích plochách experimentů Deštné a Roblín (popis ploch a zásahů viz metodika) ve srovnání s údaji z růstových tabulek (ČERNÝ et al. 1996) pro +1 (36) a 5 (26) bonitu.

Fig. 1: Number of trees per hectare (at the top) and basal area (at the bottom) on partial plots of experiments Deštné and Roblín (K – control plots, Z – plots with thinning) in comparison with values from growth tables (Černý et al. 1996) for site index +1 (36) and 5 (26).

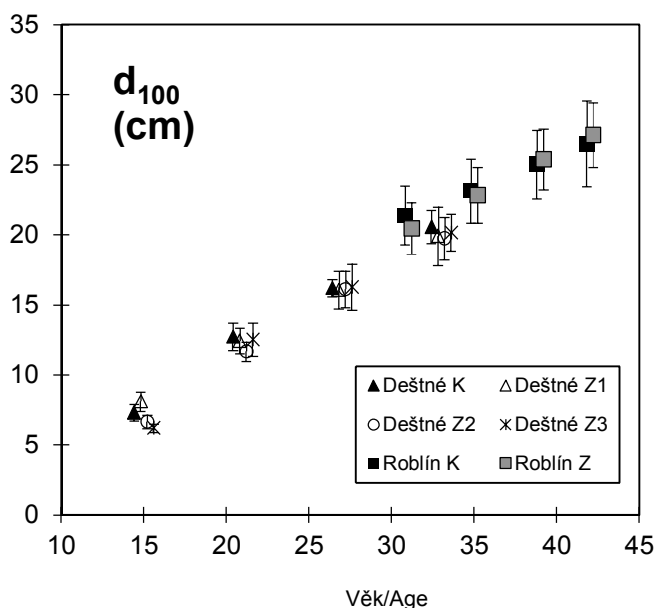
Výčetní tloušťka a štíhlostní kvocient dominantních stromů

Na experimentu Deštné se průměrná výčetní tloušťka d_{100} (100 nejtlustších jedinců na hektar) ve věku 15 let pohybovala od 6,2 do 8,1 cm (obr. 2). Na konci sledovaného období, tj. ve věku 33 let dosahovaly hodnoty d_{100} 19,7 až 20,6 cm. Rozdíly mezi plochami se tedy v průběhu sledování postupně zmenšovaly.

Největší přírůst tloušťky d_{100} ve věku 15 až 33 let byl zjištěn na ploše Z3 (14,0 cm, tj. 226 % počáteční hodnoty). Na plochách K a Z2 dosáhl přírůst d_{100} 13,3 cm (182 %) a 13,1 cm (197 %). Nejmenší přírůst (11,8 cm, 146 %) byl zaznamenán na ploše Z1.

Na experimentu Roblín se průměrná výčetní tloušťka d_{100} ve věku 31 let pohybovala od 20,4 (plocha Z) do 21,4 cm (K). Na konci sledovaného období, tj. ve věku 42 let dosahovaly hodnoty d_{100} 26,5 (K) a 27,1 cm (Z). Rozdíly mezi plochami se tedy podobně jako u experimentu Deštné v průběhu sledování postupně zmenšily. Větší přírůst tloušťky d_{100} ve věku 31 až 42 let byl zjištěn na ploše Z se zásahy (6,7 cm, tj. 33 % počáteční hodnoty). Na ploše K kontrolní dosáhl přírůst d_{100} jen 5,1 cm (24 %).

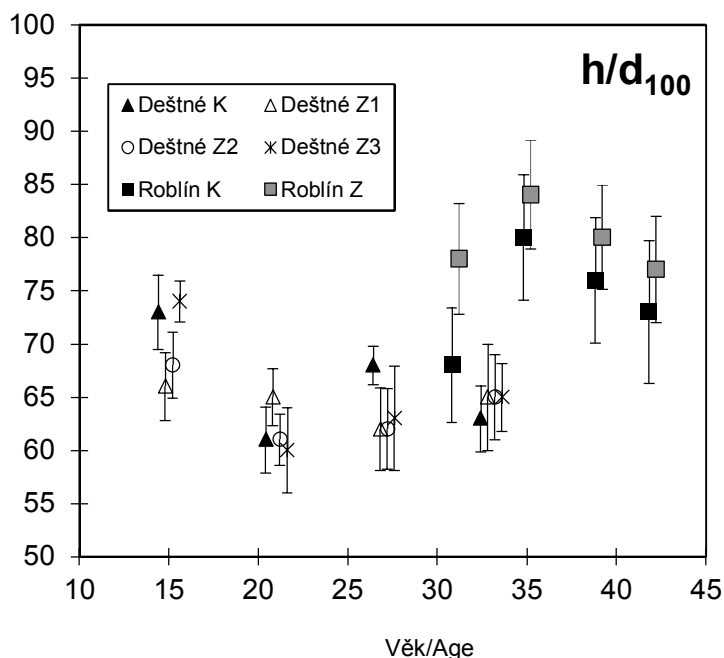
Štíhlostní kvocient 100 nejtlustších stromů na hektar (h/d_{100}) dosahoval ve věku 15 let na experimentu Deštné hodnot 66 (plocha Z1) až 74 (plocha Z3). V následujících letech došlo k poklesu hodnot h/d_{100} na všech plochách experimentu (obr. 3), ve věku 21 let byly zjištěny hodnoty od 60 (Z3) do 65 (Z1). V dalších letech štíhlostní kvocient pouze mírně stoupal a ve věku 33 let dosáhl hodnot 63 (plocha K) a 65 (plocha Z1, Z2 i Z3).



Obr. 2: Vývoj výčetní tloušťky (aritmetický průměr se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (100 nejtlustších jedinců na hektar) na dílčích plochách experimentů Deštné a Roblín (popis ploch a zásahů viz metodika).

Fig. 2: Diameter at breast height (means with standard deviations) of dominant trees (100 thickest trees per hectare) on partial plots of experiments Deštné and Roblín (K – control plots, Z – plots with thinning).

Ve starším porostu experimentu Roblín dosahovaly hodnoty h/d_{100} na počátku sledování ve věku 31 let 68 (plocha K) a 78 (plocha Z). Maximální hodnoty byly zaznamenány ve věku 35 let – 80 na ploše kontrolní a 84 na ploše s výchovou. V následujících letech na obou sledovaných plochách experimentu štíhlostní kvocient h/d_{100} klesal až na hodnoty 73 (K) a 77 (Z) ve věku 42 let.



Obr. 3: Vývoj štíhlostního kvocientu (aritmetický průměr se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (100 nejtlustších jedinců na hektar) na dílčích plochách experimentů Deštné a Roblín (popis ploch a zásahů viz metodika).

Fig. 2: Quotient of slenderness – h/d ratio (means with standard deviations) of dominant trees (100 thickest trees per hectare) on partial plots of experiments Deštné and Roblín (K – control plots, Z – plots with thinning).

Diskuse a závěr

Ačkoliv jsou v naší studii analyzovány experimenty z velmi rozdílných přírodních podmínek (Roblín – SLT 3H, Deštné – SLT 6K), zjištěné hodnoty počtu stromů a výčetní základny (porovnány podle věku) se na obou experimentech pohybují mezi tabulkovými hodnotami pro +1 (36) a 5 (26) bonitu (ČERNÝ et al. 1996).

Jak již bylo zmíněno v úvodu, velká většina dosavadních výzkumů výchovy bukových porostů byla realizována v porostech vzniklých z přirozené obnovy. Takové porosty mají na počátku výchovy vysokou hustotu a také většinou dobrou kvalitu (ŠTEFANČÍK 2013abc; ŠTEFANČÍK, BOŠELA 2014; ŠTEFANČÍK et al. 2014). Dlouhodobě bylo uvedenými autory ověřeno, že pokud se hospodář v takových porostech zaměří na kvantitu produkce, je výhodné použít podúrovňové zásahy. Naopak při zaměření na budoucí kvalitu porostu je nejlépe použít tzv. volnou úrovňovou probírku.

Většinou nedostatečnou hustotu uměle založených bukových porostů můžeme demonstrovat porovnáním údajů z našich experimentů a pokusů založených v porostech obnovených přirozeně (ŠTEFANČÍK 2013b). Citovaný autor uvádí ve věku 36 let hustotu 4,2 až 4,5 tis. jedinců na hektar před zahájením výchovy a po zásazích (ve věku 40 let) 3,2 tis. jedinců na ploše s úrovňovou volnou probírkou a 1,8 tis.

jedinců na ploše vychovávané silnějšími podúrovňovými zásahy. Na našich pokusech bylo ve věku 36 let (Roblín) pouze 1,3 až 1,9 tis. jedinců a ve věku 33 let (Deštné) pouze 2,5 až 3,1 tis. jedinců na hektar. Naopak hodnoty výčetní základny v tomto věku byly srovnatelné - ŠTEFANČÍK (2013b) – 27 až 29 m².ha⁻¹, naše experimenty 23 až 30 m².ha⁻¹. Znamená to tedy, že v našich porostech z umělé obnovy je sice méně stromů, ale vykazují větší výčetní tloušťku ve srovnání se stejně starými porosty z přirozené obnovy. Pokud naše porosty navíc vykazují pouze průměrnou kvalitu, je možno využít jejich dobrého růstu alespoň k zabezpečení kvantity produkce.

Z pokusů provedených v bukových porostech založených uměle jsou k dispozici starší údaje (MRÁČEK 1989). Ten vypěstování kvalitních mlazin z umělé obnovy podmiňuje správnou volbou sponu při zalesňování. Pro budoucí kvalitu doporučuje 10 až 12 tis. sazenic na hektar. Naopak na stanovištích určených spíše pro pěstování kvantity produkce (a při pouze průměrné genetické kvalitě sadebního materiálu) považuje za dostatečný počet 8 tis. jedinců na hektar.

Výsledky experimentů s výchovou uměle založených bukových porostů uvádí také YÜCESAN et al. (2015). V porostech *Fagus orientalis* zjistili, že odstraněním 40 % výčetní základny G v 18letém porostu došlo v následujících letech k signifikantnímu nárůstu výčetní tloušťky, avšak zcela se nivelizovala původně bohatá struktura porostu. Naopak odstranění 19 % G ve stejném věku podpořilo zvýšení výčetní tloušťky pouze zanedbatelně. To koresponduje s našimi výsledky, kdy jsme při zásazích odstraňovali na experimentech jen 10 až 26 % G. Námi zaznamenaný trend vyššího periodického přírůstu G po zásahu na níže položeném experimentu Roblín však alespoň částečně potvrzuje i poznatky z porostů obnovovaných přirozeně (ŠTEFANČÍK 2014), tj. že ať už byla výchova prováděna v úrovni nebo podúrovni, vždy došlo ke zlepšení růstových charakteristik ve srovnání s porosty ponechanými bez výchovy.

Mladé bukové porosty mohou být na určitých stanovištích ohrožovány sněhem. Dochází k tomu zejména u časných sněhových srážek na podzim, kdy jsou buky ještě olistěny (MRÁČEK 1989). Na našich experimentech jsme zjistili dosud minimální vliv provedených zásahů na parametry dominantních stromů - výčetní tloušťku d_{100} a štíhlostní kvocient h/d_{100} . Jestliže se za kritické h/d u buku v oblastech ohrožovaných sněhem pokládají hodnoty nad 100 (JURČA et al. 1973), lze námi sledované porosty (zejména jejich kostru) považovat za stabilní (h/d_{100} pod 75 na experimentu Deštné a pod 85 na experimentu Roblín). Z porovnání vývoje h/d_{100} na obou experimentech je patrný vliv stanoviště na výšku horního stromového patra. Porosty v horských polohách (experiment Deštné) přirůstají v porovnání s porosty z nižších poloh (Roblín) ve stejném věku méně do výšky, což přispívá k jejich přirozeně větší stabilitě zejména vůči škodlivému působení sněhu.

Z provedené analýzy efektu výchovy v mladých bukových porostech založených umělou obnovou na různých stanovištích vyplývá:

- Efekt výchovných zásahů se projevil zejména na níže položeném experimentu Roblín v podpoře periodického přírůstu porostní výčetní základny, a také v menším podílu nahodilé těžby.
- Efekt provedených výchovných zásahů na přírůst výčetní základny u výše položeného experimentu Deštné a na výčetní tloušťku dominantních stromů u obou experimentů byl nejednoznačný.
- Štíhlostní kvocient dominantních stromů jako parametr statické stability dosahoval příznivých hodnot bez ohledu na provedené výchovné zásahy, a to na obou experimentech.

Pro ověření prezentovaných trendů doporučujeme realizovat (ve vhodném designu) další experimenty s výchovou bukových porostů, zejména v porostech z umělé obnovy, kde jsou poznatky dosud nedostatečné, i když takovýchto porostů vzniká v ČR ročně až 5 tis. hektarů.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu Technologické agentury ČR „Pěstebně-ekologické a ekonomické optimum výchovy lesních porostů“ (TA02021250) a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO01145 (č. j. 86535774/20145- MZE-17011).

Literatura

- ABETZ, P., OHNEMUS, K. Überprüfung von Z-Baum-Normen für Buche anhand einer Versuchsfläche (Verification of the future-crop-tree-norms (ZB-norm) for beech in a thinning experiment). *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 1999. 170 (9): s. 157-164.
- BASTIEN, Y., HEIN, S., CHAVANE, A. Sylviculture du Hêtre: contraintes, enjeux, orientations de gestion (Beech silviculture – constraints, implications, management guidelines). *Rev. For. Fr.*, 2005. LVII (2): s. 111-122.
- BONCINA, A., KADUNC, A., ROBIC, D. Effects of selective thinning on growth and development of beech (*Fagus sylvatica* L.) forest stands in south-eastern Slovenia. *Ann. For. Sci.*, 2007. 64: s. 47-57.
- BORYS, A., LASCH, P., SUCKOW, F., REYER, C. Carbon storage in beech stands depending on forest management regime and climate change. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 2013. 184 (1-2): s. 26-35.
- CESCATTI, A., PIUTTI, E. Silvicultural alternatives, competition regime and sensitivity to climate in a European beech forest. *Forest Ecology and Management*, 1998. 102: s. 213-223.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. *Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, dub, buk)*. Jílové u Prahy: IFER, 1996: 245 s.
- DANNENMANN, M., GASCHÉ, R., LEDEBUHR, A., HOLST, T., MAYER, H., PAPAN, H. The effect of forest management on trace gas exchange at the pedosphere-atmosphere interface in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests stocking on calcareous soils. *Eur. J. Forest Res.*, 2007a. 126: s. 331-346.
- DANNENMANN, M., GASCHÉ, R., PAPAN, H. Nitrogen turnover and N₂O production in the forest floor of beech stands as influenced by forest management. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 2007b. 170: s. 134-144.
- JURČA, J., CHROUST, L., PETŘÍČEK, V., ŠVENDA, A. *Racionalizace výchovy mladých lesních porostů*. Praha: SZN, 1973. 239 s.
- KANTOR, P. Intercepce horských smrkových a bukových porostů. *Lesnictví*, 1981. 27 (2): s. 171-192.
- LE GOFF, N., OTTORINI, J-M. Thinning and climate effects on growth of beech (*Fagus sylvatica* L.) in experimental stands. *Forest Ecology and Management*, 1993. 62: s. 1-14.
- LEMOINE, D., JACQUEMIN, S., GRANIER, A. Beech (*Fagus sylvatica* L.) branches show acclimation of xylem anatomy and hydraulic properties to increased light after thinning. *Ann. For. Sci.*, 2002. 59: s. 761-766.
- MZE. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013. 132 s.

- MRÁČEK, Z. *Pěstování buku*. Praha: SZN, 1989. 224 s.
- NAHM, M., HOLST, T., MATZARAKIS, A., MAYER, H., RENNENBERG, H., GEßLER, A. Soluble N compound profiles and concentrations in European beech (*Fagus sylvatica* L.) are influenced by local climate and thinning. *Eur. J. Forest Res.*, 2006. 125: s. 1-4.
- PRETZSCH, H. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *Eur. J. Forest Res.*, 2005. 124: s. 193-205.
- SKOVSGAARD, J.P., NORDFJELL, T., SØRENSEN, I.H. Precommercial thinning of beech (*Fagus sylvatica* L.): Early effects of stump height on growth and natural pruning of potential crop trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2006. 21: s. 380-387.
- ŠTEFANČÍK, I. The influence of different thinning regime on beech diameter increment under climate change conditions. *Forestry Journal*, 2008. 54 (Suppl. 1): s. 91-98.
- ŠTEFANČÍK, I. Development of target (crop) trees in beech (*Fagus sylvatica* L.) stand with delayed initial tending and managed by different thinning methods. *Journal of Forest Science*, 2013a. 59 (6): s. 253-259.
- ŠTEFANČÍK, I. Vplyv dlhodobej rozdielnej výchovy na vývoj kvantitatívnej produkcie bukovej žrdkoviny v oblasti stredného Slovenska. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2013b. 58 (4): s. 307-313.
- ŠTEFANČÍK, I. Effect of delayed tending on development of beech (*Fagus sylvatica* L.) pole stage stand. *Folia Oecologica*, 2013c. 40 (2): s. 272-281.
- ŠTEFANČÍK, I. Porovnanie kvalitatívnej produkcie dvoch bukových (*Fagus sylvatica* L.) porastov na kyslom stanovišti. *Lesn. Cas. For. J.*, 2014. 60: s. 231-239.
- ŠTEFANČÍK, I. The effect of different tending on stand structure and quantitative production of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in a selected region of East Slovakia. *Journal of Forest Science*, 2015. 61 (3): s. 98-105.
- ŠTEFANČÍK, I., BOŠELA, M. An influence of different thinning methods on qualitative wood production of European beech (*Fagus sylvatica* L.) on two eutrophic sites in the Western Carpathians. *Journal of Forest Science*, 2014. 60 (10): s. 406-416.
- ŠTEFANČÍK, I., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., KLOUČEK, T. Dopad výchovy na kvantitatívnu produkciu bukovej (*Fagus sylvatica* L.) žrdkoviny v oblasti Vihorlatských vrchov (Slovensko). *Zprávy lesnického výzkumu*, 2014. 59 (3): s. 198-204.
- UTSCHIG, H., KÜSTERS, E. Wachstumsreaktionen der Buche (*Fagus sylvatica* (L.)) auf Durchforstungen - 130-jährige Beobachtung des Durchforstungsversuches Elmstein 20. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 2003. 122 (6): s. 389-409.
- VAN DER MAATEN, E. Thinning prolongs growth duration of European beech (*Fagus sylvatica* L.) across a valley in southwestern Germany. *Forest Ecology and Management*, 2013. 306: s. 135-141.
- YÜCESAN, Z., ÖZELİK, S., OKTAN, E. Effects of thinning on stand structure and tree stability in an afforested oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand in northeast Turkey. *J. For. Res.*, 2015. 26 (1): s. 123-129.

KVALITA DREVA A JEHO HODNOTA V ZMIEŠANÝCH VERZUS ROVNORODÝCH PORASTOCH SMREKA, JEDLE A BUKA

STEM QUALITY AND ITS VALUE IN MIXED- VERSUS SINGLE-SPECIES FORESTS OF SPRUCE, FIR AND BEECH

Rudolf Petráš, Julian Mecko, Michal Bošela

Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

Abstract

Stem quality and damage were investigated and assortments structure including their financial value was derived using repeated measurements on long-term research plots in spruce-fir-beech mixed forest stands. Results were compared with single-species stands of spruce, fir and beech growing in similar ecological conditions. Stand-level assortment models and assortment growth and yield models were used for this purpose. The worst quality was found for beech. The proportion of highest-quality stems of beech was found to be lower in mixed than in single-species forest by 24%. Fir and beech had less intensive stem damage in single-species than in mixed forest stands. Fir and spruce had smaller proportions of higher-quality assortments (III.A) and larger proportions of III.B quality class in the mixed forest stands than in single-species ones. Single-species beech stands had by 1 – 7% higher proportions of high-quality assortments of I – IIIA classes compared to mixed forests.
Keywords: species-mixed forests, stem quality, assortment structure

Abstrakt

Z opakovaných meraní výskumných plôch zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov sa zhodnotila kvalita a poškodenie kmeňov, odvodila štruktúru sortimentov a ich finančná hodnota. Výsledky sa porovnali s čistými porastmi smreka, jedle a buka v podobných rastových podmienkach. Použili sa k tomu modely porastových sortimentačných tabuliek, modely sortimentačných a hodnotových rastových tabuliek. Najhoršiu kvalitu kmeňov v zmiešaných porastoch má buk. Podiel kmeňov najvyššej kvality má v zmiešaných porastoch o 24 % nižší ako v rovnírodých. Jedľa a buk majú nižšie poškodenie kmeňov v rovnírodých porastoch. Jedľa a smrek majú v zmiešaných porastoch nižšie podiely kvalitnejších piliarskych výrezov triedy IIIA a vyššie podiely triedy IIIB. Rovnorodé bučiny majú približne o 1 – 7 % väčšie podiely kvalitnejších sortimentov triedy I – IIIA ako zmiešané.

Kľúčové slová: zmiešané porasty, kvalita kmeňov, štruktúra sortimentov

Úvod a problematika

V odborných kruhoch sa väčšinou tvrdí, že zmiešané porasty majú vyššiu produkciu, ale v skutočnosti je táto vec stále otvorená (KRAMER et al. 1988; PRETZSCH 2009). Je zložité na ňu objektívne a jednoznačne odpovedať a mnohí autori ju považujú za veľmi ťažkú. Nie je správne, keď sa na ňu odpovedá zjednodušene, väčšinou prostredníctvom rastových tabuliek čistých porastov (ASSMANN 1954, 1961; HENGST 1966; POLENO 1979; KRAMER et al. 1988). Problém je najmä v tom, že v zmiešanom poraste má každá drevina inú bonitu a veličiny rovnírodých reprezentujú v rastových tabuľkách širší priemer. Za významné sa považuje aj to, že sa nezohľadňuje interakcia brzdiacich a povzbudzujúcich drevín medzi sebou a lepšie využívanie dispozičného nadzemného a podzemného priestoru (ASSMANN 1961; KRAMER et al. 1988; PRETZSCH 2009).

Výsledky výskumu zmiešaných porastov sú z oblasti výškového alebo hrúbkového rastu jednotlivých drevín (KÜNSTLE 1962; MONSERUD, STERBA 1996; PETRÁŠ et al. 2014a), ale nechýbajú aj výsledky z objemovej produkcie a prírastkov (KENNEL 1966; MÍCHAL 1969; PRUDIČ 1971; HINK 1972; PRETZSCH 1992; PRETZSCH, SCHÜTZE 2009; LEBOURGEOIS et al. 2014; PETRÁŠ et al. 2014b). Odvodili sa väčšinou z meraní na simultánných plochách z čistých alebo zmiešaných častí porastov. Málo

výsledkov je z trvalých výskumných plôch založených a vychovávaných v zmiešaných porastoch. Pri skúmaní príčin rozdielneho rastu a produkcie zmiešaných porastov sa väčšina autorov zameriava na stanovište, klímu, zastúpenie drevín, sociálne postavenie stromov, spôsob zmiešania a vek porastov (MAGIN 1954; KENNEL 1965, 1966; HAUSSER, TROEGER 1967; MITSCHERLICH 1967; HINK 1972; METTIN 1985; KRAMER et al. 1988; PRETZSCH 2009; PRETZSCH et al. 2010). V záverečných konštatovaniach sa zhodujú v tom, že zmiešané porasty majú oproti rovnorodým mnohé výhody. 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 objemovú produkciu dreva ako rovnorodé porasty. Len málo autorov podrobnejšie hodnotí kvalitu a hodnotu produkovaného dreva v zmiešaných porastoch (HAUSSER, TROEGER 1967; KRAMER et al. 1988). Naším úmyslom je vyplniť existujúce medzery. Chceme kvantifikovať rozdiely v kvalite produkovaného dreva a vo finančných jednotkách medzi rovnorodými a zmiešanými porastmi.

Cieľom práce je v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch: (i) zhodnotiť kvalitu a poškodenie kmeňov, (ii) odvodiť štruktúru sortimentov a ich finančnú hodnotu, (iii) výsledky porovnať s čistými porastmi smreka, jedle a buka v podobných rastových podmienkach.

Materiál a metodika

Výskumné plochy

Použil sa empirický materiál z opakovaných meraní na 31 trvalých výskumných plochách (TVP), ktoré sa zakladali v 60. a 70. rokoch minulého storočia. Plochy sa nachádzajú v západnej a východnej časti Slovenského Rudohoria. V západnej časti sú v oblasti Hriňovej a vo východnej na Spiši v Hnileckej doline. TVP ležia v nadmorskej výške 480 - 970 m a podľa fytoceenózy sa zaradili do lesných typov: jedľová bučina na živných pôdach, buková jedlina na živných až mierne oligotrofných pôdach, jedľová bučina so smrekom na oligotrofných pôdach, jedľová bučina s dubom na oligotrofných pôdach. Zmiešanie drevín na TVP je rôzne. Všetky 3 dreviny sú zastúpené na 16 TVP, rovnako na 13 TVP je len smrek s jedľou, po 1 TVP jedľa s bukom a smrek 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 - 1,00 ha. Všetky stromy sú na plochách očíslované a majú označené aj miesto merania ich hrúbok. Pri opakovaných meraniach sa merali ich hrúbky a výšky. Výšky všetkých stromov sa merali len pri prvom a poslednom opakovanom meraní. V ostatných prípadoch len v rozsahu potrebnom pre konštrukciu výškovej krivky.

Hodnotenie kvality a poškodenia kmeňov

Stromy sa zaradili podľa sociologického postavenia do stromovej triedy (1 - 5) a zhodnotila sa kvalita a poškodenie ich kmeňov. Do roku 1990 sa pri opakovaných meraniach kvalita kmeňov hodnotila v troch stupňoch: kmene najvyššej, strednej a najnižšej kvality. Tieto stupne sa aplikovali voľne bez jasného účelu ich ďalšieho využitia. V súvislosti s realizáciou nových sortimentačných tabuliek (PETRÁŠ, NOCIAR 1991) sa začali od roku 1990 používať aj nové kvalitatívne triedy kmeňov.

Kmene sa zhodnotili podľa ich spodnej tretiny a zaraďujú sa do štyroch tried (A, B, C, D):

Trieda Charakteristika kmeňa

- A kmeň rovný, netočivý, centrický, bez tvarových deformácií a hĺč, je určený pre výrobu dýh,
- B kmeň s menšími technickými chybami, so zdravými a nezdravými hrčami do 4 cm, je určený pre kvalitnejšie piliarske výrezy,
- C kmeň s veľkými technickými chybami, väčšia krivosť, točivosť do 4 %, zdravé hrče bez obmedzenia, nezdravé pri ihličnatých drevinách do 6 cm, pri listnatých do 8 cm, je určený pre menej kvalitné piliarske výrezy alebo celulózu,
- D kmeň horšej kvality ako v triede C, má rozsiahlu hnilobu a je predurčený na palivo.

Z tohto dôvodu sa použilo len hodnotenie kmeňov po roku 1990.

Poškodenie kmeňov pomerne významne predurčuje vnútorne chyby dreva ako sú hniloby a pri buku najmä nepravé jadro. Z tohto dôvodu sa hodnotilo nielen povrchové poškodenie kmeňov, ale aj koreňových nábehov a povrchových koreňov. Pri jeho zisťovaní sa evidovala len jeho prítomnosť, bez rozdielu na veľkosť, intenzitu a polohu na kmeni.

Z opakovaných meraní po roku 1990 sa na každej TVP vypočítal podiel kvalitatívnych tried kmeňov A – D a podiel poškodených kmeňov. Pre každú drevinu sa vypočítal aj ich priemerný podiel. Tie isté veličiny pre čisté jedľové, smrekové a bukové porasty sa vypočítali podľa modelov sortimentačných rastových tabuliek (PETRÁŠ, MECKO 1995; PETRÁŠ et al. 1996). Podiel kvalitových tried kmeňov A–D je v týchto modeloch vyjadrený v závislosti od bonity porastu q podľa vzťahu (1) a podiel poškodených kmeňov $p\%$ v závislosti od veku porastu t podľa vzťahu (2):

$$A, B, C, D\% = f(q) \quad (1) \qquad p\% = f(t) \quad (2)$$

Podľa týchto modelov majú vyššie podiely kvalitnejších kmeňov porasty na lepších bonitách a podiel poškodených kmeňov stúpa s vyšším vekom porastov.

Stanovenie štruktúry sortimentov

Štruktúra sortimentov sa vypočítala pre každú TVP a drevinu podľa modelov porastových sortimentačných tabuliek (PETRÁŠ, NOCIAR 1991; PETRÁŠ 1992). Modely udávajú podiely sortimentov $S\%$ pri všetkých drevinách v závislosti od strednej hrúbky d_v , podielu kvalitových tried kmeňov $kv\%$, podielu poškodených kmeňov $p\%$ a pri buku aj v závislosti od veku porastu t podľa vzťahu:

$$S\% = f(d_v, kv\%, p\%, t) \quad (3)$$

Sortimenty predstavujú akostné a hrúbkové triedy výrezov. Akostné triedy výrezov sú charakterizované účelom ich použitia takto:

<i>Trieda</i>	<i>Účel použitia</i>
I	krájané dyhy, špeciálne športové a technické potreby,
II	lúpané dyhy, zápalky, športové potreby,
III(A, B)	piliarske výrezy (lepšia akosť IIIA, horšia akosť IIIB), stavebné drevo a podvaly,

V vlákna, chemické a mechanické spracovanie na výrobu buničiny a aglomerovaných dosák,
 VI palivo.

Triedy I – IIIB sa v modeli porastových sortimentačných tabuliek členia aj do hrúbkových tried 1 – 6+.

Štruktúra sortimentov pre rovnorodé jedľové, smrekové a bukové porasty sa vypočítala podľa modelov sortimentačných rastových tabuliek (PETRÁŠ, MECKO 1995; PETRÁŠ et al. 1996), kde podiely sortimentov $S\%$ sú funkciou veku t a bonity porastov q :

$$S\% = f(t, q) \quad (4)$$

Stanovenie hodnoty sortimentov

Hodnota sortimentov sa vypočítala ako súčin objemu sortimentov a cien dreva (Tab. 1) podľa akostných a hrúbkových tried výrezov. Ceny dreva sú podľa ponukového cenníka sortimentov, ktoré zverejnili štátne lesy na Slovensku v roku 2013.

Tabulka 1: Ceny dreva ($\text{€} \cdot \text{m}^{-3}$) podľa akostných tried I – VI a hrúbkových tried 1 – 6+ jedle, smreka a buka.

Table 1: Timber price ($\text{€} \cdot \text{m}^{-3}$) of assortment classes I – VI and diameter classes of 1 – 6+ for fir, spruce and beech.

Drevina/Species	I.4	I.5	I.6	II.2	II.3	II.4	II.5	II.6
Jedľa, smrek/Fir, Spruce	111	118	122	86	95	99	101	101
Buk/Beech	186	206	234	82	104	113	118	124
	IIIA.1	IIIA.2	IIIA.3	IIIA.4	IIIA.5	IIIA.6		
Jedľa, smrek/Fir, Spruce	37	80	84	85	85	84		
Buk/Beech	49	52	65	67	68	68		
	IIIB.1	IIIB.2	IIIB.3	IIIB.4	IIIB.5	IIIB.6	V	VI
Jedľa, smrek/Fir, Spruce	37	73	77	77	77	77	37	26
Buk/Beech	48	55	55	56	57	57	42	43

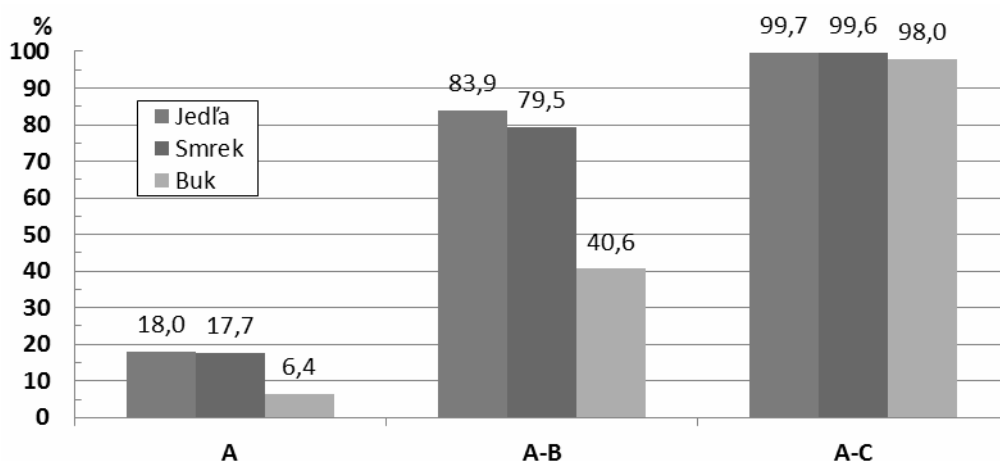
Pre zhodnotenie produkcie zmiešaných porastov sa odvodila štruktúra a hodnota produkcie variantne. Zvolili sa 3 varianty podľa zdroja vstupných údajov pre každý variant:

- Variant** **Zdroj vstupných údajov (kvalita a poškodenie kmeňov, stredná hrúbka)**
- 1 Všetky vstupné údaje sú podľa skutočných hodnôt zmiešaných porastov na TVP.
 - 2 Kvalita a poškodenie podľa modelov rastových tabuliek, stredná hrúbka podľa TVP.
 - 3 Všetky vstupné údaje sú podľa modelov sortimentačných rastových tabuliek pre rovnorodé porasty.

Výsledky a diskusia

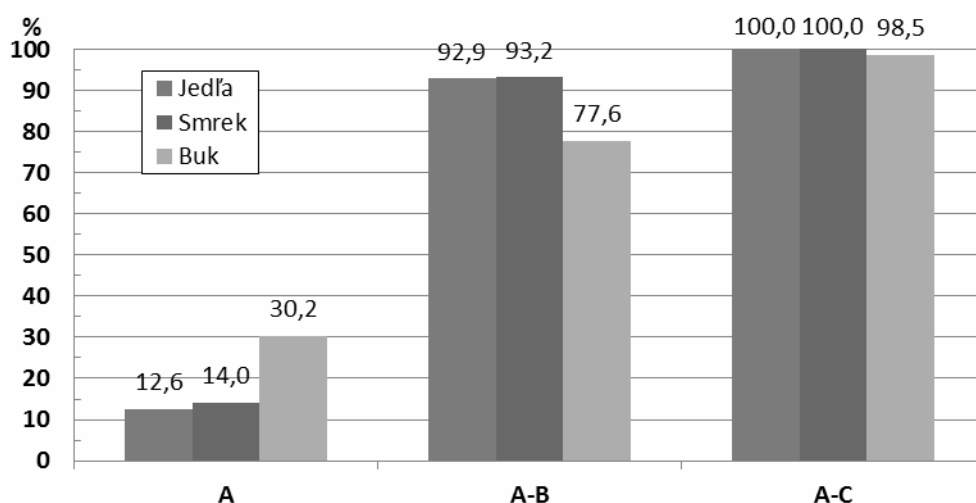
Kvalita a poškodenie kmeňov

Podiely kvalitatívnych tried kmeňov v zmiešaných porastoch na TVP (Obr. 1) naznačujú, že pre jedľa a smrek sú rozhodujúce triedy A, B so zastúpením približne 80 - 84 %. Bukové kmene majú výrazne horšiu kvalitu, keď tie isté triedy majú len približne polovičný podiel z ihličnatých drevín. Pri buku je prekvapením najmä veľmi nízky 6,4 % podiel najkvalitnejších kmeňov triedy A. Je to približne len 1/3 z podielov, ktoré dosahujú jedľa a smrek. Zvyšný podiel pripadá najmä na triedu C a celkom nepatrný podiel tvorí trieda D. Pre rovnorodé porasty, ktoré by rástli na rovnakých stanovištiach (Obr. 2) je možné konštatovať, že jedľa a smrek tu majú síce nižšie podiely najkvalitnejších kmeňov triedy A, ale spolu s triedou B dosahujú až 93 %. Výrazne vysoký až 30 % podiel najkvalitnejších kmeňov v rovnorodých porastoch má buk. Spolu s triedou B sa jeho podiel zvýši na 78 %. Súhrne môžeme konštatovať, že ihličnaté dreviny produkujú v zmiešaných porastoch v porovnaní k čistým porastom viac kmeňov najlepšej a najhoršej kvality a menej kmeňov priemernej kvality. Pri buku je to opačne. V zmiešaných porastoch s jedľou a smrekom má o 13 % nižšie podiely kmeňov priemernej, ale až o 24 % menej kmeňov najvyššej kvality.



Obr. 1: Podiel kvalitatívnych tried kmeňov A - C drevín v zmiešaných porastoch.

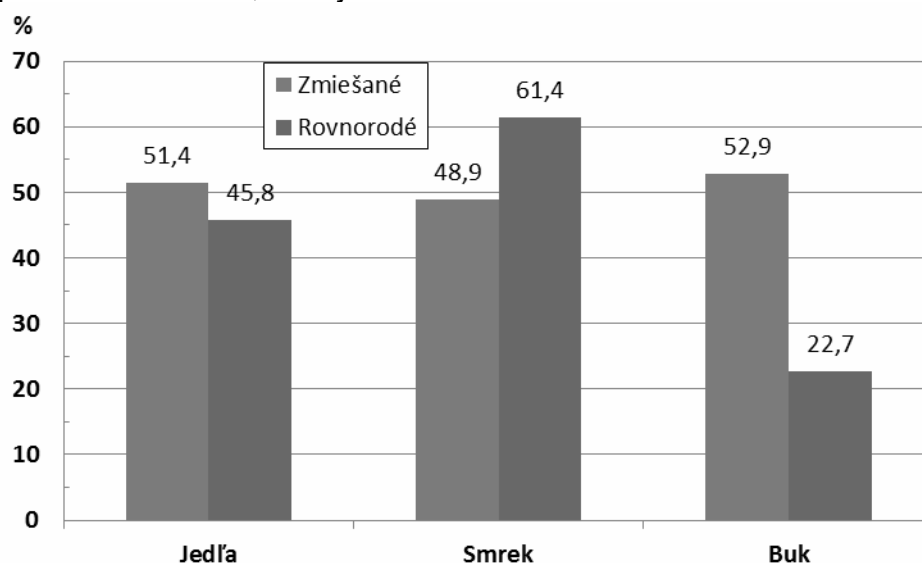
Fig. 1: Proportion of stem quality classes A - C in mixed stands.



Obr. 2: Podiel kvalitatívnych tried kmeňov A - C drevín v rovnorodých porastoch.

Fig. 2: Proportion of stem quality classes A - C in single-species stands.

Poškodenie stojacích kmeňov nie je typickým znakom naturálnej produkcie porastov, ale vzniká po mechanickom odretí kôry väčšinou počas ťažbovo dopravných činností alebo pri obhryze či lúpaní kôry zverou. Jeho prítomnosť, bez rozdielu či sa nachádza na kmeni, koreňových nábehoch alebo na povrchových koreňoch stromu alebo aj na jeho veľkosť významne znižuje kvalitu dreva. Podiel poškodených kmeňov je v zmiešaných porastoch na TVP pre všetky dreviny približne polovičný, 49 – 53 %. V rovnorodých modelových porastoch nie je už taká zhoda. Najviac, 61 % poškodených kmeňov má smrek, 46 % jedľa a buk má len 23 %. Tieto rozdiely súvisia pravdepodobne so spôsobom obhospodarovania porastov, ale najmä pri smreku aj s poškodzovaním kmeňov lesnou zverou. Nemalú úlohu tu zohráva aj predispozícia jednotlivých drevín k poškodeniu, napr. tenšia kôra, silné koreňové nábehy, povrchové korene, ale aj nižšia odolnosť dreva voči hnilobám.



Obr. 3: Podiely poškodených kmeňov v zmiešaných a čistých porastoch.
Fig. 3: Proportion of damaged stems in mixed and single-species stands.

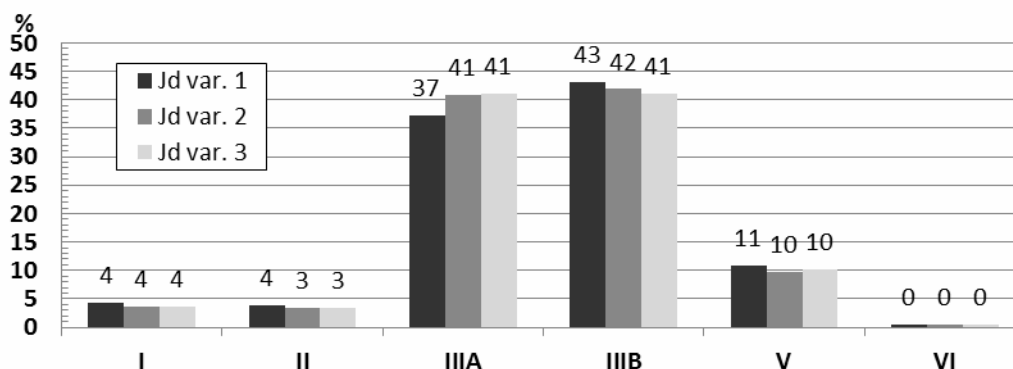
Prezentované výsledky poukazujú na málo horšiu kvalitu kmeňov v zmiešaných porastoch nielen pri ihličnatých drevinách, ale najmä pri buku. Aj iní autori (WIEDEMANN 1951) to zdôvodňujú ich vertikálnou a horizontálnou štruktúrou, kde voľnejší korunový zapoj umožňuje dlhšie prežívanie a tým aj hrubnutie konárov ako v rovnorodých porastoch s hustejším jednovrstvovým zápojom. Pri buku sa pripája aj výrazný heliotropizmus (KRAMMER et al. 1988; PRETZSCH, SCHÜTZE 2009), ktorý negatívne ovplyvňuje nielen pozdĺžny a priečny tvar, ale hlavne točivosť kmeňov. Mechanické poškodenie kmeňov je sekundárny faktor. Drevo okolo poškodenej časti kmeňa zahníva viac pri smreku ako pri jedli. Bukové kmene majú všeobecne tvrdšie drevo, ale poškodenie kmeňov zvyšuje prítomnosť najmä nepriaznivých foriem nepravého jadra (PETRÁŠ 1996a, 1996b). Naše výsledky výskumu poukazujú nato, že jedľa a najmä buk majú nižšie poškodenie v rovnorodých porastoch ako v zmiešaných. Pri smreku je to opačne, v rovnorodých porastoch je poškodenie kmeňov vyššie. Príčinou tu môže byť aj opakované poškodzovanie jeleňou zverou, pre ktorú je kôra na kmeňoch jedným z prirodzených zdrojov potravy (FINĐO, PETRÁŠ 2011).

Štruktúra sortimentov a ich hodnota

Vyjadrili sa podielmi akostných tried výrezov pri jednotlivých drevinách z ich objemu (obr. 4, 6, 8) a z ich hodnoty (obr. 5, 7, 9). Jedľa a smrek (obr. 4, 6) majú

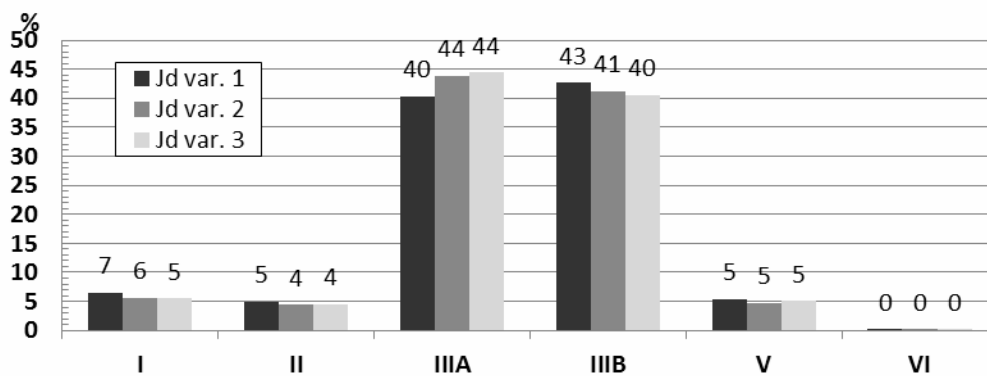
veľmi podobnú štruktúru sortimentov. Výrazne tu prevažujú piliarske výrezy triedy IIIA a IIIB s podielmi približne 30 – 50 %. Nasledujú vlákňinové sortimenty triedy V s podielmi približne 10 – 15 %, najcennejšie sortimenty triedy I a II s podielmi 3 - 5 % a nakoniec palivo s podielom približne 0 - 1 %. Menšie rozdiely medzi oboma drevinami vyplývajú z ich biologických vlastností, najmä z toho, že jedľa má pri rovnakých hrúbkach kmeňov väčšie hrče, teda aj o málo vyššie podiely triedy IIIB ako IIIA. Rozdiely v štruktúre sortimentov medzi jednotlivými variantmi sú ešte menšie. Podiely najcennejších sortimentov triedy I a II sú v zmiešaných porastoch na TVP (variant 1) pri oboch drevinách len o niekoľko desiatin percent vyššie ako v čistých porastoch podľa modelov sortimentačných rastových tabuliek (variant 3). Pri piliarskych výrezoch sú opačné proporcie. Zmiešané porasty majú o málo menšie podiely kvalitnejšej triedy IIIA a väčšie podiely horšej triedy IIIB ako rovnorodé porasty. Variant 2, ktorý simuluje kvalitu a poškodenie kmeňov podľa rovnorodých porastov a hrúbku podľa zmiešaných, má pri každom sortimente bližšie k rovnorodým porastom. Rozdiely sú minimálne, len 0 – 1 %. Hodnotu sortimentov ovplyvňujú okrem ich objemu aj ceny, ktoré sú vyššie pri cennejších sortimentoch a naopak. Oproti podielom sortimentov vypočítaným z ich objemu majú vyššie podiely cennejšie sortimenty triedy I – IIIA (obr. 5 – 7). Pri jedli o 1 – 3 % a pri smreku o 2 – 5 %. Sortimenty triedy IIIB – VI majú naopak nižšie podiely, pri jedli o 1 - 5 %, smreku 1 – 7 %.

Buk má horšiu štruktúru sortimentov ako smrek a jedľa. Pri triedach I – V sa objemy dreva plynule zvyšujú. Zároveň platí, že rovnorodé porasty (variant 3) majú približne o 1 – 7 % väčšie podiely kvalitnejších sortimentov triedy I – IIIA ako zmiešané (variant 1). Je samozrejmé, že pri menej kvalitných triedach IIIB – VI je to opačne. Podiely sortimentov z ich hodnoty sú oproti podielom z objemu pri triedach I - IIIA o 2 – 9 % vyššie, ale pri triedach IIIB – VI naopak nižšie o 1 – 10 %. Buk má pri hodnote v porovnaní k ostatným drevinám najväčšie zmeny a bez rozdielu či je v zmiešaných alebo rovnorodých porastoch. Príčinou toho sú väčšie rozdiely v cenových reláciách medzi sortimentmi ako ich majú jedľa a smrek.

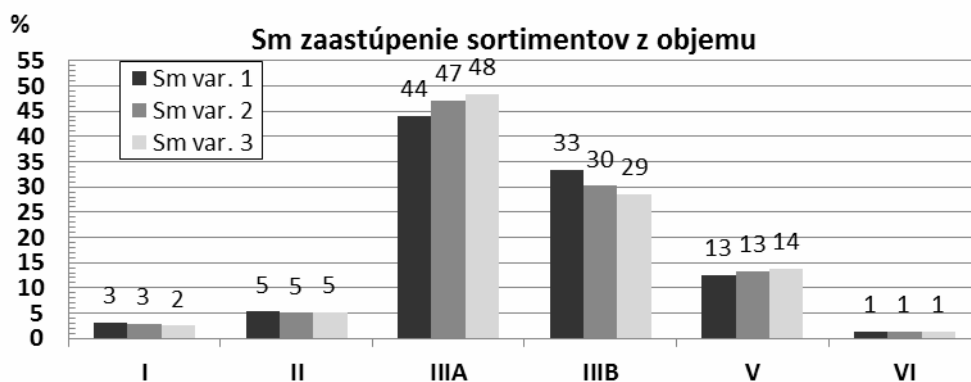


Obr. 4: Podiely z objemu akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty jedľových porastov.

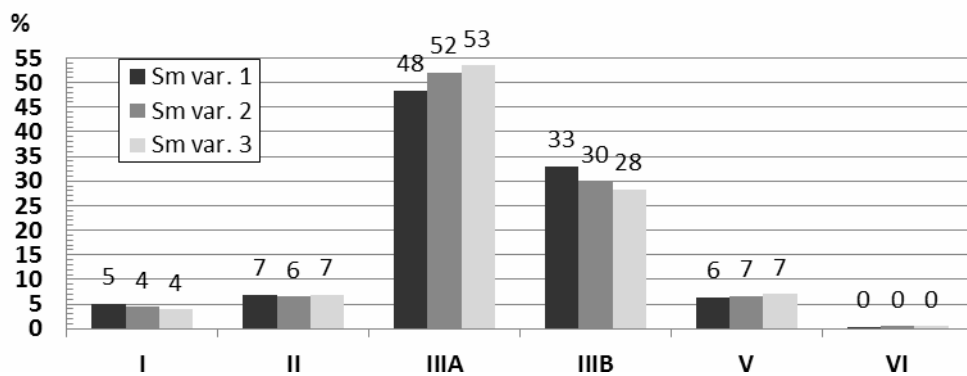
Fig. 4: Proportions from volume of assortments I – VI for 3 variants of fir stands.



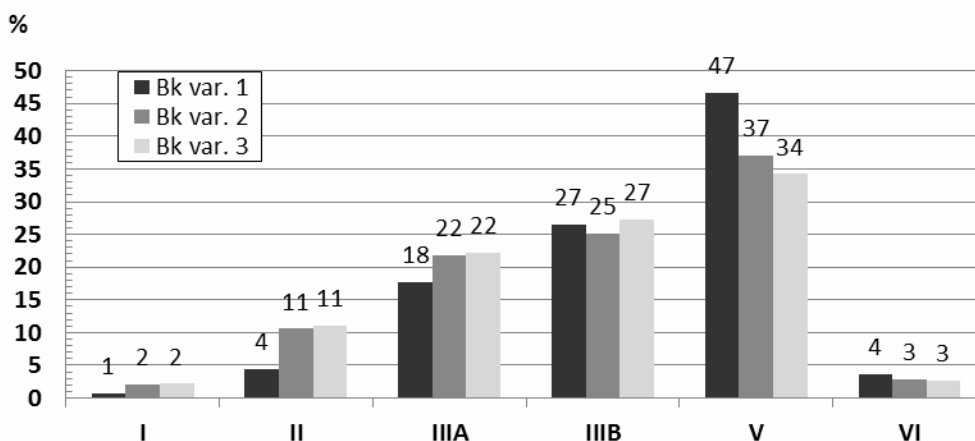
Obr. 5: Podiely z hodnoty akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty jedľových porastov.
Fig. 5: Proportion from value of assortments I – VI for 3 variants of fir stands.



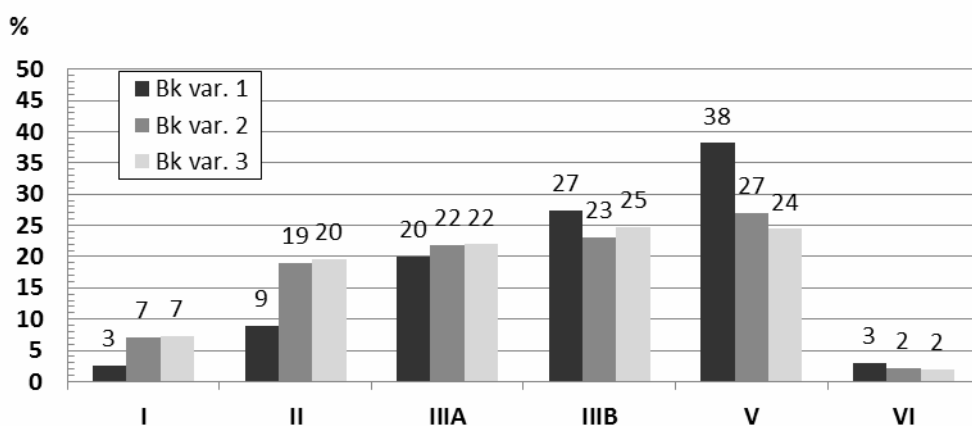
Obr. 6: Podiely z objemu akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty smrekových porastov.
Fig. 6: Proportions from volume of assortments I – VI for 3 variants of spruce stands.



Obr. 7: Podiely z hodnoty akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty smrekových porastov.
Fig. 7: Proportion from value of assortments I – VI for 3 variants of spruce stands.



Obr. 8: Podiely z objemu akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty bukových porastov.
Fig. 8: Proportions from volume of assortments I – VI for 3 variants of beech stands.



Obr. 9: Podiely z hodnoty akostných tried výrezov I – VI pre 3 varianty bukových porastov.
Fig. 9: Proportion from value of assortments I – VI for 3 variants of beech stands.

Keďže kvalita a poškodenie kmeňov sa prenáša aj do štruktúry sortimentov, jedľa a smrek ich majú veľmi podobné bez rozdielu či rastú v zmiešaných alebo čistých porastoch. Príčinou, že v zmiešaných porastoch majú o málo nižšie podiely kvalitnejších piliarskych výrezov triedy IIIA a vyššie podiely triedy IIIB sú hrubšie konáre na kmeňoch. Väčší negatívny vplyv zmiešaných porastov na kvalitu produkovaného dreva sa prejavil najmä pri buku. Aj WIEDEMANN (1951) a KRAMMER et al. (1988) potvrdili, že buk má vyšší potenciál produkcie najkvalitnejších sortimentov v čistých ako v zmiešaných porastoch. Aj z tohto dôvodu sa limituje maximálny podiel buka v zmiešaných porastoch na 20 - 30 % (WIEDEMANN 1951; PRUDIČ 1971).

Záver

Na podklade opakovaných meraní 31 trvalých výskumných plôch sa zhodnotila kvalita dreva v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch. Pre každú drevinu sa odvodila kvalita a poškodenie kmeňov, objem a hodnota sortimentov osobitne pre skutočné zmiešané porasty na výskumných plochách (variant 1) a rovnorodé porasty pre každú drevinu, ktoré by rástli na rovnakých stanovištiach (variant 3). Tie sa simulovali podľa modelov sortimentačných rastových tabuliek. Tento variant sa modifikoval s hrúbkami porastov podľa zmiešaných porastov (variant 2). Pre všetky 3 varianty sa odvodila aj finančná štruktúra sortimentov.

Ihličnaté dreviny majú v zmiešaných porastoch v porovnaní k rovnorodým nepatrne horšiu kvalitu kmeňov. Buk má v zmiešaných porastoch s jedľou a smrekom výrazne horšiu kvalita kmeňov. Má o 13 % nižšie podiely kmeňov priemernej triedy B a až o 24 % menej kmeňov najvyššej kvality triedy A. Naopak, má o 37 % vyšší podiel nekvalitných kmeňov triedy C. Podiel poškodených kmeňov je v zmiešaných porastoch pre všetky dreviny približne polovičný. Jedľa a najmä buk majú nižšie poškodenie v čistých porastoch ako v zmiešaných. Pri smreku je to opačne, v čistých porastoch je poškodenie kmeňov vyššie a pravdepodobnou príčinou tohto stavu môže byť poškodzovanie kmeňov jeleňou zverou. Jedľa a smrek majú v zmiešaných porastoch v dôsledku hrubších konárov o málo nižšie podiely kvalitnejších piliarskych výrezov triedy IIIA a vyššie podiely triedy IIIB. Buk má v zmiešaných porastoch horšiu štruktúra sortimentov ako smrek a jedľa. Rovnorodé bučiny majú približne o 1 – 7 % väčšie podiely kvalitnejších sortimentov triedy I – IIIA ako zmiešané. Štruktúra sortimentov z ich hodnoty je podobná ako z objemu. Len pri buku, ktorý má vyššie ceny kvalitnejších sortimentov, sa zvyšuje aj ich hodnotový podiel.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0255-10, SK-RO-0006-12 a APVV-0439-12.

Literatúra

- ASSMANN, E. Die Standraumfrage und die Methodik der Mischbestandsuntersuchungen. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 1954. 125: s. 149-158.
- ASSMANN, E. Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München Bonn Wien: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 490 s.
- FINĎO, S., PETRÁŠ, R. Ochrana lesa proti škodám zverou. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 2011. 283 s.
- HALAJ, J., PETRÁŠ, R. Rastové tabuľky hlavných drevín. Bratislava: Slovak Academic Press, 1998. 325 s.
- HAUSSER, K., TROEGER, R. Beitrag zur Frage der Massen und Wertleistung gepflanzter Weisstannen und Fichtenbestände auf gleichen Standorten. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 1967. 138(7): s. 150-157.
- HENGST, E. Zur Frage der Mischbestandesuntersuchung. Wissenschaftliche Zeitschrift Technische Universität Dresden, 1966. 15(2): s. 377-383.
- HINK, V. Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standortseinheiten des Einzelwuchsbezirks „Flächenschwarzwald“ (Südwürttemberg-Hohenzollern). Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 1972. 143(3/4): s. 80-85.
- KENNEL, R. Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 1965. 136: s.149–161, 173–189.
- KENNEL, R. Soziale Stellung, Nachbarschaft und Zuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1966. 85(7/8): s. 193-204.
- KRAMER, H., GUSSONE, A., SCHOBBER, R. (1988). Waldwachstumslehre. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1988. 374 s.

- KÜNSTLE, E. Das Höhenwachstum von Fichte, Tanne und Kiefer in Mischbeständen des östlichen Schwarzwaldes. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 1962. 133(3/4): s. 67-79, 89-102.
- LEBOURGEOIS, F., EBERLÉ, P., MÉRIAN, P., SEYNAVE, I. Social status-mediated tree-ring responses to climate of *Abies alba* and *Fagus sylvatica* shift in importance with increasing stand basal area. Forest Ecology and Management, 2014. 328: s. 209-218
- MAGIN, R. Ertragskundliche Untersuchungen in montanen Mischwäldern. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1954. 73: s. 103-113.
- METTIN, C. Betriebswirtschaftliche und ökologische Zusammenhänge zwischen Standortskraft und Leistung in Fichtenreinbeständen und Fichten Buchen-Mischbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift, 1985. 40: s. 830-810.
- MÍCHAL, I. Vliv různé dřevinné skladby na stav půdy a dřevní produkci v lesních typech jedlových bučin, II část. Lesnictví, 1969. 15(5): s. 403-427.
- MITSCHERLICH, G. Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. In: „Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt“, Wien, Austria, 1967. 77: s. 9-35.
- MONSERUD, RA., STERBA, H. A basal area increment model for individual trees rowing in even and uneven aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management, 1996. 80: s. 57-80.
- PETRÁŠ, R. Mathematisches Modell der Sortimentstafeln für Hauptbaumarten. Lesnícky časopis, 1992. 38(4): s. 323-332.
- PETRÁŠ, R. Ocenenie poškodenia kmeňov lesných drevín. Lesnictví - Forestry, 1996a. 42(8): s. 356-362.
- PETRÁŠ, R. Obhospodarovanie a poškodzovanie lesných porastov. Vedecké práce lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene, 1996b. 41: s. 245-251.
- PETRÁŠ, R., NOCIAR, V. Sortimentáčné tabuľky hlavných drevín. Bratislava: Veda, 1991. 308 s.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J. Models of volume, quality and value production of tree species in the Slovak republic. Lesnictví-Forestry, 1995. 41(4): s. 94-196.
- PETRÁŠ, R., HALAJ, J., MECKO, J. Sortimentáčné rastové tabuľky drevín. Bratislava, Slovak Academic Press, 1996. 252 s.
- PETRÁŠ, R., BOŠEĽA, M., MECKO, J., OSZLÁNYI, J., POPA, J. Height-diameter models for mixed-species forests consisting of spruce, fir, and beech. Folia Forestalia Polonica, 2014a. series A 56 (2): s. 93-104.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., BOŠEĽA, M., ŠEBEŇ, V. Objemový prírastok zmiešaných smreko-jedľovo-bukových porastov. In: „Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa 2014b“, (v tlači)
- POLENO, Z. Methods of the comparison of the production of mixed and pure forest stands. Práce VÚLHM, 1979. 54: s. 189-207.
- PRETZSCH, H. Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. München: Forstliche Forschungsberichte, 1992. 115: s. 1-332.
- PRETZSCH, H. Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 664 s.
- PRETZSCH, H., SCHÜTZE, G. 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. European Journal of Forest Research, 2009. 128: s. 183-204.
- PRETZSCH, H., BLOCK, J., DIELER, J., DONG, P.H., KOHNLE, U., NAGEL, J., SPELLMANN, H., ZINGG, A. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of

- Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest Science*, 2010. 67: s. 711-723.
- PRUDIČ, Z. Vliv porostní skladby na produkci jedlobučin a odvození výhledového provozního cíle. *Lesnictví*, 1971. 17(3): 271-286.
- WIEDEMANN, E. *Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft*. Frankfurt a. M., Germany, 1951. 346 s.

MNOŽSTVÍ A DISTRIBUCE NADZEMNÍ BIOMASY BOROVICE LESNÍ V OBLASTI PŘIROZENÝCH BORŮ

THE AMOUNT AND DISTRIBUTION OF ABOVE-GROUND BIOMASS OF SCOTS PINE IN NATURE PINE SITE

Lukáš Bílek, Jiří Remeš, Martin Fulín, Tina Chalupová, Jiří Procházka

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka

Abstract

This paper shows the distribution of above-ground biomass of Scots pine (wood and bark of stem, wood and bark of thick and medium branches, biomass of thin branches and needles). The data were collected in Municipal forests of Doksy Ltd. in natural pine stands (FTG 0K, 0M). Selected sample trees were felled and divided into particular compartments. In this contribution we present results based on the analysis of 8 sample trees from 2 forest stands. The objective was to quantify the amount of timber biomass and the biomass considered as logging residues, in the last decades often used for energy generation. The timber biomass ($d \geq 7$ cm) ranged from 76 to 86%, while thin logging residues ($d \leq 1.5$ cm) amounted to 7% of above-ground dry weight.

Key words: Scots pine, natural pine stands, logging residues, biomass

Abstrakt

Příspěvek pojednává o distribuci nadzemní biomasy borovice lesní do jednotlivých částí (dřevo a kůra kmene, dřevo a kůra silných a středně silných větví, biomasa slabých větví a asimilačního aparátu). Výzkum probíhal na území Městských lesů Doksy, s.r.o. na stanovištích přirozených borů (SLT 0K, 0M) a byl realizován formou analýzy vzorníkových stromů, které byly pokáceny ve vybraných porostech. V příspěvku je hodnocena distribuce nadzemní biomasy ve dvou porostech, přičemž bylo k tomuto účelu analyzováno 8 reprezentativních vzorníků. Cílem výzkumu je kvantifikovat množství biomasy, které je využitelné standardním způsobem (hroubí) a množství biomasy, které lze charakterizovat jako těžební zbytky (nehroubí) a které se v současnosti stále více využívají pro energetické účely. Bylo zjištěno, že podíl hroubí ve sledovaných vzornících osciloval v rozmezí 76 - 86 %, přičemž podíl tenkého nehroubí (<1,5 cm) se pohybuje kolem 7 % hmotnosti sušiny celkové nadzemní biomasy.

Klíčová slova: borovice lesní, přirozené bory, těžební zbytky, biomasa

Úvod a problematika

V současné době se do popředí lesnického zájmu dostává využití těžebních zbytků. Hlavní motivací 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 těžební zbytky) tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás využívají pro výrobu energie (tepla i elektřiny), je význam této suroviny značný. Dalším faktorem, který tento zájem vyvolává, je potenciální ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný (REMEŠ et al. 2015). Komplexní využití nadzemní biomasy dřevin však může představovat vedle ekonomických přínosů i významnou ztrátu živin, protože právě těžební zbytky (kůra, dřevo větví a asimilační orgány) obsahují nejvyšší podíl základních živin, jako je např. N, P, K (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009). Odstraňování těžebních zbytků tak může mít například vliv na dostupnost bází kationtů (fosfor, draslík) a rozvoj i funkci mykorrhizy, což může v důsledku ovlivňovat absorpci živin a růst stromů (MAHMOOD et al. 1999).

Pro odpovědné rozhodování vlastníků lesů i pro objektivní regulaci využití těžebních zbytků ze strany státní správy je nezbytné co nejpřesněji objem, resp. hmotnost nadzemní biomasy nehroubí a také množství v ní poutaných živin kvantifikovat, a to především v oblastech, kde lze důvodně předpokládat zvýšená rizika. Z těchto důvodů byl na majetku Městských lesů Doksy na stanovištích přirozených borů zahájen v roce 2012 výzkum problematiky vlivu využití těžebních zbytků na stav půd a trvalost lesní produkce. Předložený příspěvek přináší první výsledky kvantifikace množství biomasy nehroubí (těžebních zbytků) ve dvou vybraných porostech.

Materiál a metodika

Městské lesy Doksy, s.r.o. spravují lesní majetek v nejbližším okolí Máchova jezera o velikosti 984 ha. Lesní porosty se nacházejí na stanovištích, jejichž podloží tvoří zvětraliny kvádrových pískovců v oblasti Doks a Břehyně, pískovcové rokle a náhorní plošiny u Starých Splavů a jižní části majetku a vulkanické vyvěřeliny v okolí Bezdězu. Území je řazeno do přírodní lesní oblasti 18 – Středočeská pískovcová plošina a Český ráj. Průměrné srážky dosahují 550 mm ročně, průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7 - 8°C. Nejvýznamnější dřevinou je borovice lesní (cca 63 %), následuje smrk ztepilý (21,4 %), bříza (5 %), dub (4 %) a buk (2 %).

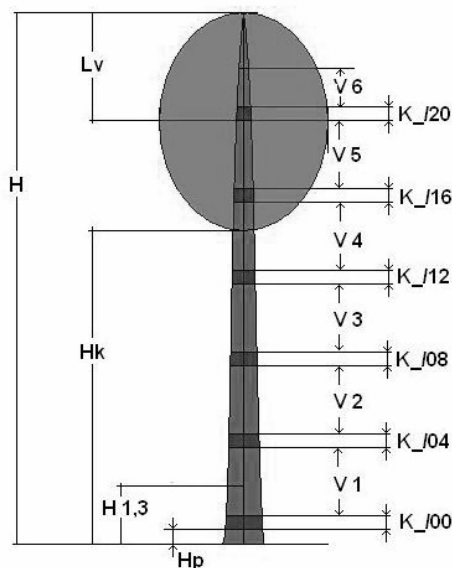
Výzkum kvantifikace nadzemní biomasy byl realizován v porostech 26A9 (LT 0M2 – chudý bor brusinkový, věk 100 let) a 26A12 (LT 0K3 – kyselý bor borůvkový, věk 128 let), které se nacházejí nedaleko obce Obora v nadmořské výšce cca 270 m n. m. Nejprve byly zjištěny základní dendrometrické a taxační parametry zkoumaných porostů. Na zkušných plochách (20 x 20 m) byla u všech stromů změřena výčetní tloušťka a výška. Na základě zjištěných údajů byl vypočten objem každého stromu pomocí objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) a následně byla stanovena zásoba porostu. Dále byly v každém porostu vybrány čtyři vzorníky, které byly následně skáceny a byly z nich separovány jednotlivé části biomasy. Tyto vzorníky byly vybírány tak, aby odpovídaly svými rozměry výčetní tloušťky intervalu ± 8 cm od střední tloušťky a ± 3 m od hodnot střední výšky.

Metodika analýzy vzorníků

Kmeny byly po pokácení odvětveny a byl odříznut vrchol kmene (nehroubí < 7 cm v kůře). Byla změřena výška pařezu (Hp) a výška nasazení živé koruny (Hk). Dále byla změřena výčetní tloušťka ve dvou na sebe kolmých směrech s přesností na 1 mm. Z odvětveného kmene byly poté odebrány kotouče. První kotouč K1/00 byl odebrán z čela kmene, výška kotouče byla 10 cm. Dále byl vždy odříznut čtyřmetrový výřez (V1, ..., V6) + nadměrek (10 cm) a za ním odříznut další kotouč (K1/04, K1/08, ..., K1/20). Odebrané kotouče byly přímo na místě zváženy na závěsných vahách značky KERN (váživost do 200 kg, přesnost vážení 0,05 kg). Dále byla změřena délka vršku (Lv) od čepu posledního čtyřmetrového výřezu až po špičku stromu. Následně byla vypočtena výška (délka) stromu jako součet délek čtyřmetrových výřezů, výšek odebraných kotoučů, výšky pařezu a délky vršku. Schéma měřených sekcí a odběrů kotoučů je uvedeno na obrázku 1.

Větve byly rozděleny do tří kategorií podle tloušťky na silné (3 – 7 cm), střední (1,5 – 3 cm) a slabé včetně jehličí (0 – 1,5 cm). Všechny větve dané kategorie byly v terénu zváženy na závěsných vahách. Následně byly z každé skupiny větví odebrány vzorky podle schématu: 4 - 5 suchých větví různých tlouštěk, 5 ks tenkých větví (0 - 1,5 cm) odebraných z horní i spodní části koruny, 3 ks středně tlustých větví (1,5 – 3 cm), 1 ks tlusté větve (3 - 7 cm). Pro účely hodnocení distribuce biomasy

v tomto příspěvku bylo nehroubí rozděleno do dvou kategorií v intervalech do 1,5 cm a 1,5 až 7 cm tloušťky.



Obr. 1: Schéma měřených sekcí a míst odběrů kotoučů

Fig.1: Diagram of measured sections and saplings discs places

Veškerý vzorkovaný materiál byl z terénu přepraven do laboratoře, kde byl znovu zvážen a přeměřen. Odseparována byla kůra, která byla analyzována zvlášť. Odebrané vzorky (kůry kotoučů a větví, dřeva větví a kotoučů a asimilačního aparátu) byly sušeny při teplotě 80°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) do konstantní hmotnosti, aby bylo možné kvantifikovat hmotnost sušiny jednotlivých částí nadzemní biomasy.

Výsledky a diskuze

Zásoba sledovaných porostů se od sebe výrazně odlišovala. V mladším porostu 26A9 byla ve 100 letech věku zjištěna zásoba pouze 255,1 m³/ha, což je primárně způsobeno vlivem velmi chudého stanoviště (LT 0M2). Naproti tomu v porostu 26A12 byla ve 128 letech věku zjištěna zásoba na úrovni 466,3 m³/ha, rozdílly oproti porostu 26A9 lze přisoudit jak vyššímu věku (o cca 30 let), tak zejména i vyšší trofnosti stanoviště (LT 0K3). Rozdíly mezi porosty byly patrné i v průměrných hodnotách základních dendrometrických veličin (tab. 1).

Rozložení sušiny biomasy v jednotlivých částech stromů (vzorníků) je uvedeno v tabulkách 2 a 3. Celková hmotnost sušiny jednotlivých vzorníků na kyselém stanovišti (tab. 2) kolísala od 763 kg po 1246 kg, přičemž hmotnost hroubí s kůrou oscilovala mezi 445 kg a 985 kg. Hmotnost sušiny kůry odpovídala intervalu 45 - 85 kg, přičemž hlavní část tvořila kůra hroubí (31 - 70 kg). Přepočtená hmotnost celkové nadzemní biomasy na ploše 1 hektaru pak činila 154 tun, z toho hmotnost hroubí činila 126 tun a hmotnost nehroubí 28 tun.

Celková hmotnost sušiny jednotlivých vzorníků na chudém stanovišti (tab. 3) kolísala od 445 kg po 572 kg, z toho hmotnost hroubí s kůrou tvořila 347 kg až 491 kg. Hmotnost sušiny kůry odpovídala intervalu 27 - 40 kg, přičemž hlavní část opět tvořila kůra hroubí (24 - 36 kg). Přepočtená hmotnost celkové nadzemní biomasy na ploše 1 hektaru pak činila 271 tun, z toho byla hmotnost hroubí cca 217 tun a hmotnost nehroubí pak přibližně 54 tun.

Tabulka 1: Produkční a růstové charakteristiky zkoumaných porostů
Table 1: Production and growth characteristics of evaluated stands

Porost Stand	26A12	26A9
Počet stromů (ks/ha) Number of trees (ind./ha)	400	425
Střední tloušťka (cm) Average diameter (cm)	35,5	28,8
Střední výška (m) Average height (m)	27,4	20,8
Střední výška nasazení koruny (m) Average height of crown base (m)	17	13,8
Objem hroubí s kůrou středního kmene (m ³) Average tree volume (m ³)	1,2	0,6
Zásoba (m ³ /ha) Volume stock (m ³ /ha)	466,3	255,1

Tabulka 2: Hmotnost sušiny nadzemní biomasy vzorníků (porost 26A12)
Table 2: Dry weight of aboveground biomass of samplers (stand 26A12)

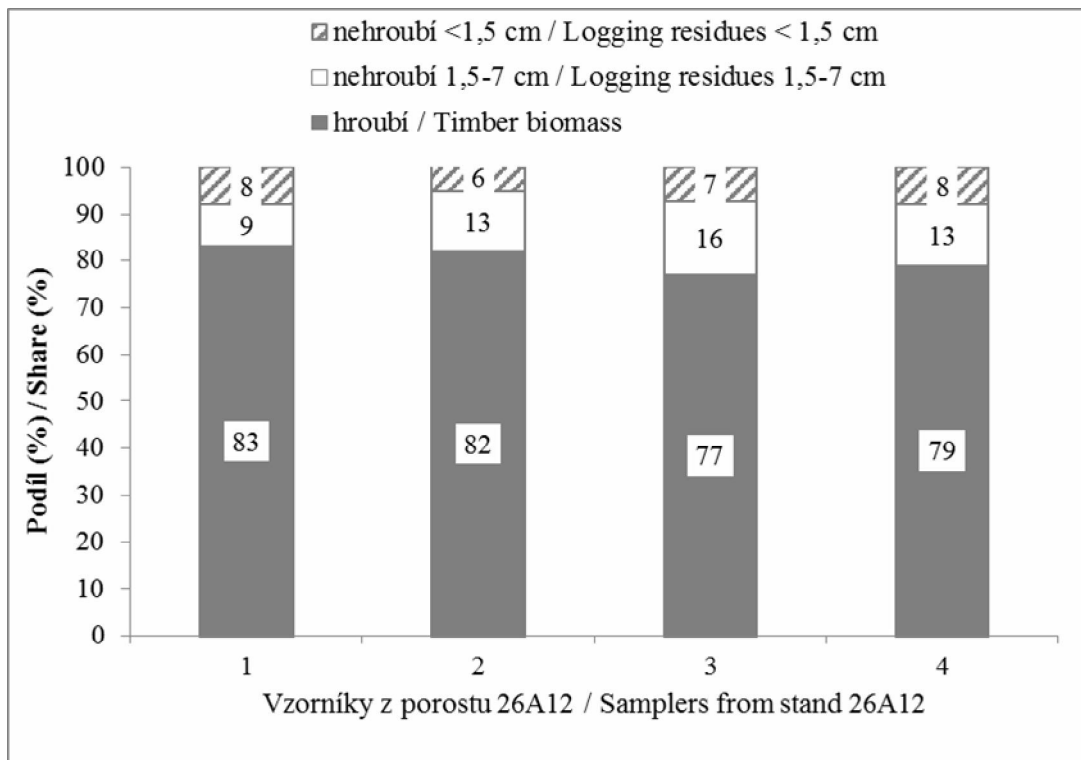
	Hmotnost sušiny (kg) Dry weight (kg)											
	Dřevo Wood				Kůra Bark				Dřevo s kůrou Wood with bark			
Vzorníky Samplers	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hroubí Timber biomass	661	587	414	914	61	38	31	70	722	625	445	985
Nehroubí 1,5 - 7 cm Logging residues 1,5 - 7 cm	77	90	89	150	6	7	5	14	82	97	93	164
Nehroubí □ 7 cm Logging residues □ 7 cm	66	42	39	97	-	-	-	-	66	42	39	97
Celková hmotnost Total weight	804	719	542	1161	66	45	36	85	870	763	578	1246

Tabulka 3: Hmotnost sušiny nadzemní biomasy vzorníků (porost 26A9)
Table 3: Dry weight of aboveground biomass of samplers (stand 26A9)

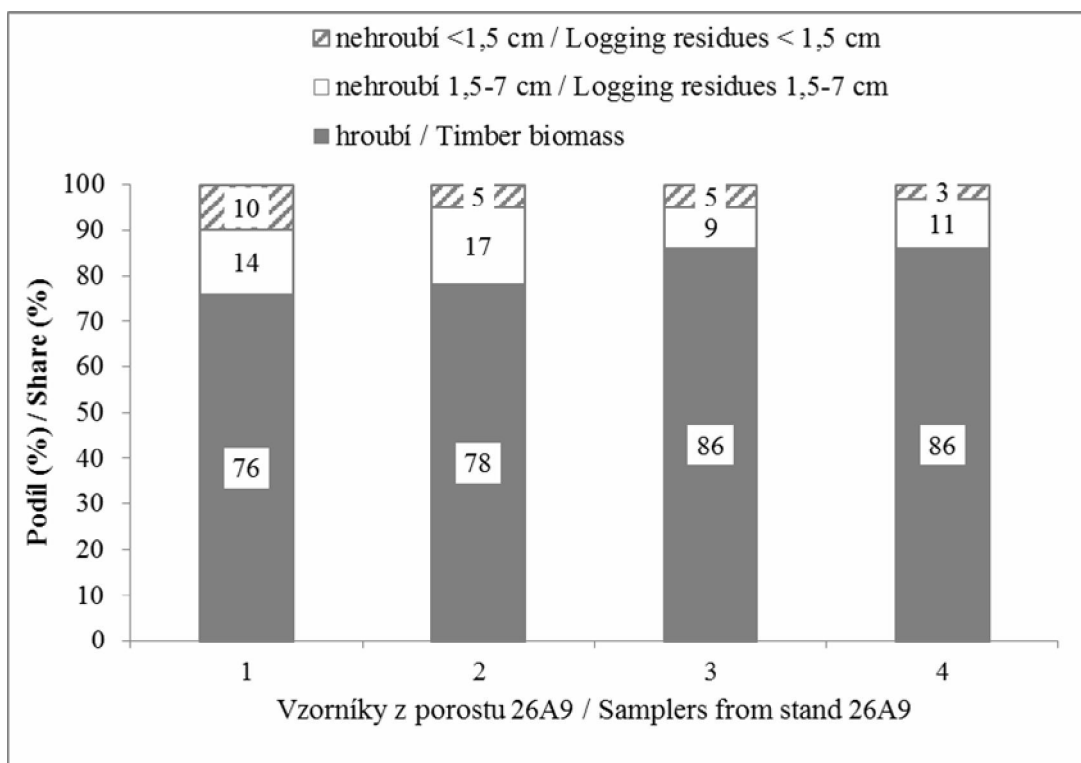
	Hmotnost sušiny (kg) Dry weight (kg)											
	Dřevo Wood				Kůra Bark				Dřevo s kůrou Wood with bark			
Vzorníky Samples	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hroubí Timber biomass	383	316	368	455	27	30	24	36	410	347	392	491
Nehroubí 1,5 - 7 cm Logging residues 1,5 - 7 cm	72	72	38	61	6	4	3	4	77	75	40	65
Nehroubí □ 7 cm Logging residues □ 7 cm	53	23	24	16	-	-	-	-	53	23	24	16
Celková hmotnost Total weight	508	411	430	532	32	34	27	40	541	445	457	572

Hmotnostní podíly jednotlivých hodnocených částí nadzemní biomasy jsou uvedeny na obrázcích 2 a 3. Z nich je zřejmé, že hmotnostní podíl hroubí je u vzorníků z obou zkoumaných porostů velmi podobný. U vzorníků z porostu na kyselém stanovišti se hmotnostní podíl hroubí pohybuje v rozmezí od 77 do 83 %, u vzorníků z porostu na chudém stanovišti v rozmezí od 76 do 86 %. Tomu analogicky odpovídá i velmi podobný podíl nehroubí, který se pohybuje v rozmezí od 14 do 24 %. Při standardním způsobu lesní těžby tedy na těchto stanovištích není ekonomicky využita až jedna čtvrtina hmotnosti sušiny biomasy. Tyto výsledky jsou porovnatelné s údaji, které ve své práci uvádějí EGNELL, VALINGER (2003), kteří zjistili podíl těžebních zbytků na úrovni 21 %, což znamenalo 42 tun biomasy z jednoho hektaru lesa. To je ve shodě i s konstatováním SIMANOVA (2004), který odhaduje, že podíl dřevní suroviny, která je komerčně využívána, tvoří přibližně 60 % biomasy stromu. Zbylých 40 % tvoří stromové vršky a větve s podílem 15 – 25 %, asimilační orgány (2 – 3 %) a dále kořeny a pařezy. Studie BUREŠE et al. (2009) uvádí podíl obvykle využívané dřevní hmoty v rozmezí 60 až 77 % a podíl těžebních zbytků z nadzemní části biomasy v rozmezí 12 - 18 %.

Kvantifikací nadzemní biomasy borovice lesní v různých oblastech České republiky se zabýval i CIENCIALA et al. (2006), který zjistil, že průměrný podíl kmene na celkové nadzemní biomase dosahuje 89 %, přičemž podíl kmene na celkové biomase stoupá s věkem porostu (stromu), takže ve věku 25 let dosahuje pouze 57 % (CIENCIALA et al. 2006).



Obr. 2: Podíl jednotlivých složek sušiny nadzemní biomasy v porostu 26A12
Fig.2: Share of individual components of dry aboveground biomass in the stand 26A12



Obr. 3: Podíl jednotlivých složek sušiny nadzemní biomasy v porostu 26A9
Fig.2: Share of individual components of aboveground dry biomass in the stand 26A9

Závěr

Nadzemní biomasa lesních porostů je dlouhodobě hospodářsky využívána. Její charakter, resp. její distribuce v jednotlivých částech stromů (kmen, větve, asimilační aparát) determinuje možnosti jejího využití. Zatímco hmota kmene (hroubí) je využívána tradičními postupy již mnoho desítek let, hmota nehroubí se ve větší míře využívá až v posledních letech, kdy roste zájem na jejím energetickém využití. Pro odpovědné rozhodování vlastníků lesů v oblasti využití těžebních zbytků je nezbytné jejich potenciál co nejpřesněji kvantifikovat a zároveň posoudit i možná rizika spojená s komplexním zpracováním nadzemní biomasy, která spočívají především ve ztrátě části zde poutaných živin. Na modelovém území Městských lesů Doksy byla ve dvou porostech provedena kvantifikace nadzemní biomasy včetně posouzení její distribuce na hmotu hroubí a nehroubí. Jako ekvivalent potenciálu využití těžebních zbytků byla zjištěna hmotnost nehroubí na úrovni 28 a 54 tun sušiny na jeden hektar plochy porostu, a to především v závislosti na zásobě porostů ve věku 100 a 128 let. Podíl nehroubí na celkové nadzemní biomase je však u všech osmi analyzovaných vzorníků poměrně vyrovnaný a kolísá v rozmezí od 14 do 24 %.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1220099 Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce.

Literatura

- BUREŠ, M., DOLEŽAL, R., HÁNA, J., KADERÁBEK, V., MACKŮ, J., NIKL, M., PAVLOŇOVÁ, G., ZEMAN, M. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Brno: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2009. 50 s.
- CIENCIALA, E., ČERNÝ, M., TATARINOV, F., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z. Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees*, 2006, 20: s. 483-495.
- EGNELL, G., WALINGER, E. Survival, growth, and growth allocation of planted Scots pine trees after different levels of biomass removal in clear-felling. *Forest Ecology and Management*, 2003. 177: s. 65-74.
- MAHMOOD, S., FINLAY R. D., ERLAND, S. Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytologist*, 1999, 142: s. 577-585.
- MATERNA, J. Výživa a hnojení lesních porostů. Praha: SZN, 1963. 227 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*. 1991, 1: s. 49-56.
- REMEŠ, J., BÍLEK, L., FULÍN, M. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2015. 60(2): v tisku.
- SIMANOV, V. Těžba a doprava dříví. Písek: Matice lesnická spol. s r. o., 2004. 411 s.
- ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., NOVOTNÝ, R. Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2009, 54(4): s. 307-315.

POTENCIÁL BŘÍZY JAKO ENERGETICKÉ DŘEVINY PĚSTOVANÉ VE VELMI KRÁTKÉM OBMÝTÍ

POTENTIAL OF BIRCH AS ENERGETIC TREE SPECIES GROWN IN A VERY SHORT ROTATION

Ondřej Špulák, Jiří Souček, Jan Leugner

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno

Abstrakt

*Příspěvek se zabývá produkcí nadzemní biomasy a charakteristikami listů mladých smíšených porostů břízy (*Betula pendula*) a osiky (*Populus tremula*) z přirozené obnovy na kalamitní holině. Sedm let starý porost s hustotou 18 tisíc ks/ha a střední výškou 4,4 m vyprodukoval 15 - 18 tun sušiny/ha. Množství biomasy a podíl jednotlivých složek závisely na termínu těžby a zastoupení dřevin. Střední vzorník břízy měl hmotnost 2,9 kg sušiny, vzorník osiky 1,8 kg. Odlišné charakteristiky větvení a morfologie listů podle výškových tříd obou dřevin ovlivnily rozdíly v alokaci biomasy. Listy břízy tvořily 8 % z celkové biomasy (16 % u osiky), větve 24 % (20 % u osiky). Na vytěžených plochách bude dále sledován vliv termínu těžby na obrůstání a produkce pařezových výmladků.*

Klíčová slova: *sukcese, bříza, produkce biomasy, obnova výmladky*

Abstract

*The present study deals with above-ground biomass production and leaves characteristics of young, mixed birch (*Betula pendula*) stand with aspen (*Populus tremula*) from natural regeneration growing on clearcutting. Seven years old stand with mean density 18 000 pcs/ha and mean height 4.4 m produced 15 - 18 tones dry biomass per hectare. Biomass production and share of dry material differed according to the term of tree cutting and between species. Mean sample birch tree had above-ground dry biomass 2.9 kg, aspen 1.8 kg. Different branch and leaves characteristics of both species influenced biomass allocation. Birch leaves formed 8% of biomass (16% for aspen) and branches 24% (20% for aspen). Coppicing ability of stumps will be investigated.*

Key words: *succession, birch, biomass production, coppicing*

Úvod

V současné době roste poptávka po zdrojích energeticky využitelné biomasy pro lokální topeniště, ale také pro velké energetické celky – teplárny a elektrárny. Zvýšení produkce energetické biomasy také vyplývá z Národního lesnického programu II, který si v klíčové akci 4 klade za cíl propagovat a podporovat využívání lesní biomasy pro výrobu energii. Jednou z perspektivních možností se ukazuje využití přípravných dřevin s pionýrskou strategií růstu.

V našich podmínkách však dosud chybí dostatek údajů o produkčních možnostech porostů domácích pionýrských listnáčů (zejména břízy, osiky, olší, jeřábu) a jejich směsí, které bývají v zahraničí pro tyto účely využívány. Analýza produkčního a energetického potenciálu obnovitelné biomasy porostů pionýrských dřevin může přispět k obhájení možnosti dočasného využití těchto porostů na kalamitních plochách, na kterých se často obnovují (především břízy a osiky).

Bříza bělokorá vykazuje díky široké ekologické amplitudě stanovištních podmínek rozsáhlý areál rozšíření na euroasijském kontinentu (ÚRADNÍČEK et al. 2001). V současné druhové skladbě bříza zaujímá necelé 3 % z celkové porostní plochy ČR, její podíl se mírně snižuje (MZE 2013). Výhodou využití přípravných dřevin (především břízy) je jejich schopnost rychle odrůstat na různých typech stanovišť včetně kalamitních ploch a tvořit porosty, které mohou v krátkém obmýtí významně plnit produkční i mimoprodukční funkce. Objemový přírůst břízy může být nižší než ostatních rychle rostoucích dřevin, relativně snadná přirozená obnova a omezené

problémy s poškozením však zvyšují zájem o produkci biomasy v březových porostech (HYNENEN et al. 2010).

Příspěvek rozšiřuje dosavadní poznatky o potenciálu produkce nadzemní biomasy mladých březových porostů v podmínkách 4. LVS a využití získané biomasy pro energetické účely.

Metodika

Hodnocení potenciálu břízy pro energetické účely bylo zahájeno na výzkumné ploše Nemojov, která leží v blízkosti Dvora nad Labem v nadmořské výšce 460 m. Geologickým podkladem jsou permské pískovce, na které se vytváří luvická kambizem s odpovídající zásobou živin. Z přirozených společenstev zde dominuje *Fagetum illimerosum acidophilum* (4I), původní dospělý porost byl tvořen smrkem s příměsí borovice, dubu, břízy a osiky. Po vichřici Kyrril (leden 2007) zde vznikla holina s výměrou přesahující 6 ha. Dřevní hmota byla z holiny odstraněna a jednotlivé vývraty byly navráceny na původní místa. Část plochy byla uměle obnovena smrkem, bukem, jedlí a douglaskou, na části plochy se sleduje potenciál přirozené obnovy dřevin. Na ploše ponechané přirozené obnově v současnosti dominuje bříza (75 % počtu) s příměsí osiky (16 %), další dřeviny (smrk, borovice, modřín, dub) se vyskytují jednotlivě v podúrovni.

V roce 2014 byla na části lokality provedena těžba max. 7letého porostu. Na dílčích parcelách o rozměrech cca 10 x 20 m, ve dvou opakováních na variantu, bylo provedeno kompletní zmýcení porostu ve třech termínech: v březnu, květnu a červenci. Následně bude dále sledována pařezová výmladnost těchto mladých bříz.

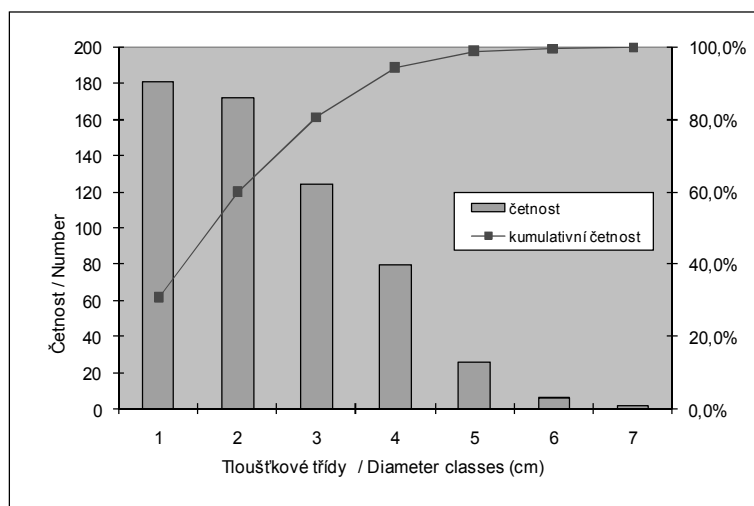
Při zásazích v březnu a červenci byly analyzovány vzorníky břízy a osiky, u kterých byly sledovány základní dendrometrické charakteristiky (tloušťka na patě a v prsní výšce, výška nasazení koruny, celková výška) a živá hmotnost (celkem cca 600 stromů). V obou termínech byla cca třetina vzorníků rozštěpkována, bříza a osika zvlášť. Z různých částí hromad bylo odebráno u břízy po deseti, u osiky po pěti vzorcích štěpky na zjištění sušiny, obsahu základních živin a kalorimetrickou analýzu (analýzu spalného tepla). Princip této metody je úplné spálení vzorku v tlakové nádobě o 100 % kyslíkové atmosféře. Pro stanovení spalného tepla byl použit isoperibolický spalný kalorimetr IKA C200 (IKA, SRN). Analýza každého vzorku štěpky byla provedena ve čtyřech opakováních.

U části vzorníků z letního odběru byla provedena podrobná analýza distribuce nadzemní biomasy podle výškových tříd (16 bříz a 16 osik). Každý vzorník byl rozdělen do 5 relativních výškových tříd (VT, počítáno od vrcholu), pro jednotlivé třídy byla po proměření zvlášť zjišťována sušina kmene, větví a listů spolu s obsahem základních živin.

Výsledky

Stav porostu

Sedmiletý porost s převahou břízy měl průměrnou hustotu horního patra porostu více než 18 tis. jedinců na ha. Vzhledem k výraznému zastoupení slabých jedinců (obr. 1) jeho průměrná tloušťka dosahovala 1,9 cm a výčetní kruhová základna 7,2 m² na ha. Průměrná výška se pohybovala okolo 4,4 m, horní výška porostu dosahovala 7,0 m. Výška nasazení živé koruny reagovala na konkrétní postavení jedince v porostu, mezi výškou nasazení koruny a tloušťkou nebyl zjištěn žádný průkazný vztah.

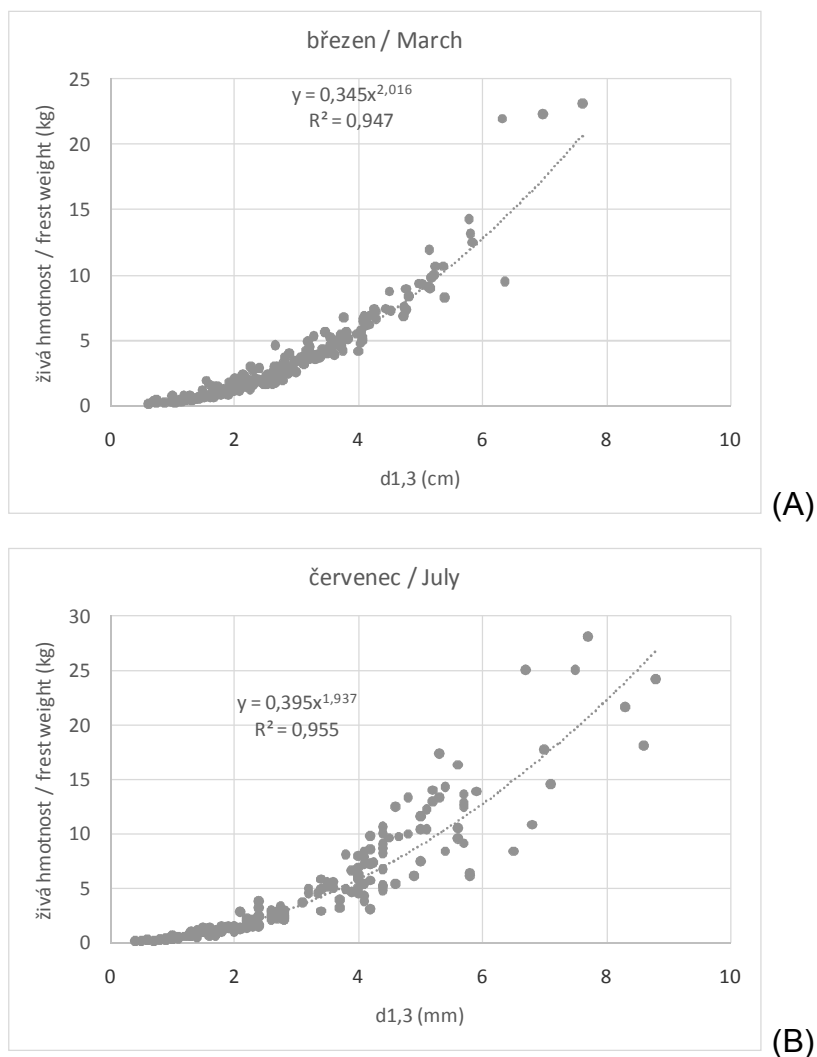


Obr. 1: Rozložení tlouštěk těžného porostu na lokalitě Nemojov.

Fig. 1: Diameter distribution of the harvested stand on the Nemojov locality.

Živá hmotnost a sušina porostu

Vztah mezi dendrometrickými veličinami (tloušťka, výška) a živou hmotností bříz byl v obou termínech odběrů těsný, letní odběr vykazoval vyšší variabilitu u bříz středních a silnějších dimenzí (obr. 2). Sušina štěpky břízy z březnového odběru dosahovala průměrně 48,7 % živé hmotnosti, u odběru z července to bylo 57,8 %. Vtroušená osika obsahovala průměrně více vody, sušina z březnového odběru tvořila 42,3 % a z červencového 57,2 % živé hmotnosti. V březnu tedy těžný porost břízy dosahoval přibližně 30,6 tun živé hmoty, tzn. 14,9 tun sušiny na ha, v červenci to bylo 31,9 tun živé hmoty a 18,4 tun sušiny.



Obr. 2: Vztah mezi tloušťkou a živou hmotností vzorníků břízy při březnovém (A) a červencovém (B) odběru.

Fig. 2: Relation of diameter and fresh weight of sample birch trees in March (A) and July (B).

Výška vzorníků pro podrobnou analýzu biomasy kolísala v rozmezí 260 až 730 cm, tloušťka od 0,5 do 5,2 cm. Střední dimenze vzorníků břízy a osiky byly srovnatelné, osika vykazovala vyšší variabilitu výšek. Výškový přírůst v aktuálním roce se zvyšoval s rostoucím sociálním postavením a tloušťkou (průměr 121 cm u břízy, 130 cm u osiky). Zelená koruna tvořila u břízy zhruba polovinu výšky stromu, koruna osik byla delší. Obě dřeviny se lišily tvarem koruny a charakterem větvení. Břízy měly eliptický až cylindrický tvar koruny, počet větví ve 2. - 4. výškové sekci byl srovnatelný (17 - 18 větví). Koruny osiky byly nejširší ve střední části a vykazovaly zde nejvyšší počet větví (až 20), nejvyšší sekce (1. VT) byla nejčastěji tvořena pouze vrcholovým výhonem s omezeným výskytem větví. Střední tloušťky větví podle sekcí byly u osiky mírně nižší. Střední vzorník břízy měl při tloušťce 2,9 cm sušinu biomasy 2,3 kg, kmen se na celkové biomase podílel $63 \pm 5 \%$, větve $27 \pm 4 \%$ a listy $9 \pm 2 \%$. Sušina biomasy středního vzorníku osiky dosahovala 1,6 kg (tloušťka 2,6 cm). Podíl kmene dosahoval $59 \pm 7 \%$, slabší a početnější větve se na celkové biomase podílely $24 \pm 6 \%$, větší a hmotnější listy tvořily $17 \pm 3 \%$ celkové biomasy vzorníku.

Obsah základních živin v listech břízy se zvyšoval s rostoucí výškovou třídou, výjimkou byl vápník (tab. 1), nejvýraznější pokles v rámci výškových tříd byl zjištěn u dusíku a částečně draslíku.

Tabulka 1: Obsah živin v listech břízy podle výškových tříd (VT), průměr a směrodatná odchylka. Písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám

Table 1: Nutrient content in birch leaves in accordance to the relative height classes (VT), mean and standard deviation. Letters distinguish between statistically homogenous groups in height classes

VT	N (%)	P (%)	K (%)	Ac (%)	Mg (%)
1	2,78 (0,24) a	0,22 (0,04) a	0,94 (0,12) a	0,55 (0,02) b	0,26 (0,03) a
2	2,60 (0,24) ab	0,20 (0,03) ab	0,74 (0,05) a	0,62 (0,04) ab	0,25 (0,02) a
3	2,35 (0,10) ab	0,17 (0,01) abc	0,70 (0,02) a	0,68 (0,05) a	0,23 (0,02) ab
4	2,16 (0,07) bc	0,15 (0,01) bc	0,69 (0,03) a	0,71 (0,02) a	0,20 (0,00) bc
5	1,85 (0,20) c	0,12 (0,01) c	0,64 (0,01) b	0,62 (0,05) ab	0,18 (0,01) c
∅	2,35	0,17	0,74	0,64	0,23

Kalorimetrie štěpky

Spalné teplo vzorků štěpky břízy dosahovalo průkazně vyšších hodnot u materiálu z březnového odběru, než z odběru červencového ($17,0 \text{ kJ.g}^{-1}$ oproti $15,5 \text{ kJ.g}^{-1}$, tab. 2). Při uvážení celkové sušiny odebrané nadzemní biomasy to na hektar porostu představuje spalné teplo 253,3 GJ při březnovém a 285,2 GJ při červencovém odběru. Vzorky z červencového odběru měly větší variabilitu naměřeného spalného tepla jednotlivých vzorků v rámci opakování (o cca $0,1 \text{ kJ.g}^{-1}$).

U štěpky osiky nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi spalným teplem materiálu z obou odběrů. Hodnoty byly v obou termínech, avšak neprůkazně, nižší než u porovnávané břízy, a pohybovaly se okolo $15,1 \text{ kJ.g}^{-1}$.

Tabulka 2: Spalné teplo (kJ.g^{-1}) vzorků štěpky břízy (BR) a osiky (OS) z březnové a červencové těžby, průměr a směrodatná odchylka. Písmena značí příslušnost ke statisticky homogenním skupinám: mezi dřevinami v rámci termínu těžby (velká písmena) a mezi termíny těžby v rámci dřeviny (malá písmena).

Table 2: Combustion heat (kJ.g^{-1}) of the birch (BR) and aspen (OS) chips from March and July, mean and standard deviation. Letters distinguish between statistically homogenous groups: a) between species in one harvesting term (capital letters) and between terms of harvest within one species (small letters)

Dřevina/Species	Termín/Term			
	Březen/March		Červenec/July	
	∅	Sx	∅	Sx
BR/birch	A 16,97 a	1,07	A 15,47 b	1,18
OS/aspen	A 15,07 a	1,26	A 15,17 a	1,20

Diskuze

Poznatky o produkci nadzemní biomasy mladých porostů přípravných dřevin vzniklých z přirozené obnovy na lesní půdě jsou omezené. Literární zdroje informují zejména o březových porostech rostoucích na bývalých zemědělsky obhospodařovaných půdách (např. JOHANSSON 1999; ŠPULÁK et al. 2010; URI et al. 2007, 2012; ZASADA et al. 2014), plochách po těžbě rašeliny nebo o porostech vzniklých výsadbou. Produkční charakteristiky analyzovaných porostů se značně liší

v závislosti na rozdílné hustotě, věku a produkčním potenciálu stanoviště (např. MARTINÍK, MAUER 2012; URI et al. 2012; ZASADA et al. 2014). Většina poznatků pochází ze severských zemí, odlišná druhová skladba, klimatické i stanovištní podmínky omezují srovnatelnost údajů.

Značné rozpětí hodnot nadzemní biomasy v březových porostech rostoucích na bývalých, zemědělsky obhospodařovaných půdách popisují např. JOHANSSON (1999) (9 – 101 tun/ha) nebo ZASADA et al. (2014) (0,6 - 51 tun/ha), variabilitu produkce nadzemní biomasy ovlivnila zejména rozdílná hustota porostu a stanovištní podmínky. Výrazně nižší kolísání hodnot nadzemní biomasy ve srovnatelném porostu (6 - 23 tun/ha) zjistili URI et al. (2007). Rozdíly v porostní hustotě se projeví i na alokaci biomasy, morfologických a chemických charakteristikách listů (URI et al. 2007, 2012). HYTÖNEN et al. (1995) zjistili v 6letých porostech srovnatelné hustoty vzniklých výsadbou produkci 3 - 17 tun/ha. Porovnání literárních dat s našimi údaji naznačuje odpovídající produkci přípravného porostu na sledované lokalitě. Bříza vykazuje mimořádný potenciál přirozené obnovy a následného růstu v mládí, v porostních směsích pak zároveň zvyšuje biodiverzitu i celkový produkční potenciál (HYNYNEN et al. 2010).

Zjištěné hodnoty obsahu živin v listech odpovídají rozpětí hodnot uváděným v literatuře (ŠRÁMEK et al. 2009). Změny obsahu živin v listech v různých výškách koruny souvisí s odlišnou stavbou listů způsobenou rozdílným přístupem aktivního fotosyntetického záření v nižších porostních vrstvách.

Potenciál obnovy břízy pařezovými výmladky i jejich vysoká produkce je využíván zejména ve Skandinávii (např. HYTÖNEN 1994, 2015), poznatky z našich podmínek zatím chybí. HYTÖNEN (2015) zjistil u 10letého porostu produkci 27 tun/ha, 4 roky po plošném zmýcení výmladky vyprodukovaly téměř polovinu výchozí biomasy (12 tun/ha). Potenciál výmladnosti ovlivňují zejména termín těžby, rozměry a míra poškození pařezů, s rostoucím věkem a charakterem poškození pařezů výmladnost klesá. V našem pokusu se z hlediska celkových hodnot spalného tepla na ha jeví jako výhodnější červencový odběr biomasy (pařezení), která v tomto termínu obsahovala o 12 % více spalného tepla na jednotku plochy. Kromě listů se na této hodnotě mohl projevit i počínající přírůst biomasy kmene a větví. Výmladnost bude na lokalitě sledována v průběhu následujících let.

Závěr

Sukcesní porost s dominancí břízy na lokalitě Nemojov dosáhl ve věku 7 let díky své hustotě porostu i při malých dimenzích jednotlivých stromů významné akumulace biomasy. Analýza vzorníků břízy a osiky potvrdila odlišné rozdělení biomasy podle výškových tříd. Porosty s dostatečnou hustotou jedinců stromového patra mohou při minimálních nákladech na obnovu sloužit jako porosty přípravné, zároveň mít svůj význam jako zdroj biomasy a napomoci rozčlenění rozsáhlých stejnověkových porostů vzniklých na kalamitní holině. Pěstování břízy ve velmi krátkém obmýtí je však opodstatněné pouze v případě, kdy je pro udržení produkce zaručena dostatečná výmladnost pařezovaných stromů. Postup výmladnosti bude na lokalitě sledován v následujících letech, do té doby je třeba tento závěr třeba brát jako předběžný.

Poděkování

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

Literatura

- HYNYNEN, J., NIEMISTÖ, P., VIHERRÄ-AARNIO, A., BRUNNER, A., HEIN, S., VELLING, P. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 2010. 83 (1): s. 103-119.
- HYTÖNEN, J. Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. *Biomass and Bioenergy*, 1994. 6 (5): s. 349-357.
- HYTÖNEN, J. Coppicing ability and biomass production of downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) – 4 years results. Book of abstract conference: "Coppice forest past, present and future, 2015. Brno 9. – 11. 4. 2015, 80 s.
- HYTÖNEN, J., SAARSALMI, A., ROSSI, P. Biomass production and nutrient uptake of short-rotation plantations. *Silva Fennica*, 1995. 29 (2): s. 117-139.
- JOHANSSON, T. Biomass equations for determining fractions of pendula and pubescens birches growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass Bioenergy* 1999. 16: s. 223-238.
- MARTINÍK, A., MAUER, O. Snow damage to birch stands in Northern Moravia. *Journal of Forest Science*, 2012. 58 (4): s. 181-192.
- MZE. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. MZe Praha, 2013. 132 s.
- ŠPULÁK, O., SOUČEK, J., BARTOŠ, J., KACÁLEK, D. Potenciál mladých porostů s dominancí břízy vzniklých sukcesí na neobhospodařované orné půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2010. 55 (3): s. 165-170.
- ŠRÁMEK, V. A KOL. Změny obsahů prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. Edice Grantové služby LČR číslo 02, 2009. 109 s.
- ÚRADNÍČEK, L. et al. *Dřeviny České republiky*. Písek, Matice lesnická, 2001. 333 s.
- URI, V. ET AL. Above-ground biomass production and nutrient accumulation in young stands of silver birch on abandoned agricultural land. *Biomass and Bioenergy*, 2007. 31 (4): s. 195-204.
- URI, V. ET AL. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 2012. 267 (1): 117–126.
- ZASADA, M. ET AL. Biomass dynamics in young silver birch stands on post-agricultural lands in central Poland. *Drewno*, 2014. 57 (192): s. 29-40.

VPLYV KALAMITNÉHO PREMNOŽENIA *IPS TYPOGRAPHUS* L. A VETRA NA ŠTRUKTÚRU SMREKOVÉHO PRÍRODNÉHO LESA BABIA HORA

IMPACT OF *IPS TYPOGRAPHUS* L. OUTBREAK AND WIND ON THE STRUCTURE OF NORWAY SPRUCE NATURAL FOREST BABIA HORA

Milan Saniga, Stanislav Kucbel

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

Abstract

The study presents the analysis of diameter structure dynamics in a subalpine natural forest in various stages of its developmental cycle and various altitude. Natural forest is located in the Beskydy Mts., Western Carpathians. At the upper tree limit (PRP 1), it had good static stability and physiological state. Despite the impact of wind and bark beetle outbreak, the stability, physiological vitality and the structure of spruce virgin forest was preserved. In PRP 2 that is located in 80 m lower altitude, the state of ecological conditions is distinctively less favourable. The impact of disturbance factors (bark beetle since 2005, wind) in this PRP caused the reduction of trees mainly in higher diameter classes. In PRP 3 that represents advanced phase of growth stage, we observed significant change in stem density during the last 9 years. The main reason was the intense impact of Ips typographus in the upper tree layer of studied forest ecosystem and the removal of the previous generation of virgin forest.

Keywords: virgin forest, Norway spruce, disturbance, Ips typographus L.

Abstrakt

Príspevok prezentuje dynamiku zmeny hrúbkovej štruktúry prírodného lesa v rôznom štádiu jeho vývojového cyklu a nadmorskej výške. Prales sa nachádza v orografickom celku Oravské Beskydy, časť Západné Karpaty. Štruktúra pralesa na hornej hranici lesa (TVP 1) sa vyznačovala dobrou statickou stabilitou a fyziologickou kondíciou. Napriek čiastočne vetrovej a podkôrníkovej kalamite sa zachovala stabilita, fyziologická vitalita a tým štruktúra smrekového pralesa na hornej hranici lesa. Na TVP 2, ktorá sa nachádza o približne 80 výškových metrov nižšie, je stav ekologických podmienok podstatne nepriaznivejší. Vplyv disturbančných faktorov (podkôrník od roku 2005, vietor) sa na tejto TVP prejavil redukciovou stromov hlavne v najvyšších hrúbkových triedach. Na TVP 3, ktorá predstavuje pokročilú fázu štádia dorastania nastala za posledných 9 rokov výrazná zmena v početnosti stromov na 1 ha. Dôvodom je hlavne intenzívny atak lykožrúta smrekového v hornej vrstve skúmaného lesného ekosystému, ktorý zlikvidoval odchádzajúcu generáciu pralesa.

Kľúčové slová: prales, smrek obyčajný, disturbance, Ips typographus L.

Úvod a problematika

Smrekové lesy orografického celku Oravské Beskydy, lokalita Babia hora hlavne v 7. lesnom vegetačnom stupni predstavujú ukážky prírodného karpatského smrekového lesa. Na základe uvedených skutočností bol komplex smrekových prírodných lesov o rozlohe 117,6 ha v roku 1926 vyhlásený za štátnu prírodnú rezerváciu (ŠPR). Neskoršie bola jej plocha zvýšená na súčasnú výmeru 503,94 ha. Historické dokumenty, stav porastov a fotodokumentácia spred 80 rokov potvrdzujú autochtónny vývoj týchto smrekových lesov hlavne od nadmorskej výšky 1200 m n. m. Podobné zistenia sú aj z poľskej strany z Babiogórskiego Parku Narodowego o lasoch v reglu górnym (1150 – 1390 m n. m.), ktorý je predstavovaný karpatským smrekovým lesom. Tieto lesy si zachovali až do dnešného dňa niektoré prirodzené znaky starého karpatského pralesa, čo viedlo, okrem iných výnimočností územia, k vzniku spomínaného národného parku v roku 1954 a v roku 1977 bol tento park UNESCO-m zaradený do medzinárodnej siete biosférických rezervácií. V oblasti Oravských Beskyd hlavnou, klimaxovou drevinou je smrek obyčajný (*Picea abies* L.), vytvárajúci spoločenstvá *Plagiothecium-Piceetum tatricum* (SZAFFER et al. 1923;

MATUSZKIEWICZ 1977), ktoré sú viazané na kyslé podložia. Babia hora je z hľadiska geomorfológie a vegetačnej pásmovitosti považovaná za modelový lesný ekosystém. Vyskytujú sa tu zachované lesné spoločenstvá od submontánneho po subalpínsky stupeň, na ktoré nadväzuje vo vrcholovej časti alpínsky stupeň (MORAVEC et al. 1994).

Masív Babej hory z geologického hľadiska patrí k vonkajšiemu flyšovému oblúku západokarpatskej sústavy. Štruktúrne je budovaný zo súvrství rozličných flyšových hornín (pieskovcov, slieňovcov, ílovcov, bridlíc a zlepencov). Z hľadiska klimatických pomerov celok Babej hory svojou geografickou štruktúrou a reliéfom vytvára podmienky pre špecifickú klímu. V rámci celého profilu tu boli vylíšené 4 klimatické stupne. Na pomerne malom výškovom rozpätí možno povedať, že klíma Babej hory je drsnejšia ako klíma Tatier v rovnakej nadmorskej výške, čo vplýva na jej štruktúru a stupňovitosť. V porovnaní s Vysokými Tatrami je horná hranica o 100 m nižšie (VORČÁK 2005). Prevládajúcim typom pôd sú v magurskej časti hnedé pôdy oglejené až glejové na flyšových sedimentoch. Podľa BUBLINCA, GREGORA (1998) na sledovaných trvalých výskumných plochách (TVP), kde sa vykonáva výskum štruktúry a regeneračných procesov smrekového prírodného lesa je pôdny typ podzol. Z pohľadu kyslosti bolo na TVP zaznamenané zlepšenie tejto charakteristiky a zvýšenie na hodnotu 3,50. Autori konštatujú, že zlepšenie pH je výsledkom zníženia imisíí SO₂ a priaznivejšej humifikácie v dôsledku zníženého zakmenenia. Vysokohorské smrekové lesy sú vo zvýšenej miere vystavené abiotickým (vietor, sneh), ale aj biotickým faktorom (podkôrny hmyz) (SCHMIDT-VOGT 1986). Uvedené faktory sa začínajú významne prejavovať na ekologickej stabilite týchto smrekových prírodných lesov (VORČÁK 2005). Smrekové pralesy sú v poslednom období silne atakované podkôrnym hmyzom hlavne lykožrútom smrekovým (*Ips typhographus* L). Takto vzniknuté kalamitné plochy prebiehajú ďalej cez ontogenezičný vývoj lesa. Podľa autorov REIF, SAYER (1993) má prirodzená sukcesia najväčší význam pre pochopenie tvorby a vývoja lesného ekosystému. Významné sú poznatky týkajúce sa pochopenia vývoja jednotlivých štádií pre rôzne stanovišťa hlavne geologický podklad a klimatické podmienky. Výskum na kalamitných plochách pôvodných smrečín potvrdil, že v gradiente od kyslých ku bázickým podkladom bola významne nižšia početnosť smreka v dôsledku konkurencie iných drevín. Autori v ďalšej práci (REIF, SAYER 1994) zistili, že na živinovo slabo zásobených stanovištiach prevláda v sukcesii ako pionierska drevina jarabina vtáčia, na priemerne zásobených breza a vrba rakyta, na bázických ku vrbe rakyte prichádza jaseň ako drevina prípravného lesa. Lesy NPR Babia hora boli v minulosti vystavené zvýšenému imisnému zaťaženiu z diaľkového prenosu, čo sa potvrdilo analýzou extraktov ihličia borovice horskej – kosodreviny (KMEŤ et al. 1994), ale aj smreka (SANIGA, KMEŤ 1995).

Pre vysokohorské smrekové ochranné lesy, ale aj lesy vodohospodárske v stredoeurópskych krajinách je povinnosťou uplatňovať koncepcie prírode blízkeho pestovania lesa (ZELLER 1982; KORPEL, SANIGA 1995; OTT et al. 1991). Dôvodom je vytvorenie výrazne diferencovanej štruktúry týchto lesov. V našich podmienkach sú poznatky o štruktúre a dynamike vývoja rovnorodých smrekových prírodných lesov informačne neúplné, hoci smrekové pralesové rezervácie boli legislatívne uzákonené už dávnejšie (KORPEL 1989, 1995). Podľa KORPELA (1989, 1995) smrekový prírodný les Babia hora predstavuje zvyšky vysokohorských smrekových lesov, ktoré si zachovali charakter prírodného lesa. Autorove publikácie podávajú základné informácie o týchto smrekových prírodných lesoch. Z poľskej strany orografického celku Babia hora sú to hlavne novšie práce HOLEKSA, CYBULSKI (2001), HOLEKSA, PARUSEL (1989), HOLEKSA, ZIELONKA (2005) a HOLEKSA, ŻYWIEC (2005).

Problematikou úlohy a rozkladu mŕtveho dreva pri regeneračných procesoch sa zaoberali HOLEKSA et al. (2006a, 2006b), ZIELONKA (2003, 2006a, 2006b), ZIELONKA, NIKLASSON (2001), ZIELONKA, PIĄTEK (2004). Štruktúru smrekového prírodného lesa v rámci jeho vývojového cyklu popisujú hlavne práce JAWORSKEHO, KARCZMARSKEHO (1989, 1990), FABIANOWSKIEHO, GADEKA (1983) a ZABIEROWSKIEHO et al. (1983). Informácie o štruktúre a regeneračných procesoch smrekových prírodných lesov slovenskej strany Babej hory podávajú KORPEL (1995, 1989), BEBEJ (1981), PREDANOCY (1996), TOMÁŇ (1996). V posledných 10 rokoch dochádza v súvislosti s otepľovaním ku kalamitnému premnoženiu lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.) nielen v hospodárskych a ochranných lesoch Kysuckých a Oravských Beskýd, ale aj v smrekovom prírodnom lese Babia hora a Pilsko.

Cieľom práce bolo vykonať rozbor zmeny hrúbkovej štruktúry spôsobenej vplyvom podkôrnikovej kalamity, ktorá veľmi intenzívne zasiahla smrekový prales Babia hora.

Materiál a metodika

Podklady na analýzu boli získané z meraní na TVP 1 – 3, ktoré uskutočnili pracovníci Katedry pestovania lesa v rokoch 1980, 1987, 1995, 2005 a 2013 podľa metodiky KORPEL (1989). Plochy TVP 4 - 5 sa nehodnotili s dôvodu odumretia takmer všetkých stromov atakom *Ips typographus* L. a vetrom.

TVP 1 sa nachádza v nadmorskej výške 1430 m, predstavuje počiatočnú fázu štádia optima, má výmeru 0,5 ha, nachádza sa v skupine lesných typov (slt) *Sorbeto - Piceetum* (SP).

TVP 2 sa nachádza v nadmorskej výške 1340 m, z hľadiska vývojového cyklu predstavuje pokročilú fázu štádia optima prechádzajúcu do rozpadu, má rovnakú výmeru, patrí do slt SP.

TVP 3 sa nachádza v nadmorskej výške 1210 m, predstavuje pokročilú fázu štádia dorastania, patrí do slt *Fagetum abietino-piceosum* (Fap).

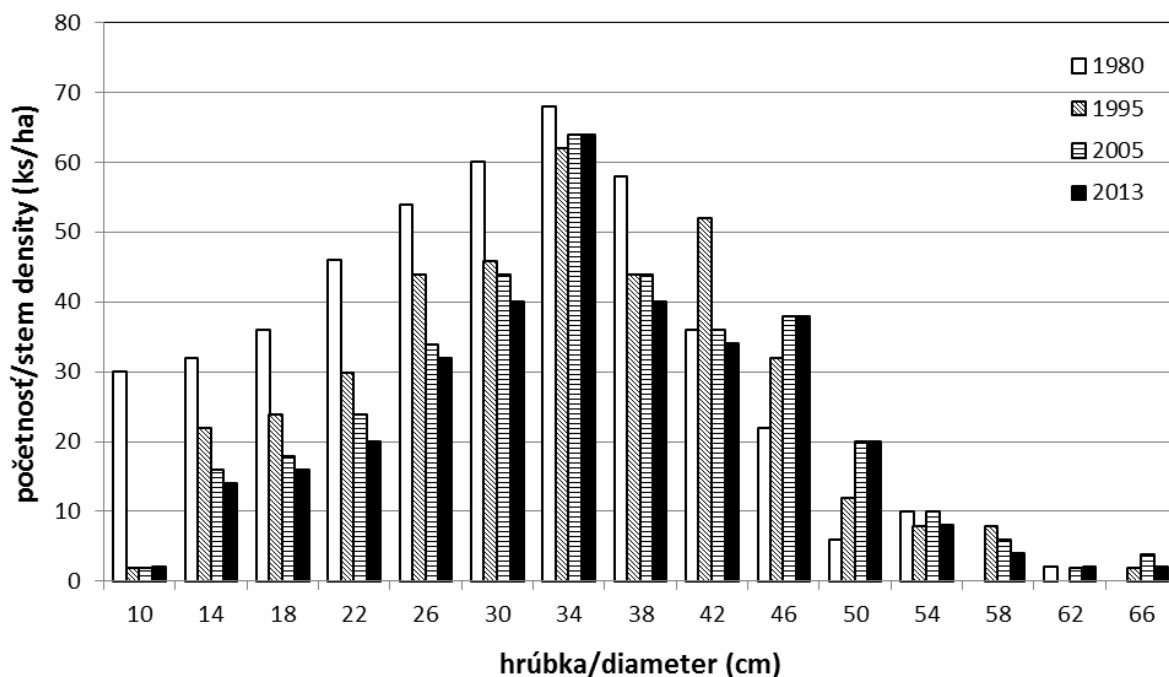
TVP 4 je umiestnená v nadmorskej výške 1240 m. Svojou štruktúrou charakterizuje počiatočnú fázu štádia rozpadu. Patrí do slt Fap. Pri meraní v roku 2013 boli jedince smreka na celej ploche vo forme chrobačiarov resp. vývratov.

TVP 5 sa nachádza v nadmorskej výške 1330 m. Je zaradená do pokročilej fázy štádia rozpadu, patrí do slt SP. Pri meraní v roku 2013 boli jedince smreka na celej ploche vo forme chrobačiarov resp. vývratov.

Na základe uvedených skutočností boli predmetom analýzy a vyhodnotenia iba TVP 1 – 3. Základom pre riešenie stanovených problémov sú údaje o hrúbkovej štruktúre pralesa vo vektore času (25 rokov) v jeho jednotlivých vývojových štádiách.

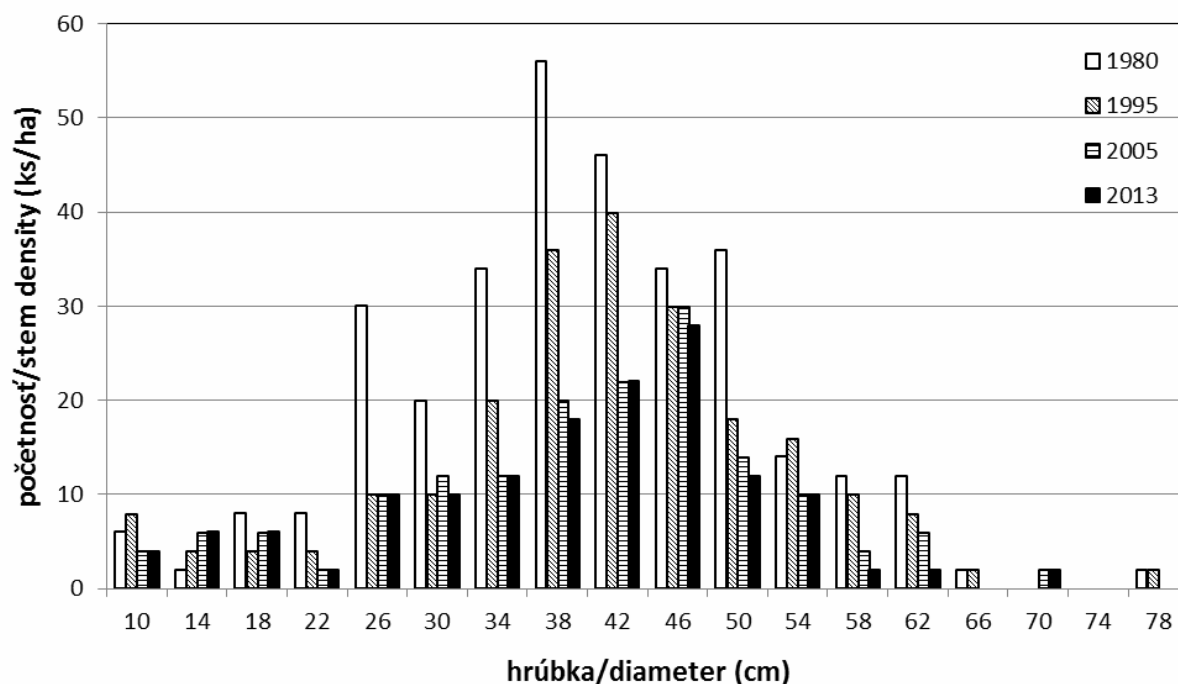
Výsledky

Stav hrúbkovej štruktúry a objemu hrubiny pralesa do roku 2005, t.j. za 25ti ročné obdobie sledovania potvrdili malé kolísanie hodnôt tohto ukazovateľa okrem TVP 2, kde došlo v dôsledku víchrice v roku 2004 k jej poklesu o 60 %. Napriek výraznému poklesu počtu stromov v jednotlivých štádiách si prales dokáže nahradiť ich produkčnú stratu prírastkom na ostatných živých stromoch. Smrekový prales na hornej hranici lesa sa vyznačuje vysokou stabilitou a dominujúcou vegetatívnou prirodzenou obnovou. Od roku 2007 je zreteľný vplyv kalamitného vývoja, ktorý je spôsobený dvomi generáciami lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.). Od roku 2007 na základe pochôdzky a fotomateriálu je možné konštatovať fragmentačný rozpad smrekového prírodného lesa v celom komplexe Babej hory s výškovou hranicou do 1350 m n. m. Informáciu o poklese počtu stromov podľa hrúbkových stupňov za posledných 33 rokov na TVP 1 – 3 podávajú obr. 1 – 3.



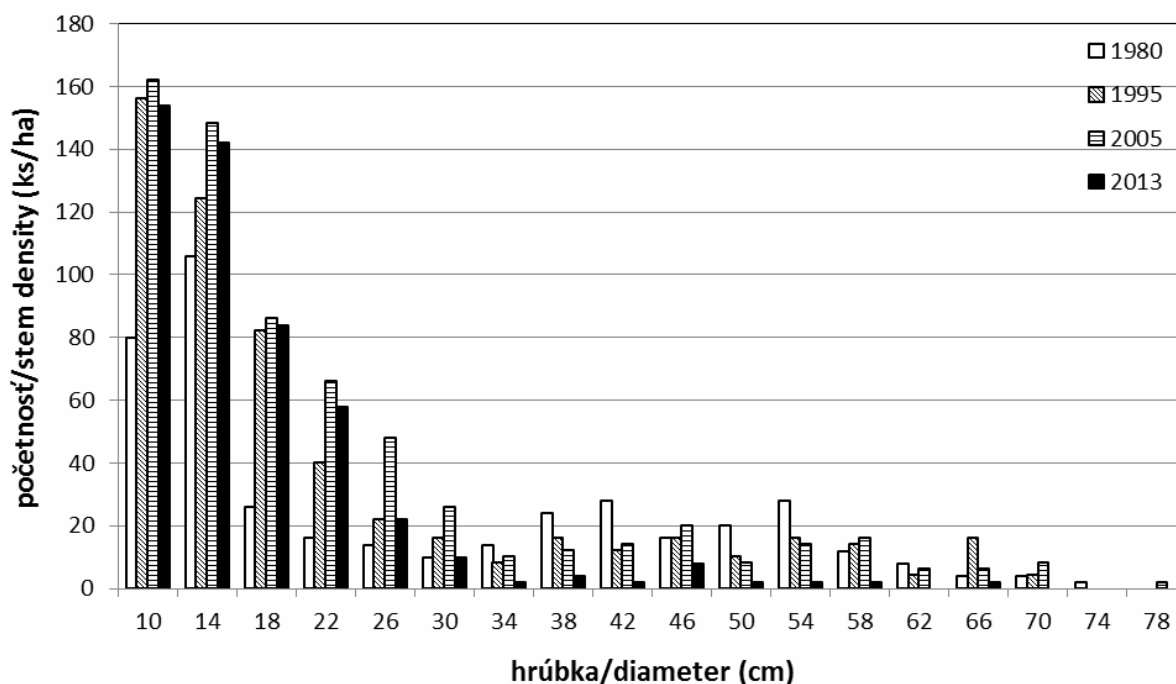
Obr. 1: Dynamika zmeny hrúbkovej štruktúry smrekového pralesa na TVP 1 za obdobie 33 rokov
Fig. 1: Changes of diameter structure of Norway spruce virgin forest in PRP 1 during the period of 33 years

Voľný zápoj smrekového pralesa v tejto nadmorskej výške, následne veľká dĺžka korún stromov, ako aj pulzujúca vegetatívna obnova, determinujú zatiaľ jeho vysokú fyziologickú vitalitu a stabilitu (VORČÁK 2005). O vysokej stabilite porastu na TVP 1 svedčí dynamika zmeny hrúbkovej štruktúry za obdobie 33 rokov (obr. 1). Polygón hrúbkových početností sa za sledované obdobie dostal do väčšej symetrie s posunom stromov do vyšších hrúbkových tried. Na druhej strane dochádza od roku 1995 ku spomaleniu dorastania stromov do hrúbkovej triedy $d_{1.3}$ 10 cm. Tenké jedince vzniknuté hrúžením napriek vysokej regenerácii vo veľkom množstve odumierajú. Analýza rozdelenia početností po hrúbkových stupňoch na tejto ploche potvrdila významnú redukciu počtu stromov v hrúbkovom rozpätí 10 – 30 cm za celé obdobie sledovania hlavne v rokoch 1980 – 1995. Po tomto období sa redukcia spomalila a posledné meranie potvrdilo, že napriek vetrovej a podkôrnikovej kalamite sa zachovala stabilita, fyziologická vitalita smrekového pralesa na hornej hranici lesa.



Obr. 2: Dynamika zmeny hrúbkovej štruktúry smrekového pralesa na TVP 2 za obdobie 33 rokov
Fig. 2: Changes of diameter structure of Norway spruce virgin forest in PRP 2 during the period of 33 years

Podobnú štruktúru má TVP 2, ktorá je umiestnená o 80 výškových metrov nižšie (obr. 2). Okrem posunu vrcholu polygonu hrúbkových početností smerom ku vyšším hrúbkovým stupňom, došlo v celom hrúbkovom diapazóne ku výraznému poklesu počtu stromov. Rozbor výsledkov z oboch TVP potvrdil, že parametre korún stromov smreka, hlavne ich podiel z výšky stromu dosahuje skoro 100 %. Stav ekologických podmienok o približne 80 výškových metrov je podstatne nepriaznivejší. Prerušený až medzernatý zápoj na hornej hranici lesa (TVP 1) vytvára predpoklady pre vyššiu fyziologickú a zdravotnú kondíciu smrekového pralesa v tejto výškovej zóne vo väzbe na atak lykožrúta smrekového. Na TVP 2, kde kapacita korún a fyziologická aktivita stromov smreka je významne nižšia sa predpokladá rýchlejší rozpad. Z hľadiska zmeny hrúbkovej štruktúry vo vektore času bol v časovom rozpätí rokov 1980 – 1995 zaznamenaný významný pokles počtu stromov v hrúbkovom rozpätí 26 cm až 50 cm. Zmenšenie hrúbkovej diferenciácie v tomto období potvrdilo koncentrovanie stromov do vyšších hrúbkových tried (hornej vrstvy) pralesa. Tento pokles pokračoval ešte aj v ďalšom decéniu hlavne v hrúbkových triedach 38 – 42 cm. Vplyv disturbančných faktorov (podkôrník od roku 2005) a vietor sa na tejto TVP prejavili hlavne odumretím resp. vyvrátením stromov najvyšších hrúbkových triedach.



Obr. 3: Dynamika zmeny hrúbkovej štruktúry smrekového pralesa na TVP 3 za obdobie 33 rokov
Fig. 3: Changes of diameter structure of Norway spruce virgin forest in PRP 3 during the period of 33 years

Na TVP 3, ktorá predstavuje pokročilú fázu štádia dorastania, nastala za posledných 9 rokov výrazná zmena v početnosti stromov na 1 ha. Dôvodom je hlavne intenzívny atak lykožrúta smrekového v hornej vrstve skúmaného lesného ekosystému, ktorý zlikvidoval predchádzajúcu generáciu pralesa. Vietor ako abiotický faktor sa na disturbančnom režime tejto plochy podieľal v minimálnej miere. Plocha sa do roku 2005 nachádzala vo fáze výberkovej štruktúry, kde za obdobie 25 rokov boli vytvorené vhodné podmienky pre nepretržitú prirodzenú obnovu a štruktúra pralesa svojím ekologickým profilom spomalila procesy autoredukcie, čím umožnila vyplňovanie produkčného disponibilného priestoru pralesa. V súčasnom období je na ploche výrazne výškovo a málo hrúbkovo diferencovaná následná generácia (obr. 3). Následná generácia má známky neceloplošnosti, pokrýva cca. 50 – 60 % plochy pralesa a jej hrúbkové rozpätie je 10 – 30 cm. Regeneračné procesy, ktoré mali v predchádzajúcom období pomerne vysokú dynamiku a zabezpečili vyplnenie uvedenej plochy na 85 % smrekom. Ostatná plocha bola vyplnená jarabinou v hrúbkovom rozpätí 2 – 10 cm, ktorá sa podieľa na vytváraní dolnej vrstvy. Jej účasť je v tejto fáze vývoja pralesa potrebná a dosť významná pre zachovanie kontinuity jeho vývojového cyklu.

Stav pralesa na TVP 4 – 5, ktoré boli v štádiu optima sa vyznačuje odumretými stojacimi (chrobačiare) a ležiacimi stromami existujúcej generácie (vietor) so sporadickou prirodzenou obnovou smreka s výškou do 1 m. Smrek je zastúpený jednotlivo sporadicky v malých hlúčikoch. Na plochách sa začína objavovať jarabina.

Diskusia a záver

Vývoj pralesa bude diferencovaný. Bude záležať na tom, aká bola a je jeho plošná textúra z pohľadu vývojového cyklu podľa KORPELA (1995). Treba pripomenúť, že disturbančné procesy, ktoré v minulosti v týchto orografických celkoch prebiehali a sú v odbornej literatúre popísané sa podieľali na rozpade určitých častí tohto

smrekového pralesa. Doterajšie výsledky výskumu tohto lesného ekosystému skôr vedú ku presvedčeniu, že sledovaný prales pri doterajšom disturbančnom režime ani nedosiahol na nejakej reprezentatívnej ploche štádium optima. Uvedený fenomén vykreeval v minulosti plošnú textúru, ktorú dnes popisujeme. Na základe týchto skutočností možno vysloviť hypotézu, že na plochách, ktoré predstavujú vývojové štádiá dorastania a pokročilú fázu štádia rozpadu by sa mal produkčne a funkčne presadiť smrek ako klimaxová drevina. Na plochách predstavujúcich štádium optima (malé plochy), resp. počiatočnú fázu štádia rozpadu s absenciou smreka nastúpi jarabina vtáčia ako prípravná drevina (REIF, SAYER 1993, 1994). Na vývratoch a mŕtvom dreve takýchto plôch by sa mal postupne obnovovať smrek (VORČÁK 1995). Celá plocha pralesa tak môže predstavovať štádium prechodného lesa v rámci jeho ontogenezického vývoja, resp. prípravného lesa s prechodom do fázy prechodného lesa s ojedinelým výskytom smreka na mŕtvom dreve alebo na vyvýšených miestach vzniknutých po vyvrátených stromoch. Vo výškovej zóne nad 1350 až 1400 m, kde je smrek koncentrovaný v hlúčikoch alebo malých skupinách, v tejto fáze predpokladáme zachovanie jeho existencie s očakávaným nárastom frekvencie odumierania najstarších jedincov vegetatívneho pôvodu (VORČÁK 1995).

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu Vega 1/0040/15.

Literatúra

- BEBEJ, J. Štruktúra, obnova a produkčné pomery v prírodných smrekových porastoch v ŠPR Kotlina pod Babiou horou. Diplomová práca LF VŠLD Zvolen, 1981 62 s.
- BUBLINEC, E., GREGOR, J. Ekologicko-produkčné vlastnosti pôd vo vertikálnom tranzekte NPR Pilsko. In: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska, 1998. s. 5-7.
- FABIANOWSKI, J., GADEK, K. Lasy Babjagórskiego Parku Narodowego. In: Park Narodowy na Babiej górze, AWN Warszawa-Krakow, 1983. s. 179-196.
- HOLEKSA, J., BARC, A., HYLA, A., KRAWCZYK, B. Changes in coarse woody debris of a West Carpathian subalpine spruce forest over ten years. Polish Botanical Studies, 2006a. 22: s. 231-240.
- HOLEKSA, J., CYBULSKI, M. Canopy gaps in a Carpathian subalpine spruce forest. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 2001. 120: s. 331-348.
- HOLEKSA, J., GIEMZA, P., KRAWCZYK, B., ŁABAJ, J., MICHALSKA, D., SZEWCZYK, J., WESOŁOWSKA, M., ŻYWIEC, M. Tatrzańska i babiogórska świerczyna górnoreglowa – podobieństwa i różnice. In: Mirek, Z., Godzik, B. (eds.), Tatrzański Park Narodowy na tle innych górskich terenów chronionych. Zakopane, 2006b. s. 77-85.
- HOLEKSA, J., PARUSEL, J. B. Snow cover in the forest zones of the Babia Góra massif (West Carpathians). Acta Biol. Mont. 1989. 9: s. 341-352.
- HOLEKSA, J., ZIELONKA, T. Different landscape patterns of subalpine spruce forests in the Tatra Mts. and Babia Góra massif (West Carpathians). Polish Botanical Studies 2005. 19: s. 167-175.
- HOLEKSA, J., ŻYWIEC, M. Spatial pattern of a pioneer tree seedling bank in old-growth European subalpine spruce forest. Ekológia (Bratislava) 2005. 24: s. 263-276.
- JAWORSKI, A., KARCZMARSKI, J. Budowa, struktura i dynamika górnoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. In: Korpel', Š. (ed.) Stav, vývoj, produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej Hory a Pilska. Zvolen, 1989. s. 122-148.

- JAWORSKI, A., KARCZMARSKI, J. Struktura a dynamika dolnoreglowych drzewo-stanów o charakterze pierwotnym w Babiogórskim Parku Narodowym. *Acta Agr. et Silv., ser. Silv.*, 1990. t. XXIX. s.78-98.
- KMEŤ, J., LUKÁČIK, I., TOMANOVÁ, S. Bioindikácia na ihliciach borovice horskej (*Pinus mugo* Turra) v rôznej nadmorskej výške. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 1994. 36: s. 41–50.
- KORPEL, Š. Pralesy Slovenska. Bratislava: Veda, 1989. 328 s.
- KORPEL, Š. Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Jena, New York: Fischer Verlag, 1995. 310 s.
- MATUSZKIEWICZ, J. Preglad fitosociologiczny zbiorowisk lesnych Polski. Cz.4. Bory swierkowe i jodlowe. *Phytocoenosis* 1977. 6 (3): s. 149-227.
- MORAVEC, J. Fytocenologie. Praha: AVČR, 1994. 403 s.
- OTT, E., FREHNER, M., FREY, H., LÜSCHER, P. Gebirgsnadelwälder, Bern: Verlag Paul Haupt, 1997. 287 s.
- PREDANOCY, M. Štruktúra, vývoj, produkčné pomery a regenerácia smrekového pralesa v NPR Kotlina pod Babiou horou. Diplomová práca na LF TU Zvolen, 1996. 48 s.
- REIF, A., SAYER, U. Natürliche Sukzession auf Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg und ihre Bedeutung für den Naturschutz. *Veröff. PAÖ* 1993. 7: s. 383-388.
- REIF, A., SAYER, U. Natürliche Sukzession auf Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg und ihre Bedeutung für den Naturschutz. *Veröff. PAÖ* 1994. 8: s. 389-400.
- SANIGA, M., KMEŤ, J. Stav smrekových porastov z pestovno-fyziologického hľadiska v oblasti Oravskej Polhory (Oravské Beskydy), *Zpravodaj Beskydy*, 1995. 7: s. 49-54.
- SCHMIDT-VOGT, H. Die Fichte, Band II/1, Hamburg u. Berlin, 1986. 563 s.
- SOSNOWSKA, J. Dynamika odnowienia świerkowego w borze górnoreglowym Plagiothecio-Piceetum Babiogórskiego Parku Narodowego. M.Sc. Thesis. Uniwersytet Śląski, Katowice, 2006. 81 s.
- SZAFER, W. Zarys paleobotaniki. Warszawa: Państwowe Wydawn. Naukowe, 1962. 301 s.
- TOMÁŇ, P. Dynamika štruktúry, vývoj, produkčné a regeneračné pomery prírodného smrekového lesa v NPR Kotlina pod Babou horou. Diplomová práca LF TU Zvolen, 1996. 43 s.
- VORČÁK, J. Štruktúrna diverzita vybraných horských lesom Oravských Beskyd a Tatier vo väzbe na ich ekologickú stabilitu. Dizertačná práca, TU Zvolen, 2005. 152 s.
- ZABIEROWSKI, K. Park Narodowy na Babiej górze, PWN Warszawa–Kraków, 1983. 362 s.
- ZELLER, E. Stabilitätspflege im Gebirgswald. Bündnerwald, 1982. 36, s. 6.
- ZIELONKA, T. Tempo rozkładu martwego drewna a odnowienie świerka *Picea abies* (L.) Karst. na kłodach w karpackim borze górnoreglowym. Doctoral Thesis, Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków 2003. 114 s.
- ZIELONKA, T. Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine spruce forests of the western Carpathians, Poland. *Canadian Journal of Forest Research*, 2006a. 36: s. 2614-2622.
- ZIELONKA, T. When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement? *Journal of Vegetation Science*, 2006b. 17: s. 739-746.

- ZIELONKA, T., NIKLASSON, M. Dynamics of dead wood and regeneration pattern in natural spruce forest in the Tatra Mountains, Poland. *Ecological Bulletins* 2001. 49: s. 159-163.
- ZIELONKA, T, PIĄTEK, G. The herb and dwarf shrubs colonization of decaying logs in subalpine forest in the Polish Tatra Mountains. *Plant Ecology*, 2004. 172: s. 63-72.

THINNING EFFECT ON SOIL RESPIRATION IN SILVER FIR, BEECH AND SPRUCE PREDOMINATING ADULT FOREST STANDS

Matjaž Čater

Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia
Mendel University, Faculty of forestry and Wood technology, Department of Silviculture,
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic
Tel.: ++386 (0)1 200-78-32
Fax: ++386 (0)1 257-35-89
e-mail: matjaz.cater@gozdis.si

Abstract

CO₂ movement or CO₂ flux out of the soil is the primary function of soil respiration; soil CO₂ flux is a significant component of the total atmospheric carbon balance, a physical process driven primarily by the CO₂ concentration diffusion gradient between the upper soil layers and the atmosphere near the soil surface.

In three high karst forest complexes same spatial design was applied to observe the effect of silvicultural treatment – the degree of mature stand removal on soil efflux. In every forest complex nine subplots were established during the time of experiment according to predominating tree species in growing stock of the mature canopy stand - silver fir, Norway spruce and European beech. In 2012 silvicultural measures with different intensity were applied with 50% and 100% removal of growing stock around the centre of the plot with minimal diameter of two tree heights.

The seasonal pattern of CO₂ efflux rates was mostly accountable by changes in soil temperature. Simple exponential functions including temperature alone accounted relatively well for the spatial variability over the investigated forest stands. Spatial heterogeneity in CO₂ efflux rates was clearly reflected in management practice, while higher soil respiration rates. A higher amount of aboveground litter associated with high decomposition rates is a good predictor of soil respiration rates. Release rates and recovery period were extreme in beech predominating sites, followed by the silver fir and norway spruce. It is our belief, that more oscillations may be expected in carbon release dynamics in the future, as the number of extreme weather events increases and the withdrawal of silver fir with its poor recruitment may have long term consequences on this high karst high productive sites.

Key words: soil efflux, silviculture, carbon release, beech, silver fir, Norway spruce

Introduction

The net flux of carbon in terrestrial ecosystems results from the balance between two large fluxes, CO₂ fixation by photosynthesis and CO₂ release by ecosystem respiration. Today, Northern forest ecosystems act as a sink for carbon (DIXON et al. 1994; GOODALE et al. 2002; LISKI et al. 2003), but in the temperate forest ecosystems, respiration has a greater impact on the carbon (C) balance than photosynthesis (VALENTINI et al. 2000), and soil respiration is a major part of the ecosystem respiration (JANSSENS et al. 2001; DAVIDSON et al. 2006). Knowledge of the dynamics of this pool is essential if we are to understand the terrestrial C balance as a whole. Because the rate of C loss from soil is, to some extent, a function of temperature, the soil C balance is likely to be a sensitive indicator of climate change. Furthermore, there has been a considerable speculation about the potential of changing land management practices, such as reforestation, for increasing the amount of C stored in soils as a means of offsetting CO₂ emissions from other sectors. The environmental and economic results from the balance between two large fluxes, CO₂ fixation (photosynthesis) and CO₂ release by ecosystem respiration benefits of this form of C sequestration are huge, but to date, there has been no scientific basis on which to judge the theoretical and practical validity of these ideas.

Soil C is not only an important part of the global C cycle, but also a critical part of ecosystem energy and nutrient cycles. The soil CO₂ efflux consists of two components: soil organic matter (SOM)-derived CO₂ and root-derived CO₂ (WERTH,

KUZYAKOV 2008, 2010). Another important factor influencing the transport of CO₂ is atmospheric CO₂ which diffuses into the soil. The abiotic carbonate-derived CO₂ efflux has been considered to be of minor importance (KUZYAKOV 2010), but in semiarid and arid environments with carbonate-rich soils, this efflux could also be significant (EMMERICH 2003; HUXMAN et al. 2004). The contribution of this geogenic source to soil respiration is still poorly documented. Soil temperature and soil moisture are among the most important factors controlling the CO₂ efflux (RAICH, POTTER 1995; DAVIDSON et al. 1998; BUCHMANN 2000). However, sometimes, they explain less than 60% of the day-to-day variations in soil respiration (SCHLENTNER, VAN CLEVE 1985; TOLAND, ZAK 1994; MOREN, LINDROTH 2002), suggesting that other factors such as root nitrogen concentration, soil texture, and substrate quantity and quality may be involved. Consequently, large spatial and temporal variations in soil respiration rates have typically been found both within and between most temperate ecosystems (BUCHMANN 2000; SOE, BUCHMANN 2005). Seasonal variations in soil CO₂ efflux have been observed in almost all ecosystems and have often been associated with changes in temperature, moisture, photosynthetic production and/or their combinations.

The main controlling factors may depend on the type of ecosystem and climate. Large spatial variability in soil CO₂ respiration results from a large variability in soil physical properties such as soil water content, thermal conditions, porosity, texture, chemistry, biological conditions (e.g. fine-root biomass, fungi and bacteria), nutrient availability (e.g. nitrogen mineralisation) and others (disturbed history and weathering) (FANG et al. 1998; HANSON et al. 1999; LA SCALA et al. 2000; XU, QI 2001; DE NEERGAARD et al. 2002; SHIBISTOVA et al. 2002). SHIBISTOVA et al. (2002) showed a close connection between tree density and the soil CO₂ efflux in an open boreal forest.

Soil CO₂ efflux rates were about double in the areas in proximity to trees than in the open areas, thus indicating that the development stage of trees (e.g. age and height) can explain some of the spatial patterns in the soil CO₂ efflux in forests. Internal C fluxes within a forest ecosystem and their interaction with soil and atmosphere exchange processes can be addressed using C isotopes.

CO₂ movement or CO₂ flux out of the soil is the primary function of soil respiration; soil CO₂ flux is a significant component of the total atmospheric carbon balance. It is a physical process driven primarily by the CO₂ concentration diffusion gradient between the upper soil layers and the atmosphere near the soil surface.

The purpose of our research was to identify differences in soil efflux before and after silvicultural measures (thinning) (1), to connect degree of carbon release according with the intensity of silvicultural measure (2) and to compare soil effluxes in different stands with silver fir, Norway spruce and beech as predominating tree species (3).

Material and methods

Research area

The area is located in the Southern part of Slovenian Dinaric region, where majority of the forests is owned by Slovenian state distributed along three forest management units: Trnovo, Snežnik and Rog. All studied forest complexes belong to *Omphalodo-Fagetum* with comparable structure, soil and climatic conditions (fig 1, table 1).

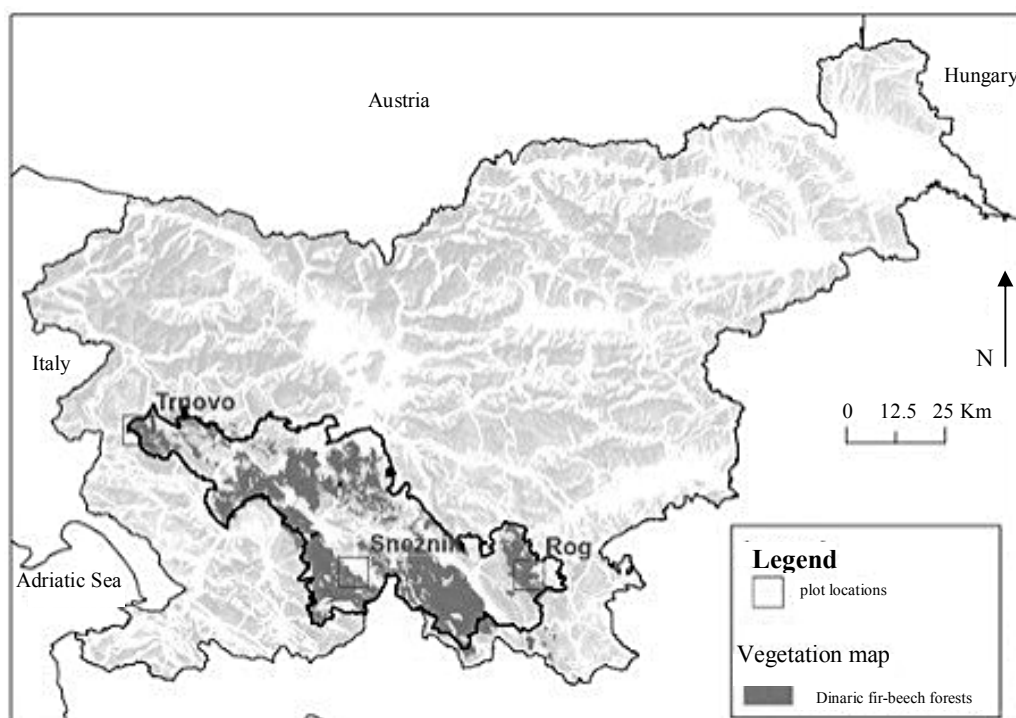


Fig. 1: Location of research plots Trnovo, Snežnik and Rog

General research plot characteristics are presented in the following table 1.

Table 1: General features of the research area

	TRNOVO	SNEŽNIK	ROG
General features			
Area (ha)	70	70	70
Geographic Coordinates (UTM-WGS84)	45.989° N, 13.759° E	45.672° N; 14.460° E	45.668° N; 15.033° E
Altitudinal range (m a.s.l.)	772 – 824	731 – 774	799 – 896
Landscape morphology	Karst terrain (sinkholes, ridges and slopes)		
Bedrock	Limestone, dolomite		
Soil characteristics	Litosol, Rendzic Leptosol, Cambisol, Luvisol		
Climate (Source: ARSO – Slovenian Environment Agency, Climatic maps 1971 - 2000 Mean value)			
Temp _{med} (°C)	9°C	8°C	8°C
Temp _{max} (°C) (average warmest month)	12.5°C	12.5°C	15.5°C
Temp _{min} (°C) (average coldest month)	4°C	2.5°C	2.5°C
Rainfall (mm)	2300 mm	1600 mm	1700 mm
Phytoclimatic region	Continental and Mediterranean		Montane Dinaric
Forest Management			
Forest type	Mixed high forests of silver fir, European beech and Norway spruce.		
Main management type	Uneven-aged forests.		
Management plan	Successive planning according to forest law and old growth		
Present stages	old growth		
Cutting – harvesting method	Free style technique (irregular shelter-wood with selective cutting)		
Health condition	Normal	Normal, fir subject to browsing.	
Extreme events	Occurrence of windthrows, snowfall and sleet		
Sampling Area			
Average living stock (m ³ /ha)	292.0	442	351.6
Annual increment (m ³ ha ⁻¹ yr ⁻¹)	6.2	8.3	9.4
Basal area (average) (m ² ha ⁻¹)	44.75	42.28	32.54
Stem density (N ha ⁻¹)	415	379	443

In every forest complex nine subplots were established during the time of experiment according to predominating tree species in growing stock of the mature canopy stand - stands with silver fir, Norway spruce and European beech. In 2012 silvicultural measures with different intensity were applied with 50% and 100%

removal of growing stock around the centre of the plot with minimal diameter of two tree heights (figure 2).

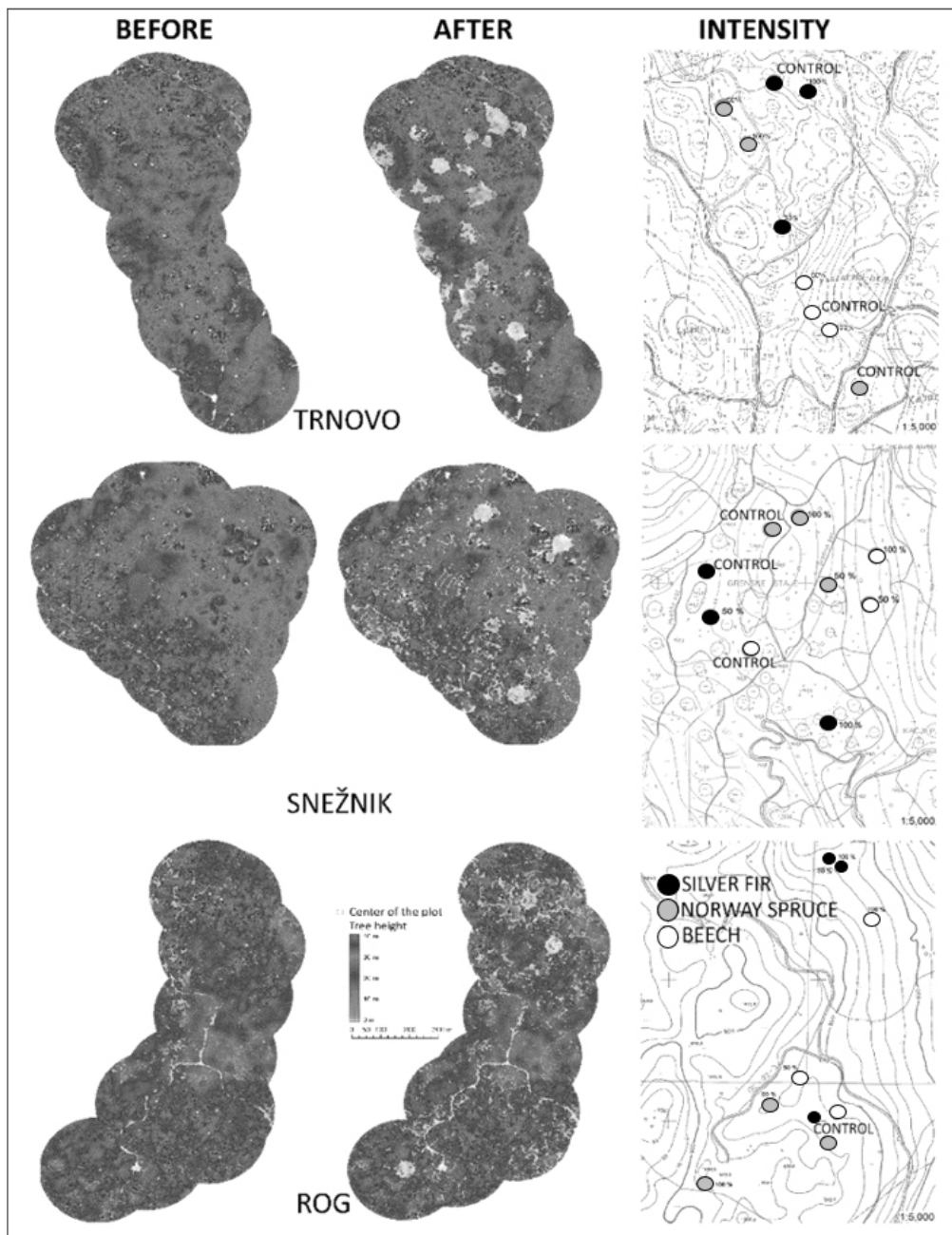


Fig. 2: Research plots situation with before and after silvicultural measure (100% intensity, 50% intensity and 0% - control with experiment design and equal share for every studied tree species (right). Tree height is presented with different colour (Author: A. Kobler, Slovenian Forestry Institute)

Soil efflux measurements

Manual measurement of soil efflux included a LI-6400 console with battery pack, soil chamber and soil temperature probe that was connected to the console, allowing the temperature measurements to be integrated into the data set. The chamber concentration was automatically scrubbed to just below an ambient target, and then measured as it raised to slightly above ambient concentration. This maintained the CO₂ concentration gradient to within a few ppm of the natural, undisturbed value. Following each measurement, the intermediate flux data were fit with a regression,

which is then used to compute the soil CO₂ flux at the target ambient CO₂ concentration (ČATER, OGRINC 2011). Automated cycling ensures that CO₂ flux measurements are accurate and repeatable. A pressure equilibration tube was used to eliminate pressure differentials and avoid chamber leaks, while air inside the chamber was thoroughly mixed while maintaining a constant pressure to assure consistently accurate data (ČATER, OGRINC 2011).

Soil efflux with soil temperature has been measured prior to silvicultural measures and after the event every month during growing season in years 2013, 2013 and 2014. On every plot five permanent locations have been determined to acquire reliable measurement response. Mean soil CO₂ efflux (R_m) measurement was correlated with mean soil temperature (T_m) (separately for every tending intensity) using the exponential equation

$$R_m = \beta \cdot e^{\alpha \cdot T_m} \quad \dots[1],$$

with α and β as the regression coefficients.

The proportional change in CO₂ efflux from 10°C increase in temperature, known as Q_{10} was calculated according to LLOYD, TAYLOR (1994):

$$Q_{10} = e^{10\alpha} \quad \dots[2],$$

with α as a regression coefficient from the first equation [1]. Q_{10} was calculated individually for every silvicultural intensity measure and normalized for the temperature of 10 °C (R_{10}) according to following equation:

$$R_{10} = \frac{R_S}{\frac{T_S - 10}{Q_{10} - 10}} \quad \dots[3],$$

where R_S is the soil CO₂ efflux and T_S soil temperature measured at each position. Differences between response groups were defined by the analysis of variance with Statistica for Windows software.

Results

Plots within forest complex were evaluated before and after silvicultural measures with light intensity at the forest floor as the criterial parameter using hemispherical photos. Before stem removal forest stands indicated similar forest cover all over three forest complexes, all lower than 12% ISF (table 2).

Table 2: Light conditions prior to and after silvicultural measures

		Gap Fraction	Openness	LAI (2000) - Log CI Corr	LAI (2000G) - Log CI Corr	Indirect Site Factor
Trnovo	before measure	7.54 ± 1.4	7.53 ± 1.4	3.10 ± 0.2	3.08 ± 0.2	11.36 ± 3.2
	control	5.6 ± 0.9	6.42 ± 0.9	3.23 ± 0.1	3.16 ± 0.1	9.24 ± 1.4
	50 %	22.68 ± 6.7	25.23 ± 7.6	2.01 ± 0.3	2.01 ± 0.3	40.58 ± 9.9
	100 %	41.98 ± 6.5	46.84 ± 6.8	1.27 ± 0.4	1.33 ± 0.3	75.37 ± 8.5
Sněžník	before measure	8.11 ± 2.9	8.15 ± 2.9	3.26 ± 0.7	3.13 ± 0.7	12.31 ± 4.7
	control	9.79 ± 1.5	10.66 ± 1.9	3.00 ± 0.5	2.94 ± 0.5	15.64 ± 5.3
	50 %	18.23 ± 7.2	20.81 ± 8.0	2.54 ± 0.7	2.53 ± 0.7	36.28 ± 5.4
	100 %	58.364 ± 3.3	58.48 ± 3.2	0.39 ± 0.1	0.55 ± 0.1	85.74 ± 8.3
Rog	before measure	6.40 ± 2.2	6.40 ± 2.2	3.34 ± 0.4	3.35 ± 0.4	9.20 ± 3.9
	control	5.87 ± 1.2	6.25 ± 1.3	3.52 ± 0.3	3.49 ± 0.2	8.09 ± 1.4
	50 %	22.16 ± 4.8	23.30 ± 5.5	2.91 ± 0.5	2.95 ± 0.4	39.73 ± 9.6
	100 %	49.34 ± 5.6	52.22 ± 8.7	0.62 ± 0.4	0.91 ± 0.3	65.24 ± 9.8

Temperature dependence of the soil efflux was evident over the whole growing period. After the silvicultural measures light on control plots remained within the same

category, while on plots with 50% intensity ISF increased up to 40% and on plots with 100% intensity up to 65% ISF (table 2).

Soil efflux before and after silvicultural measures

Differences before and after silvicultural measures were mostly pronounced in the period of first month after the event and were gradually becoming insignificant. Merged data from all plots and sites confirmed biggest significant changes on plots with predominating beech, smaller responses on plots with silver fir and smallest on plots with predominating Norway spruce (figure 3).

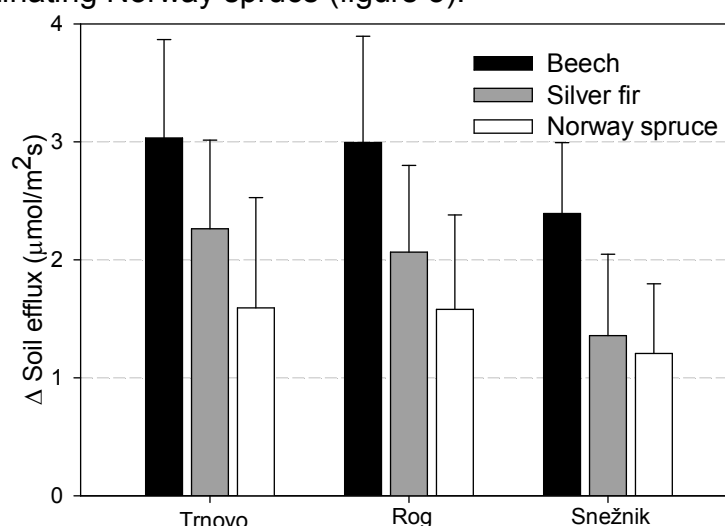


Fig. 3: Difference in soil efflux - conditions before and after applied silvicultural measure according to predominating tree species; all plots included. Bars are standard errors.

Because of annual dynamics and change regarding the temperature dependence it was more illustrative to present the average difference between plots with different tending activity compared to the reference (control) plot after the performed silvicultural measures. Differences between beech and other two tree species were highly significant in all forest complexes ($p \leq 0.001^{***}$), while between fir and spruce differences were evident only for forest complex Trnovo ($p \leq 0.0429^*$).

Degree of carbon release according to the intensity of silvicultural measure

During the first month after applied measures the carbon release (soil efflux) on all plots was significantly highest ($p \leq 0.001^{***}$) on plots with biggest measure intensity (e.g. 100% removal of mature stand), regardless of the particular tree species and forest complex. Highest rates between forest complexes were again evidenced in beech predominating stands, followed by silver fir and spruce. The absolute release rates were again highest in forest complex Trnovo and smallest on plots of Snežnik (figure 4). Both forest complexes (Tolmin and Snežnik) also differed in their response within same and comparable tree species and silvicultural measure group:

Beech – 100% intensity, $p \leq 0.008^{**}$; Beech - 50% intensity, $p \leq 0.0521^{NS}$; Beech - Control, $p \leq 0.0572^{NS}$;

Fir – 100%, $p \leq 0.000^{***}$; Fir - 50%, $p \leq 0.001^{**}$; Fir - Control, $p \leq 0.0634^{NS}$ and

Spruce – 100%, $p \leq 0.0421^*$; Spruce - 50%, $p \leq 0.000^{***}$; Spruce - Control, $p \leq 0.0591^{NS}$.

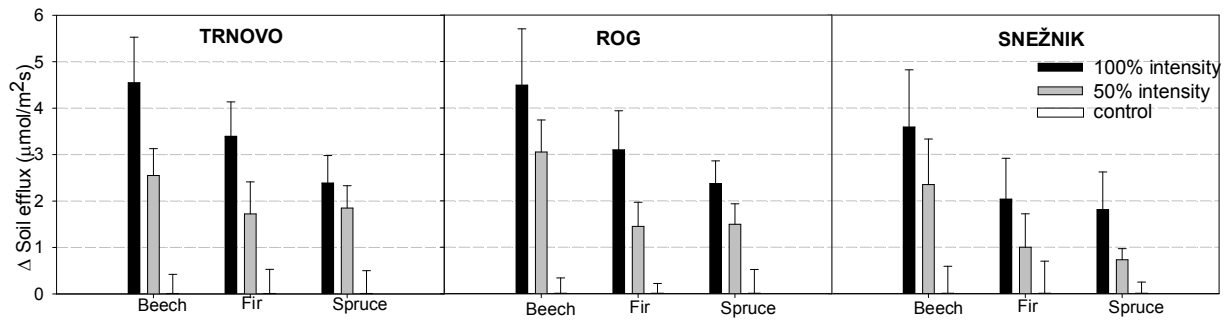


Fig. 4: Intensity of silvicultural measure effect on soil efflux in stands with predominating beech, silver fir and spruce compared to control - referential stands without applied silvicultural measure. Bars are standard errors.

Situation between Trnovo and Rog was similar, but the response of fir with 50% intensity measure indicated slightly smaller and insignificant carbon release rate compared to spruce plots in both forest complexes, while in plots of Snežnik rates on plots with 50% silver fir measure were higher than those of 50% spruce, respectively (figure 4).

Time response

According to decreasing differences in efflux on plots with applied measures in time, the estimation about the time when efflux would return to comparable control values. In general, the shortest recovery rate was estimated for the beech predominating sites (within 9 - 11 months), followed by the silver fir (approximately 15 months) and spruce sites (over 19 months), respectively (figure 5).

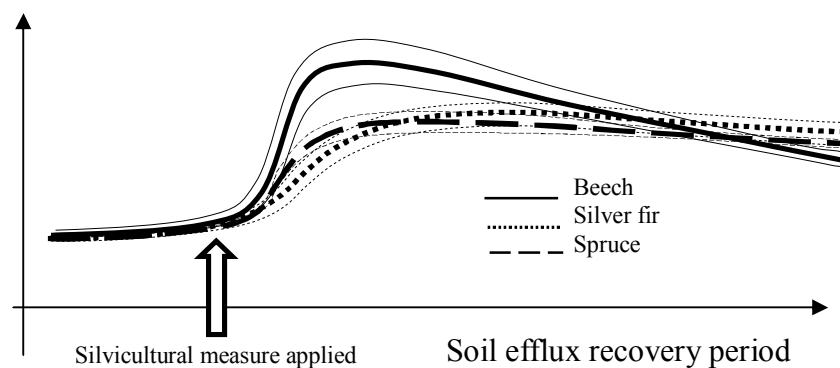


Fig. 5: Illustration of recovery period according to different tree species reaching referential control values

Discussion

Our study was conducted across three replicated sites harvested at the operational scale, and, while this undoubtedly increased the overall spatial and treatment variability, it greatly increases the applicability of our results to realistic forest management scenarios. The ecosystem respiration rates observed in our study ($5.0 - 10.0 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$) may be comparable to those reported for other beech forests in Europe (EPRON et al. 2004; SØE, BUCHMANN 2005; KNOHL et al. 2008). Evaluated light conditions well described the intensity and also the efflux rate before and after applied measures on all plots.

In our case the seasonal variation in soil respiration is thought to be explained largely by soil temperature alone or a combination of soil temperature and water content (DAVIDSON et al. 2006). The temporal variation in soil respiration in our study was well described by simple exponential functions (of temperature alone). Spatial heterogeneity was affected by management practice, with a highest respiration rates on plots with 100 % measure intensity, followed by the plots with lower management intensity. Higher respiration rates were related to lower average temperatures and microclimatic conditions in Snežnik than in Rog or Trnovo forest complex. Changes that were evidenced within same groups between forest complexes may be explained with different microclimatic conditions, in particular average air temperatures, as they were lowest in Snežnik, compared to other two forest complexes, while responses on Trnovo and Rog plots were more comparable. Recovery period-comparison between control and managed plot-response indicated highest carbon release on plots with predominating beech, but also fastest recovery rate to the level of controlled plots with same tree species. Release rates of silver fir and spruce were smaller, but their recovery interval was significantly longer. In general, release rates in fir predominating stands were slightly higher and were becoming non-significant in time.

Conclusions

- The seasonal pattern of CO₂ efflux rates was mostly accountable by changes in soil temperature. Simple exponential functions including temperature alone accounted relatively well for the spatial variability over the investigated forest stands.
- Spatial heterogeneity in CO₂ efflux rates was clearly reflected in management practice.
- Higher soil respiration rates as well as higher variability in soil respiration rates were observed in the virgin forest (data not shown). A higher amount of aboveground litter associated with high decomposition rates in the virgin forest is a good predictor of soil respiration rates.
- Release rates and recovery period were extreme in beech predominating sites, followed by the silver fir and norway spruce.

We may conclude, that amount of aboveground litter is a good indicator of soil respiration, as the high decomposition rate of litter associated with microbial respiration was a major component of soil respiration in a natural old growth forest reserve (ČATER, OGRINC 2011). It is our belief, that more oscillations may be expected in carbon release dynamics in the future, as the number of extreme weather events increases and the withdrawal of silver fir with its poor recruitment may have long term consequences on this high karst high productive sites.

Acknowledgement

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

Literature

Buchmann, N. Biotic and Abiotic Factors Controlling Soil Respiration Rates in *Picea abies* Stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000. 32: s. 1625-1635.

- Čater, M., Ogrinc, N. Soil respiration rates and $\delta^{13}\text{C}\text{CO}_2$ in natural beech forest (*Fagus sylvatica* L.) in relation to stand structure. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 2011. 47(2): s. 221-237.
- Davidson, E.A., Belk, E., Boone, R.D. Soil Water Content and Temperature as Independent or Confounded Factors Controlling Soil Respiration in a Temperate Mixed Hardwood Forest. *Global Change Biology*, 1998. 4: s. 217-227.
- Davidson, E.A., Richardson, A.D., Savage, K.E., Hollinger, D.Y. A Distinct Seasonal Pattern of the Ratio of Soil Respiration to Total Ecosystem Respiration in a Spruce-dominated Forest. *Global Change Biology*, 2006. 12: s. 230-239.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Salmon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J. Carbon Pool and Flux of Global Forest Ecosystem. *Science*, 1994. 263: s.185-191.
- Emmerich, W.E. Carbon Dioxide Fluxes in a Semiarid Environment with High Carbonate Soil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2003.116: s. 91-102.
- Epron, D., Ngao, J., Granier, A. Interannual Variation of Soil Respiration in a Beech Forest Ecosystem over a six-year Study. *Annal of. Forest Science*, 2004. 61: s. 499-505.
- Fang, C., Montcrieff, J.B., Gholz, H.L. Soil CO₂ Efflux and its Spatial Variation in a Florida Slash Pine Plantation. *Plant Soil*, 1998. 205: s. 135-146.
- Goodale, C.L., Apps, M.J., Birdsey, R.A., Field, C.B., Heath, L.S., Houghton, R.A., Jenkins, J.C., Kohlmaier, G.H., Kurz, W., Liu, S.R., Nabuurs, G.J., Nilsson, S., Shvidenko, A.Z. Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere. *Ecological Applications*, 2002. 12: s. 891-899.
- [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0891:FCSITN\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0891:FCSITN]2.0.CO;2)
- Hanson, P.J., Wullschleger, S.D., Bohlman, S.A., Todd, D.E. Seasonal and Topographic Patterns of Forest Floor CO₂ Efflux from an Upland Oak Forest. *Tree Physiology*, 1999. 13: s. 1-15.
- Huxman, T.E., Snyder, K.A., Tissue, D., Leffler, A.J., Ogle, K., Packman, W.T., Sandquist, D.R., Potts, D.L., Schwinning, S. Precipitation Pulses and Carbon Fluxes in Semiarid and Arid Ecosystem. *Oecologia*, 2004. 141: s. 254-268.
- Janssens, I.A., Lankreijer, H., Matteucci, G., Kowalski, A.S., Buchmann, N., Epron, D., Pilegaard, K., Kutsch, W., Longdoz, B., Grunwald, T., Montagnani, L., Dore, S., Rebmann, C., Moors, E.J., Grelle, A., Rannik, U., Morgenstern, K., Oltchev, S., Clement, R., Gudmundsson, J., Minerbi, S., Berbigier, P., Ibrom, A., Moncrieff, J.B., Aubinet, M., Bernhofer, C., Jensen, N.O., Vesala, T., Granier, A., Schulze, E.D., Lindroth, A., Dolman, A.J., Jarvis, P., Ceulemans, R., Valentini, R. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. *Global Change Biology*, 2001. 7: p. 269-278.
- Knohl, A., Sørensen, A.R.B., Werner, L.K., Göckede, M., Buchmann, N. Representative Estimates of Soil and Ecosystem Respiration in an Old Beech Forest, *Plant and Soil*, 2008. 302: s. 189-202.
- Kuzyakov, Y., Sources of CO₂ Efflux from Soil and Review of Partitioning Methods. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003. 38: s. 425-448.
- Liski, J., Korotkov, A.V., Prins, C.F.L., Karjalainen, T., Victor, D.G., Kauppi, P.E. Increased Carbon Sink in Temperate and Boreal Forests. *Climatic Change*, 2003. 61: s. 89-99.
- Lloyd, J., Taylor, J. A. On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Functional Ecology*, 1994. 8(3): s. 315-323.
- Morén, A.S., Lindroth, A. CO₂ Exchange at the Floor of a Boreal Forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2002. 101: s. 1-14.

- Neergaard, A. de, Porter, J.R., Glorissen, A. Distribution of Assimilated Carbon in Plants and Rhizosphere Soil of Basket Willow (*Salix viminalis* L.). *Plant and Soil*, 2002. 245: 307-314.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.D., Rebmann, C., Moors, E.J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T., Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Gudmundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P.G. Respiration as the Main Determinant of Carbon Balance in European Forests. *Nature*, 2000. 404: s. 861-865.
- Raich, J.W., Potter, C.S. Global Patterns of Carbon Dioxide Emissions from Soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 1995. 9: s. 23-36.
- Scala, Jr.N.La, Marques, Jr.J., Pereira, G.T., Cora, J.E. Carbon Dioxide Emission Related to Chemical Properties of a Tropical Bare Soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000. 32: s. 1469-1473.
- Schlentner, R.E., Van Cleve, K. Relationship between CO₂ Evolution from Soil, Substrate Temperature, and Substrate Moisture in Four Mature Forest Types in Interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 1985. 15: s. 97-106.
- Shibistova, O., Lloyd, J., Evgrafova, S., Savushkina, N., Zrazhevskaya, G., Arneht, A., Knohl, A., Kolle, O., Schulze, E.D. Seasonal and Spatial Variability in Soil CO₂ Efflux Rates for a Central Siberian *Pinus sylvestris* Forest. *Tellus B Chemical and Physical Meteorology*, 2002. 54: s. 552-567.
- Søe, A.R.B., Buchmann, N. Spatial and Temporal Variations in Soil Respiration in Relation to Stand Structure and Soil Parameters in an Unmanaged Beech Forest. *Tree Physiology*, 2005. 25: s. 1427-1436.
- Toland, D.E., Zak, D.R. Seasonal Patterns of Soil Respiration in Intact and Clear-Cut Northern Hardwood Forests, *Canadian Journal of Forest Research*, 1994. 24: s. 1711-1716.
- Werth, M., Kuzyakov, Y. Determining Root-derived Carbon in Soil Respiration and Microbial Biomass Using ¹⁴C and ¹³C. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008. 40: s. 625-637.
- Werth, M., Kuzyakov, Y. ¹³C Fractionation at Root–Microorganisms–Soil Interface, A Review and Outlook for Partitioning Studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010. 40: s. 1372-1384.
- Xu, M., Qi, Y. Soil-surface CO₂ Efflux and its Spatial and Temporal Variations in a Young Ponderosa Pine Plantation in Northern California. *Global Change Biology*, 2001. 7: s. 667-677.

SÚČASNÝ STAV A PREMENLIVOSŤ PRIRODZENÝCH POPULÁCIÍ BOROVICE HORSKEJ – KOSODREVINY (*PINUS MUGO TURRA*) V OBLASTI BABEJ HORY A PILSKA

THE CURRENT STATUS AND VARIABILITY OF NATURAL POPULATIONS OF MOUNTAIN PINE (*PINUS MUGO TURRA*) IN THE REGION BABIA HORA AND PILSKO

Ivan Lukáčik, Michal Bugala

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 2171/24, 960 53 Zvolen, Slovensko
e-mail: lukacik@tuzvo.sk, bugala@tuzvo.sk

Abstract

*The paper deals with the variability, growth characteristics and health state (damage) of mountain pine (*Pinus mugo Turra*) natural vegetation in the region Babia hora and Pilsko. Five permanent research plots have been established in the natural range of the examined taxon, three in the Babia hora and two in Pilsko. Value of the basic parameters ($d_{0,15}$, length and vertical height of individuals) are quantified for individual research plots. Form of crowns, form of cones, needles variability and consequently the health state and damage of mountain pine are considered as a part of the variability of the taxon. The results indicate, that the saber upright form of crowns is dominated. Prevailing form of cones is var. *applanata* (*pumillio*), in a lesser extent is also represented by *mughus* form. Dark green color and high density of needles are dominant. Mechanical damage (9.9% resp. 1.7%) is predominant. Effect of other factors causing the damage is minimal.*

Key words: *Pinus mugo, variability, growth characteristics, health state, damage*

Abstrakt

*Práca sa zaoberá problematikou premenlivosti, rastovej charakteristiky a zdravotného stavu (poškodenia) prirodzených porastov borovice horskej (kosodreviny) – *Pinus mugo Turra* v oblasti Oravských Beskýd. V oblasti prirodzeného výskytu skúmaného taxónu bolo založených 5 trvalých výskumných plôch, z toho tri v oblasti Babej hory a dve v oblasti Pilska. Pre jednotlivé plochy boli kvantifikované hodnoty základných taxačných veličín ($d_{0,15}$, dĺžka a kolmá výška jedincov). V rámci premenlivosti taxónu sa posudzovali vzrastové formy, formy šišíek, premenlivosť ihlič, a následne zdravotný stav a poškodenie borovice horskej. Z výsledkov vyplynulo, že zo vzrastových foriem dominovala kosákovito vzpriamená forma a z foriem šišíek var. *applanata*, s najvyšším zastúpením formy *pumillio*, v menšej miere sa vyskytla forma *mughus*. Vo farbe ihlič prevláda tmavozelená farba a husté oihličenie. Poškodenie jedincov nebolo veľké, najviac sa vyskytlo mechanické poškodenie (9,9 % resp. 1,7 %). Vplyv ostatných škodlivých faktorov bol minimálny.*

Kľúčové slova: *Pinus mugo, premenlivosť, rastové charakteristiky, zdravotný stav, poškodenie*

Úvod a problematika

Z hľadiska ekologických podmienok zóny lesov mierneho pásma sú ekosystémy nad hornou hranicou lesa špecifické. Drsné klimatické podmienky limitujúce existenciu a prežívanie organizmov majú za následok ich senzitivnú odozvu na výskyt extrémnych klimatických faktorov (BENISTON, INNES 1998). Význam týchto porastov sa zvyšuje najmä v posledných desaťročiach v súvislosti so zhoršujúcim sa stavom lesov či už v dôsledku antropogénnych vplyvov, alebo narastajúcich globálnych klimatických zmien (LOKVENC 1990).

Borovica horská – kosodrevina (*Pinus mugo Turra*) je vzhľadom na svoje biologické vlastnosti, ako jedna z mála autochtónnych drevín schopná prispôbiť sa extrémnym stanovištným podmienkam v subalpínskom vegetačnom stupni, kde tvorí prirodzené rovnomeré porasty v pásme širokom 250 - 350 m. Ich význam spočíva

predovšetkým v spomaľovaní rýchleho topenia snehu v jarnom období čím zabraňujú rozvodňovaniu bystrín a významnou mierou sa tak podieľajú na regulácii vodného režimu v horských oblastiach. Zároveň prispievajú k stabilizácii ekosystémov nielen na hornej hranici lesa ale i v nižších nadmorských výškach (LUKÁČIK 1999).

Na severnej pologuli zodpovedá priebeh hornej hranice lesa približne júlovej izoterme 10°C (KRIŽOVÁ et al. 2007), čo v podmienkach Slovenska v závislosti od konkrétnych geomorfologických pomerov predstavuje nadmorskú výšku približne 1350–1450 m n. m. (PLESNÍK 1977).

Schopnosť borovice horskej rásť nad hornou hranicou lesa, ako aj v nižších nadmorských výškach sa odráža vo veľkej rozmanitosti a druhovej pestrosti, čo často spôsobuje ťažkosti pri jej systematickom triedení. Vyznačuje sa neobyčajnou mnohotvárnosťou vzrastových foriem a množstvom rôznych variant tvaru šišíek. Nedostatočné sú aj poznatky o variabilite a koreláciách jednotlivých znakov ihlíc ako aj o jej prispôbivosti k zmeneným podmienkam. Rastie na silikátových aj karbonátových horninách, vysychavých podkladoch, ale aj na rašelinách. Je nenáročná na obsah živín v pôde a tiež aj na jej fyzikálne vlastnosti (LUKÁČIK 1997).

Vďaka týmto vlastnostiam sa borovica horská – kosodrevina radí k odolnejším druhom ihličnatých drevín. Aj napriek tomu je poškodzovaná niektorými biotickými a abiotickými škodlivými činiteľmi. Závažnejšie poškodenia spôsobujú hmyzí škodcovia, najmä *Thecodiplosis brachyntera*, ktorý poškodzuje porasty kosodreviny na stanovištiach horšej kvality. Ďalšími škodcami sú obaľovače a to druhy *Evetria buoliana*, *Evetria posticana*, z podkôrníkov *Pityogenes chalcographus* a *Pityophorus pityographus*. Významným škodlivým činiteľom sú tiež hubové ochorenia. Kosodrevina trpí najmä sypavkou borovicovou (*Lophodermium pinastri* a *Hypodermella sulcigena*). Na miestach s dlhou dobou trvania snehovej pokrývky sa vyskytuje spletavka *Herpotrichia coulteri* a *Herpotrichia nigra* (VANÍK et al. 1999).

Cieľom predkladanej práce je posúdiť premenlivosť vzrastových foriem, ihlíc a foriem šišíek borovice horskej - kosodreviny na výskumných plochách založených v oblasti Babej hory a Pilska. Pozornosť sa venuje aj poškodeniu kosodrevinových porastov vplyvom biotických a abiotických škodlivých činiteľov.

Materiál a metodika

Zakladanie plôch a odber materiálu

Materiál pre predkladanú prácu bol získaný z piatich výskumných plôch v oblastiach patriacich do orografického celku Oravských Beskýd.

Oravské Beskydy podľa orografického členenia patria do subprovincie Vonkajších Západných Karpát do oblasti Stredné Beskydy s najvyšším vrchom Babia hora 1 725 m n. m. Sú budované paleogénnymi flyšovými horninami s prevahou pieskovca. Prevládajúcim typom pôd sú kambizeme oglejené až glejové na flyšových sedimentoch. Skúmané územie leží z väčšej časti v chladnej oblasti. Najchladnejším mesiacom v roku v dlhodobom priemere je január, kde priemerné teploty kolíšu od -4°C do -7°C. Územie sa vyznačuje nielen celkovým studeným, ale aj značne vlhkým podnebím. Najsuchšia je Oravská kotlina, kde v Trstenej je ročný úhrn zrážok na úrovni 800 mm. Hlavný hrebeň Oravských Beskýd, ako aj Skorušinské vrchy, sú charakteristické bohatými zrážkami, ktorých ročný úhrn presahuje 1 200 - 1 400 mm (KOLEKTÍV 1972).

Základné informácie o stanovištných charakteristikách jednotlivých plôch sú uvedené v tabuľke 1.

Tabulka 1: Základné stanovištné charakteristiky skúmaných plôch
Table 1: Basic stand characteristics of research plots

Oblasť ¹⁾	Plocha ²⁾	Nadmorská výška ³⁾	Expozícia ⁴⁾	Sklon ⁵⁾
Babia hora	Plocha 1	1650 m n. m.	južná	25 %
	Plocha 2	1550 m n. m.	južná	30 %
	Plocha 3	1450 m n. m.	južná	25 %
Pilsko	Plocha 4	1550 m n. m.	južná	5 %
	Plocha 5	1450 m n. m.	južná	15 %

¹⁾ The Region, ²⁾ Plot, ³⁾ Altitude, ⁴⁾ Exposure, ⁵⁾ Slope

Tri výskumné plochy boli založené na južnom svahu Babej hory a ďalšie dve plochy v oblasti Pilska, tiež na svahu s južnou expozíciou. Jednotlivé plochy boli rozmiestnené rovnomerne po celej dĺžke svahov v rovnakých nadmorských výškach tak, aby čo najlepšie charakterizovali konkrétne populácie kosodreviny. Najvyššie založená plocha sa nachádzala v nadmorskej výške 1 650 m a ďalšie vždy o 100 m nižšie. Na každej ploche sa náhodne vybralo 30 jedincov, u ktorých sa posúdila vzrastová forma, zmerali sa základné dendrometrické veličiny, uskutočnil sa odber ihlíc a šišíek. Na posúdenie veku a analýzu prírastku sa odobrili vývrty z troch jedincov a posúdilo sa poškodenie jedincov kosodreviny. Na každej založenej ploche sa vykonal popis s osobitným zreteľom na jej umiestnenie, určenie sklonu a expozície.

Merané a hodnotené znaky

Na náhodne vybraných jedincoch sa zisťovali nasledovné dendrometrické charakteristiky:

- hrúbka kmeňa v $d_{0,15}$ (cm, presnosť 0,1 cm)
- dĺžka kmeňa (cm, presnosť na 5 cm)
- kolmá výška (cm, presnosť na 5 cm)

Hrúbka kmeňa sa merala pomocou milimetrovej priemerky vo výške $d_{0,15}$, kolmá výška jedincov a dĺžka kmeňa teleskopickou meračskou latou od bázy kmeňa až po koniec najdlhšieho (hlavného) konára.

V rámci hodnotenia morfolologickej premenlivosti borovice horskej boli klasifikované vzrastové formy – poliehavá, kosákovito vzpriamená, polovzpriamená, vzpriamená, hustota oihličenia – husté (na 1 cm viac ako 10 ks ihlíc), riedke (na 1 cm menej ako 10 ks ihlíc), farba ihlíc – tmavozelená, svetlozelená.

Pre posúdenie premenlivosti šišíek sa na založených plochách odobrili šišky (30 ks na každej ploche). Na odobratých šiškách sa merali rozmerové charakteristiky ako dĺžka, šírka a vzdialenosť do bázy šišky po najhrubšie miesto a to u šišíek otvorených aj zatvorených. Jednotlivé rozmery šišíek sa merali pomocou posuvného meradla s presnosťou na 0,01 cm. Súčasne boli z odobratého materiálu hodnotené formy šišíek borovice horskej podľa tvaru štítkov plodolistových šupín.

Pre hodnotenie štatistickej významnosti rozdielov vybraných charakteristík medzi založenými plochami sme použili jednofaktorovú analýzu variancie - vplyv známeho faktora (nadmorská výška), na sledované charakteristiky.

Výsledky a diskusia

Výšková a hrúbková štruktúra skúmaných populácií

Základnú predstavu o výškovej a hrúbkovej rozrôznosti jedincov na založených plochách možno získať z tabuľky 2.

Tabulka 2: Výšková a hrúbková štruktúra borovice horskej na založených plochách

Table 2: High and diameter structure of mountain pine on research plots

Oblasť ¹⁾	Plocha ²⁾	Nadm. výška ³⁾ m n. m.	Dĺžka ⁴⁾ (m)			Kolmá výška ⁵⁾ (m)			Hrúbka d _{0,15} ⁶⁾ (cm)		
			x	S _x	V _k	x	S _x	V _k	x	S _x	V _k
Babia hora	1	1650	2,44	0,47	19,6	1,68	0,23	13,7	5,5	0,8	15,7
	2	1550	4,75	0,71	14,8	2,64	0,27	10,1	6,8	0,7	10,8
	3	1450	4,84	1,15	23,9	2,62	0,57	21,9	7,7	2,3	29,1
	priemer		4,01	0,78	19,5	2,31	0,36	15,3	6,7	1,3	18,2
Pilsko	1	1550	1,67	0,2	12,3	1,08	0,19	18,5	4,1	0,9	21,9
	2	1450	3,96	1,19	30,2	2,13	0,38	18,3	7,8	2,1	25,6
	priemer		2,81	0,71	21,2	1,61	0,29	18,4	5,9	1,4	23,7

¹⁾ The Region, ²⁾ Plot, ³⁾ Altitude, ⁴⁾ Length, ⁵⁾ Vertical height, ⁶⁾ Diameter d_{0,15}

Z vypočítaných priemerných hodnôt rastových charakteristík vidieť, že hodnoty hrúbky kmeňa a kolmej výšky sa s klesajúcou nadmorskou výškou spravidla zväčšujú. Táto postupnosť je však v oblasti Babej hory čiastočne „narušená“ v nadmorskej výške 1 550 m. Predpokladáme, že to môže byť spôsobené účinkom tzv. teplej svahovej zóny, kde sa v strednej časti svahov vytvárajú podmienky pre teplotnú inverziu. Rozdiely hodnôt v priemernej dĺžke a kolmej výške medzi plochami založenými v dvoch rôznych oblastiach sú pomerne výrazné. V oblasti Babej hory sú tieto hodnoty v rovnakých nadmorských výškach vyššie ako v oblasti Pilska, čo môže byť pravdepodobne spôsobené nižším vekom meraných jedincov. Hodnoty hrúbky v nadmorskej výške 1450 m sú však už takmer vyrovnané.

Hodnotenie vzrastových foriem

Z hodnotenia vzrastových foriem vyplynulo, že najväčšie zastúpenie mala kosákovito vzpriamená vzrastová forma, ktorej zastúpenie v oblasti Babej hory sa pohybovalo od 50 % do 60 %, v oblasti Pilska od 40 % do 47 %. Toto sa zvyšovalo s klesajúcou nadmorskou výškou. Poliehavá vzrastová forma sa v oblasti Babej hory vyskytovala v priemere u 18 % jedincov (najmä na plochách založených v najvyšších nadmorských výškach), na Pilsku až u 43 % jedincov.

Zastúpenie polovzpriamených foriem bolo pomerne nízke (v priemere 14 – 26 %), vzpriamené vzrastové formy sa na založených plochách nevyskytovali.

Znaky ihlíc

Dĺžka ihlíc

Priemerná dĺžka ihlíc hodnotených ročníkov sa medzi skúmanými oblasťami výraznejšie nelíšila (Babia hora: ročné - 4,68 cm, dvojročné - 4,32 cm, trojročné - 4,86 cm; Pilsko: jednoročné - 4,78 cm, dvojročné - 4,52 cm, trojročné - 4,72 cm). Priemerné hodnoty dĺžok ihlíc sú uvedené v tabuľke 3.

Jednofaktorovou analýzou variancie a F-testom, však boli potvrdené štatisticky významné rozdiely v dĺžkach jednoročných, dvojročných a trojročných ihlíc medzi jednotlivými plochami. Jednofaktorovou analýzou variancie sa zisťoval aj vplyv nadmorskej výšky na dĺžku jednotlivých ročníkov ihlíc, pričom vo všetkých troch ročníkoch bol potvrdený významný vplyv tohto faktora na sledovanú rozmerovú charakteristiku. Získané výsledky sa v prevažnej miere zhodujú s výsledkami autorov, ktorí sa venovali morfológicko-anatomickej premenlivosti ihlíc v minulosti, kde konštatujú, že na morfológické znaky ihlíc významne vplyva predovšetkým nadmorská výška (SOMORA 1981; LUKÁČIK 1997).

Tabulka 3: Priemerné hodnoty aritmetického priemeru (\bar{x}), smerodajnej odchýlky (S_x), variačného koeficienta (V_k), dĺžok jednoročných, dvojročných a trojročných ihlíc na výskumných plochách

Table 3: The average value of the arithmetic mean (\bar{x}), standard deviation (S_x), coefficient of variation (V_k), lengths of once a year, a two-year, three-yearly needles based on research plots

Oblasť ¹⁾	Plocha ²⁾	Nadm. výška ³⁾ m n. m.	Jednoročné ⁴⁾ (cm)			Dvojročné ⁵⁾ (cm)			Trojročné ⁶⁾ (cm)		
			\bar{x}	S_x	V_k	\bar{x}	S_x	V_k	\bar{x}	S_x	V_k
Babia hora	1	1650	4,65	0,52	11,2	3,79	0,35	9,2	4,73	0,54	11,4
	2	1550	4,64	0,53	11,4	4,58	0,56	12,2	5,31	0,71	13,4
	3	1450	4,74	0,46	9,7	4,54	0,41	9,1	4,55	0,52	11,5
	priemer		4,68	0,51	10,8	4,32	0,44	10,2	4,86	0,59	12,1
Pilsko	1	1550	4,88	0,64	13,1	4,75	0,83	17,5	4,83	0,53	10,9
	2	1450	4,68	0,72	15,4	4,28	0,62	14,5	4,61	0,62	13,5
	priemer		4,78	0,68	14,3	4,52	0,67	15,9	4,72	0,58	12,2

¹⁾ The Region, ²⁾ Plot, ³⁾ Altitude, ⁴⁾ One-year needles, ⁵⁾ Two-year needles, ⁶⁾ Three-year needles

Farba a hustota ihlíc

Analýza farby ihlíc a hustoty oihličenia a ukázala, že v oboch skúmaných oblastiach prevláda tmavozelené sfarbenie ihlíc takmer na všetkých plochách. V oblasti Babej hory je ich zastúpenie až 85,2 % a v oblasti Pilska 61,3 %. Výnimkou je len plocha 4 v oblasti Pilska, kde prevláda svetlozelená farba asimilačných orgánov (66,7 %). Jedince s hustým oihličením prevládali tak v oblasti Babej hory ako aj Pilska (62,3 %, resp. 68,1 %). Nadmorská výška na tento znak pravdepodobne nemá zásadný vplyv, pretože zastúpenie na jednotlivých plochách je rôzne variabilné.

Znaky šišíek

Pri šišíkách sa hodnotila ich forma a tvar, na základe tvaru štítkov plodolistových šupín. Najväčšie zastúpenie majú formy symetrické s tvarom štítkov plodolistových šupín formy *pumilio*, v priemere 44,4 % a 51,7 %, ktoré majú prevládajúce zastúpenie na všetkých plochách a formy *mughus*, ktorá má vyššie zastúpenie iba v oblasti Babej hory na plochách 1 a 2 vo vyšších nadmorských výškach (zhodne po 40,0 %). Na ostatných plochách zastúpenie tejto formy nepresahuje 25,0 %. Zaznamenané boli aj formy asymetrické a to najmä forma *rostrata*, ktorej zastúpenie sa v priemere pohybuje na úrovni 13,3 % resp. 15,0 % a forma *rotundata*, ktorá bola zaznamenaná len v minimálnej miere (8,9 % resp. 8,3 %).

Analýza zdravotného stavu a poškodenia

V rámci hodnotenia zdravotného stavu borovice horskej v danej oblasti, sme nezaznamenali výraznejší prejav niektorého zo škodlivých činiteľov. V menšej miere sa vyskytli najmä poškodenia mechanické, poškodenie zverou, abiotické a ojedinele aj poškodenia biotické. Mechanické poškodenie sme zaznamenali takmer na všetkých založených plochách, s výnimkou plochy 4 (1550 m n. m.) v oblasti Pilska. Celkove bolo v oblasti Babej hory mechanicky poškodených 9,9 % jedincov a v oblasti Pilska len 1,7 % jedincov. Mechanické poškodenie medzi plochami malo klesajúci charakter s poklesom nadmorskej výšky. Táto tendencia sa prejavila najmä v oblasti Babej hory. Išlo predovšetkým o zlomené jedince tlakom snehových más,

poškodenie pôdnou eróziou a čiastočne aj vplyvom turistiky, keďže v blízkosti niektorých plôch vedú turistické chodníky. Z ostatných abiotických činiteľov sa v menšej miere prejavila najmä škvrnitá chloróza, ktorú sme zaznamenali na plochách 1, 2 a 4 s nadmorskou výškou 1650 a 1550 m n. m. Jej výskyt ani na jednej z plôch nepresiahol 3 %. Podľa viacerých autorov (LUKÁČIK, KMEŤ 1995) sa príčiny vzniku dajú len ťažko identifikovať, keďže môžu byť dôsledkom neskorých a silných mrazov v zime, prílišného vysušenia, ale tiež aj fotooxidáciou pigmentov a p.

Poškodenie zverou (vytlíkanie) bolo veľmi zriedkavé a vyskytlo sa len na niekoľkých jedincoch v oblasti Babej hory na ploche 2 (1550 m n. m.) a v oblasti Pilska na ploche 5 (1450 m n. m.). Rovnako poškodenie spleťavkou *Herpotrichia nigra* bolo počas výskumu na plochách len minimálne a častejšie bolo pozorované na jedincoch borievky nízkej (*Juniperus nana*).

Záver

Predkladaná práca sa zaoberá premenlivosťou, zdravotným stavom (poškodením) prirodzených populácií borovice horskej – kosodreviny vo vybranej oblasti Babej hory a Pilska v orografickom celku Oravské Beskydy.

Z rozboru výsledkov vyplynulo, že dôležitým faktorom ovplyvňujúcim celkový rast borovice horskej – kosodreviny je nadmorská výška. S jej zmenou sa výraznejšie mení nielen zastúpenie vzrastových foriem, ale aj priemerné hodnoty hrúbky a výšky jedincov. Merané znaky – dĺžka ihlíc a znaky šišíek sú veľmi premenlivé už v rámci jedincov a tým mimoriadne náročné pre posudzovanie možných rozdielov medzi populáciami. Z abiotických škodlivých činiteľov najnegatívnejší vplyv na porasty kosodreviny mala pôdna erózia a tlakový účinok snehu, z biotických poškodení sa na niekoľkých jedincoch vyskytla spleťavka kosodreviny.

Súčasný stav kosodrevinových porastov v skúmanej oblasti možno považovať za uspokojivý a ich prirodzený rozpad, ako sa uvádza v niektorých prácach z oblasti Álp, zatiaľ nehrozí. Do budúca však bude potrebné ďalej sledovať fyziológiu, ekológiu, rozmnožovanie a rastové procesy tejto dreviny, ako aj pôsobenie abiotických a biotických škodlivých činiteľov a priamu negatívnu činnosť človeka, pretože funkcia kosodrevinových porastov je nad hornou hranicou lesa nenahraditeľná.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou výskumného grantu VEGA 1/0040/15.

Literatúra

- BENISTON, M., INNES, J. L., 1998: The Impacts of Climate Variability on Forests. Springer Verlag. 329 s.
- KOLEKTÍV, 1972: Slovensko II. Príroda. Obzor, Bratislava, 971 s.
- KRIŽOVÁ, E., KROPIL, R., NIČ, J., 2007: Zálkady ekológie. TU Zvolen. 181 s.
- LOKVENC, T., 1990: Fruktifikace kosodřeviny v imisných podmínkach. In: celostátní konference „Úkoly semenářství a šlechtění lesů v imisných oblastech“. Špindlerův Mlýn, s. 139-151.
- LUKÁČIK, I., KMEŤ, J., 1995: Časová a zonálna dynamika v zdravotnom stave kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) v oblasti Chopku. In: Zborník referátov z vedeckého seminára, Technická univerzita, Zvolen: 150-158.
- LUKÁČIK, I., 1997: Výsledky štúdia premenlivosti prirodzených populácií borovice horskej – kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) v TANAP-e. Štúdie o Tatranskom národnom parku 3 (36) Gradus Martin: s. 67-82.

- LUKÁČIK, I., 1999: Rast, rozmnožovanie, zdravotný stav a funkčná účinnosť borovice horskej – kosodreviny v Tatrách. *In: Kantor, P., (eds.): Pěstování lesů v podmínkách antropicky zmeneného prostředí. 2010. s. 23-26.*
- PLESNÍK, P., 1971: Horná hranica lesa vo Vysokých a Belianskych Tatrách. SAV Bratislava. 238 s.
- SOMORA, J., 1981: Kosodrevina (*Pinus mugo* Turra) v Tatranskom národnom parku (rozšírenie, vzrastové formy). Zborník prác o TANAP – e 22, s. 31-76.
- VANÍK, K., KODRÍK, J., HLAVÁČ, P., REINPRECHT, L., 1999: Lesnícka fytopatológia. Technická univerzita, Zvolen, 166 s.

MORFOLOGICKÁ A GENETICKÁ VARIABILITA VYBRANÝCH DIPLOIDNÍCH A TETRAPLOIDNÍCH ZÁSTUPCŮ RODU BŘÍZA (*BETULA SPP.*)

MORPHOLOGICAL AND GENETIC VARIABILITY OF SELECTED DIPLOID AND TETRAPLOID REPRESENTATIVES OF GENUS *BETULA*

Rostislav Linda¹, Jana Ešnerová², Nad'a Rašáková², Martin Baláš², Ivan Kuneš^{2*}

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

²Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská

*korespondenční autor

Abstract

*Taxonomy of the genus *Betula* is not yet stabilized and the distinguishing of particular taxa is complicated by the substantial interspecific and even intraspecific variation of morphological traits. Regarding the considerable differences in ecological demands it is important for practical forestry to be able to reliably distinguish particular taxa.*

The aim of the study is to define a decision criterion (classification function) based on macroscopic measurements to distinguish between diploids and tetraploids and to analyze genetic relations between the examined taxa.

The outcomes based on morphometric measurements of leaf shape show that it is possible to reliably distinguish the diploid and tetraploid representatives. However, the distinguishing of particular species within the diploid and tetraploid group is reliable only in some cases.

*According to microsatellite DNA analysis, within diploid group, it was possible to distinguish between *B. nana* and *B. pendula* / *B. oycoviensis* complex. Within tetraploid group, there were identified no genetic differences between studied taxa.*

Keywords: birch, taxonomy, morphometric, cytometry, microsatellite analysis

Abstrakt

*Taxonomie v rámci rodu bříza (*Betula spp.*) není dosud ustálená, rozpoznávání jednotlivých taxonů komplikuje značná mezidruhová i vnitrodruhová variabilita morfologických znaků. Vzhledem k výrazným odlišnostem v ekologických nárocích je pro účely lesnického využití žádoucí jednotlivé taxony umět spolehlivě rozpoznat.*

Cílem předkládané práce je stanovit rozhodovací kritéria pro rozdělení bříz mezi diploidní a tetraploidní jedince pomocí klasické morfometriky a dále pomocí genetických analýz určit příbuznosti taxonů v rámci těchto skupin.

Výsledky klasické morfometriky ukazují, že s vysokou spolehlivostí lze podle tvaru listů odlišit příslušnost jedince k diploidní a tetraploidní skupině taxonů (druhů). Rozlišení jednotlivých druhů v rámci diploidní a tetraploidní skupiny je však problematické.

*Pomocí analýzy genetických markerů (mikrosatelitní DNA) se v rámci diploidních jedinců podařilo odlišit pouze břízu trpasličí (*B. nana*) oproti komplexu bříza bělokorá (*B. pendula*) / bříza ojcovská (*B. oycoviensis*). Mezi tetraploidními jedinci nebyla nalezena žádná odlišnost mezi zájmovými taxony.*

Klíčová slova: bříza, taxonomie, morfometrika, cytometrie, analýzy mikrosatelitů

ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Vlivem výzkumu v oblasti taxonomie živých organismů dochází k neustálým změnám v jejich systematickém uspořádání. S počátkem a následnou častější aplikací molekulárních metod lze objasnit některé souvislosti v systematice živých organismů, které nebylo dosud možné identifikovat (STACE 1989).

Konkrétním příkladem může být rod bříza (*Betula spp.*), v rámci kterého je taxonomické zařazení jedinců stále složitým a komplexním problémem (KUNEŠ et al. 2010). Přestože se na území ČR vyskytuje původně jen několik druhů, názory autorů na jejich taxonomické uspořádání se v mnoha případech liší. Značná variabilita jedinců je pravděpodobně dána hybridizací, popř. zpětným křížením hybridů s původními jedinci, což mělo v minulosti za následek i nový popis již

objevených druhů či nesprávně zaznamenané výskyty taxonů (pro podrobný rozbor problematiky viz např. KARLÍK 2010).

Břízy nacházejí uplatnění i v lesnické praxi. Břízu bělokorou lze obecně využít jako přípravou či meliorační dřevinu. V některých extrémních situacích, zejména v horských polohách, kde v minulosti došlo k významným imisním kalamitám a kde nelze vyloučit větrné či hmyzí kalamity, lze s úspěchem uplatnit tetraploidní taxony, které zde velmi dobře plní funkci přípravého porostu (BALCAR 2001). Jak ukázaly zkušenosti např. z Krušných hor, je vždy třeba respektovat základní taxonomické zařazení bříz do skupin podle ploidie.

Aplikace podobných metod jsou však časově a finančně náročné. Pro potřeby praktického lesnictví je velmi užitečná a potřebná schopnost rozlišení ploidie jedinců dle makroskopických znaků, které lze provést kdekoliv pomocí běžně dostupných pomůcek, popřípadě přímo v terénu. Jedním z takových postupů je tzv. „klasická morfometrika“. Klasická morfometrika zahrnuje měření zvolených makroskopických znaků na tělech jedinců pomocí běžně dostupných pomůcek, jakými jsou např. kancelářské pravítko nebo úhloměr a následné vyhodnocení.

Tato práce se zabývá otázkou, zda je možné podle některých znaků na listech jedinců rodu bříza (*Betula* spp.) určit příslušnost ke skupině taxonů se dvěma sadami chromozomů ($2n$, diploid) nebo čtyřmi sadami chromozomů ($4n$, tetraploid). Toto rozlišení je užitečné zejména v lesnické praxi, kdy tetraploidní jedinci mohou lépe odolávat nepříznivým vlivům – a to jak klimatického, tak imisního charakteru (KULA 2011; KUNEŠ et al. 2007).

V minulosti se problematikou rozlišení ploidie jedinců bříz zabývali např. GILL, DAVY (1983) nebo ATKINSON, CODLING (1986), kteří navrhli některé z možných rozpoznávacích znaků, jež jsou také použity v této studii. Obě zmíněné studie naznačují, že rozpoznání ploidie na základě makroskopických znaků je možné.

Aplikace molekulárních metod v otázce systematiky rodu bříza ukazuje, že taxonomické zařazení zejména na nižších úrovních není jednoduché. Např. ASHBURNER, McALLISTER (2013) ve své práci (mimo popisu nových druhů) rozdělují rod bříza na 4 podrody a ty dále na 8 sekcí. Přestože se na území ČR se původně vyskytují pouze jedinci z podrodu *Betula*, i tak se názory autorů na zařazení některých taxonů liší, zejména u tetraploidních druhů *B. pubescens* Ehrh. a *B. carpatica* W. et K. (ASHBURNER, McALLISTER 2013; BURIÁNEK et al. 2014; HEJNÝ, SLAVÍK 1990).

Cílem práce je ověřit, zda existují nějaké znaky na listech jedinců bříz, na základě kterých lze rozlišit ploidiu jedince s uspokojivou přesností (část „Klasická morfometrika“) a také posoudit, jaké jsou genetické souvislosti mezi vybranými taxony v rámci druhu bříza vyskytujícími se na území ČR (část „Genetická analýza“).

METODIKA

MORFOMETRIKA

Vzorky vybraných jedinců byly odebrány v roce 2012 na Šumavě. Výběr lokalit proběhl s ohledem na výskyt diploidních i tetraploidních druhů bříz na základě dostupné literatury, např. HEJNÝ, SLAVÍK (1990) nebo CHYTRÝ (2013). Celkem bylo vzorkováno 57 jedinců z následujících 8 lokalit: Splavské rašeliniště (6 ks $4n$), Kaňon Křemelné (1 ks $2n$, 7 ks $4n$), Jezerní slať (9 ks $4n$), Novohůrecká slať (5 ks $4n$), Paštěcké skály (1 ks $3n$, 5 ks $4n$), Slatinný potok (1 ks $2n$, 4 ks $4n$), Horská Kvilda (10 ks $4n$), Obří hrad (3 ks $2n$, 5 ks $4n$). Na lokalitě Jezerní slať byl ve čtyřech případech měřen pouze jeden letorost (viz dále). Triploidní jedinec ($3n$) nebyl zahrnut do analýzy.

Z každého jedince byly odebrány dva letorosty pro morfometriku a současně dostatečné množství materiálu pro průtokovou cytometrii, pomocí které byla určena ploidie jedinců. Letorosty byly dále herbářovány a materiál pro následnou cytometrickou analýzu byl uschován v mrazicích boxech. Morfometrická data a data o velikosti genomu byla spárována pro potřeby statistické analýzy.

Na každém letorostu byly pomocí kancelářského pravítka a úhlooměru měřeny 2 listy, tzn. pro každého jedince jsou k dispozici 4 měření. Na každém listu bylo určeno následujících 16 kvantitativních parametrů: délka čepele, délka řapíku, šířka čepele, úhel špičky listu, úhel nasazení báze listu, úhel báze listu, vzdálenost nejširšího místa čepele od báze čepele, úhel vroubení (zoubek 3. žilky), vzdálenost mezi zuby 3. a 4. žilky, šířka čepele v horní 1/4 listu, vzdálenost 4. žilky od špičky čepele, vzdálenost 1. zoubku od báze čepele, úhel 1. žilky, úhel 4. žilky, počet postranních žilek, počet zubů mezi 3. a 4. žilkou. Grafické znázornění měřených parametrů je publikováno např. v práci EŠNEROVÁ et al. (2012). Tyto parametry byly vybrány na základě předešlých publikací (ATKINSON, CODLING 1986; GILL, DAVY 1983) a doplněny o několik dalších znaků.

PRŮTOKOVÁ CYTOMETRIE

Průtoková cytometrie (flow cytometry, FCM) je metoda analýzy buněk či jejich částí, kdy je na buněčnou DNA navázáno selektivní fluorescenční barvivo, které je následně ozářeno světlem určité vlnové délky. V závislosti na ozáření dojde k uvolnění světelné energie (fluorescenci), přičemž intenzita uvolněné světelné energie je teoreticky přímo úměrná množství navázaného barviva. Pokud analyzovaná buňka obsahuje více DNA, je možné navázání většího množství barviva a při ozáření je tudíž emitováno více světelné energie (DOLEŽEL et al. 2007). Pro účely této práce byla průtokovou cytometrií měřena velikost genomu (ploidie).

ANALÝZA GENETICKÝCH MARKERŮ

Pro genetickou analýzu bylo vybráno celkem 145 jedinců z 10 lokalit v rámci ČR. Sběr probíhal kontinuálně mezi léty 2010 – 2012, přičemž výběr jedinců probíhal tak, aby byly zastoupeny všechny hlavní druhy bříz vyskytující se na území ČR (HEJNÝ, SLAVÍK 1990), tj. bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.), bříza pýřitá (*Betula pubescens* Ehrh.), bříza karpatská (*Betula carpatica* W. et K.), bříza trpasličí (*Betula nana* L.), bříza ojcovská (*Betula oycoviensis* Besser), bříza skalní (*Betula petraea* sensu Sýkora). Sběr proběhl v oblastech: Broumovsko (39 ks), Brdy (7 ks), Jizerské hory (47 ks), Jeseníky (33 ks), Krušné hory (5 ks), Krkonoše (5 ks), Polabí (4 ks), Plzeňsko (1 ks), hlavní město Praha (1 ks), Šumava (3 ks).

Tabulka 1: Vybraní jedinci pro analýzu mikrosatelitů
Table 1: Numbers of individuals selected for microsatellite analysis

Lokalita <i>location</i>	Druh (taxon) <i>taxon</i>	Počet jedinců <i>Number of individuals</i>
	<i>B. pendula</i>	16
Broumovsko	blíže neurčený tetraploid ¹	16
	<i>B. pubescens</i>	7
Brdy	<i>B. pubescens</i>	6
	<i>B. petraea</i>	1
Jizerské hory	<i>B. carpatica</i>	27
	neurčeno ²	12
	<i>B. nana</i>	2
	<i>B. pendula</i>	4
	<i>B. pubescens</i>	2
Jeseníky	<i>B. carpatica</i>	24
	<i>B. pubescens</i>	6
	<i>B. pendula</i>	3
Krušné hory	<i>B. oycoviensis</i>	3
	<i>B. pendula</i>	2
Krkonoše	<i>B. pendula</i>	4
	<i>B. carpatica</i>	1
Polabí	<i>B. pubescens</i>	4
Plzeňsko	<i>B. pendula</i>	1
Hl. m. Praha	<i>B. pendula</i>	1
Šumava	<i>B. pendula</i>	2
	<i>B. nana</i>	1

¹ non-determined tetraploid, ² taxon undetermined

Pro analýzu mikrosatelitů bylo vybráno 12 polymorfních lokusů z celkem 50 testovaných ve studiích KULJU et al. (2004), TSUDA et al. (2009a) a TSUDA et al. (2009b). Ty byly opatřeny fluorescenční sondou a byla provedena optimalizace na tři multiplexové skupiny, které se lišily PCR programem podle literatury. Reakce PCR probíhala v celkovém objemu 20 µL, který obsahoval 5 ng DNA, sadu primerů o celkové koncentraci 0,25 µM každého primeru, 200 µM dNTP, 2,5 mM MgCl₂ a 1x pufr PCR multiplex Mix s polymerázou.

PCR program (KULJU et al. 2004) byl nastaven na 4minutovou denaturaci při 94°C, po níž následovalo 30 cyklů: denaturace 94°C (60 s), annealing 57°C (75 s) a elongační fáze při 72°C (150 s). Po cyklech následoval závěrečný extenzní krok - 10 minut při 72°C.

V PCR programu (TSUDA et al. 2009a) bylo provedeno 30 kumulačních cyklů, a to: 94°C (30 s), annealing 55°C (30 s) a elongační fáze při 72°C (45 s) s extenzním krokem 7 minut při 72°C.

Pro zjištění jednotlivých alel na příslušných lokusech proběhla analýza na sekvenátoru Genetic Analyser 3500 (Applied Biosystems). Data byla vyhodnocena programem Gene Mapper 4.1.

Statistické analýzy dat

Pro rozlišení jedinců dle ploidie (na základě klasické morfometriky) byla použita diskriminační funkce. K tomuto účelu byla použita lineární diskriminační analýza (LDA). Vhodné parametry pro určení této funkce byly zvoleny na základě tzv. dekorelovaných *t*-hodnot (CAT scores, correlation adjusted *t*-scores). Tyto hodnoty popisují schopnost, resp. vhodnost jednotlivých měřených parametrů pro rozlišení jedinců do zvolených skupin (ZUBER, STRIMMER 2009). Pro analýzu bylo použito statistické prostředí R (The R Core Team 2014).

Pro účely zjištění vzájemné podobnosti, resp. odlišnosti jednotlivých skupin (taxonů) byla provedena analýza v programu STRUCTURE 2.3.4 (PRITCHARD et al. 2000; FALUSH et al. 2003), a to pro diploidní a tetraploidní zástupce odděleně. Parametry modelu byly nastaveny následovně: Burn-in 500 000 opakování; Reps 1 000 000 opakování, počet skupin: 3 (v rámci 2n i 4n jedinců byly vylíšeny 3 taxony), no admixture model, independent allele frequencies (nezávislé alelové frekvence). Dále byla vypočítána matice koeficientů podobnosti (software MICROSAT 1.5 - MINCH et al. 1996) mezi všemi taxony (2n i 4n) definovanými na základě pracovního zařazení, kde hodnotami vyjadřujícími podobnost jsou proporce sdílených alel P_{SA} , respektive genetické vzdálenosti D_{SA} vypočítané jako:

$$(1) \quad D_{SA} = 1 - P_{SA}$$

Jako poslední krok byl vytvořen strom příbuznosti definovaných taxonů na základě matice genetických vzdáleností D_{SA} (metodou UPGMA) pomocí balíku programů PHYLIP (FELSENSTEIN 2005).

Výsledky

Diskriminační funkce pro určení ploidie jedince

Pro každý parametr byla vypočítána dekorelovaná *t*-hodnota. Parametry byly následně seřazeny dle této hodnoty, resp. její absolutní hodnoty od nejvyšší po nejmenší, viz Tab. 2. Tím bylo sestaveno pořadí vhodných vstupních parametrů do diskriminační funkce.

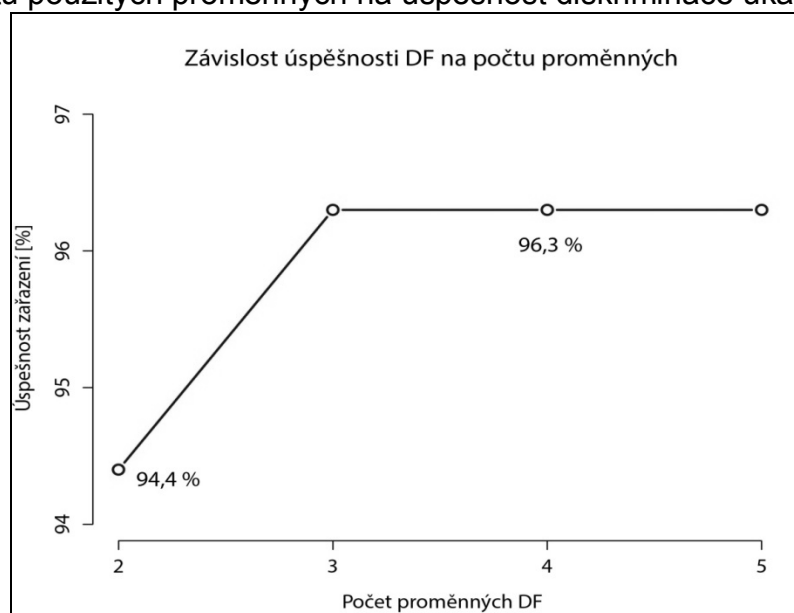
Tabulka 2: Hodnocení vstupních parametrů pomocí CAT-scores (zobrazeno prvních 5 hodnot).

Table 1: Assessment of input parameters using CAT-scores (first 5 values showed).

Parametr parameter	Absolutní hodnota CAT-score absolute value of CAT-score
Počet zubů mezi 3. a 4. žilkou ¹	12,0933
Šířka čepele v 1/4 délky od špičky ²	8,5552
Úhel báze čepele ³	5,7661
Úhel 1. žilky čepele ⁴	5,2846
Vzdálenost nejširšího místa od báze čepele ⁵	5,1221

¹Number of teeth between 3rd and 4th vein, ²blade width in the upper 1/4 (LTW), ³basal angle (to first tooth), ⁴angle between the first vein and midrib, ⁵distance of widest part of blade from base

Vhodný počet proměnných pro diskriminační funkci byl zvolen experimentálně. Závislost počtu použitých proměnných na úspěšnost diskriminace ukazuje Obr. 1.



Obr. 1: Závislost úspěšnosti diskriminační funkce na počtu použitých proměnných.

Fig. 1: The dependence of success rate of discriminant function (DF) on the number of used variables (x-axis: Number of variables of DF; y-axis: success rate of categorization).

Pro výpočet diskriminační funkce byly zvoleny 3 parametry. Samotnou diskriminační funkci lze zapsat ve tvaru:

$$(2) \quad 8,36 + 4,13 * A - 0,42 * B - 0,046 * C,$$

kde: A – počet zoubků mezi zakončením 3. a 4. žilky, B – šířka čepele v 1/4 její délky (od špičky) [mm], C – úhel báze čepele [°].

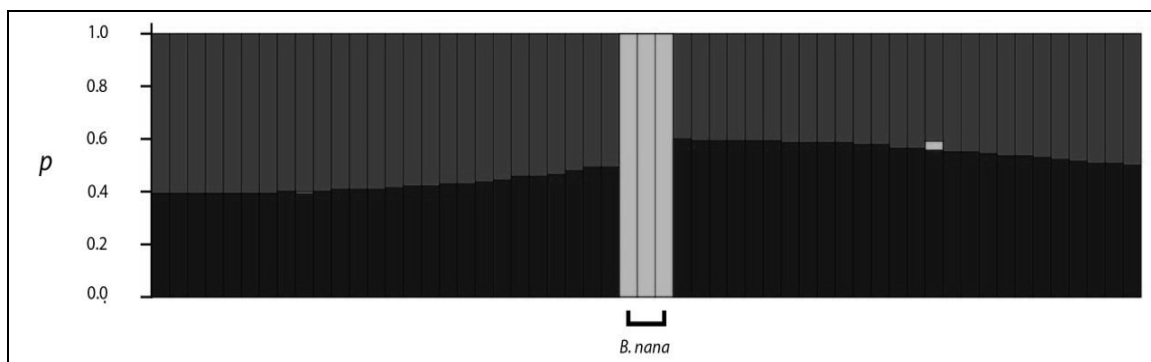
Pokud je výsledek výpočtu této funkce > 0, zařadíme jedince jako diploidního (2n). Naopak, pokud je výsledkem číslo < 0, zařadíme jedince jako tetraploidního (4n). Spolehlivost této funkce na použitých datech je 96 %.

Analýza mikrosatelitní DNA

V rámci diploidních (2n) jedinců se na základě analýzy v softwaru STRUCTURE podařilo odlišit pouze břízu trpasličí (*B. nana*) oproti komplexu *B. pendula* / *B. oycoviensis*. Zařazení jedinců do vylišených skupin je znázorněno na Obr. 2.

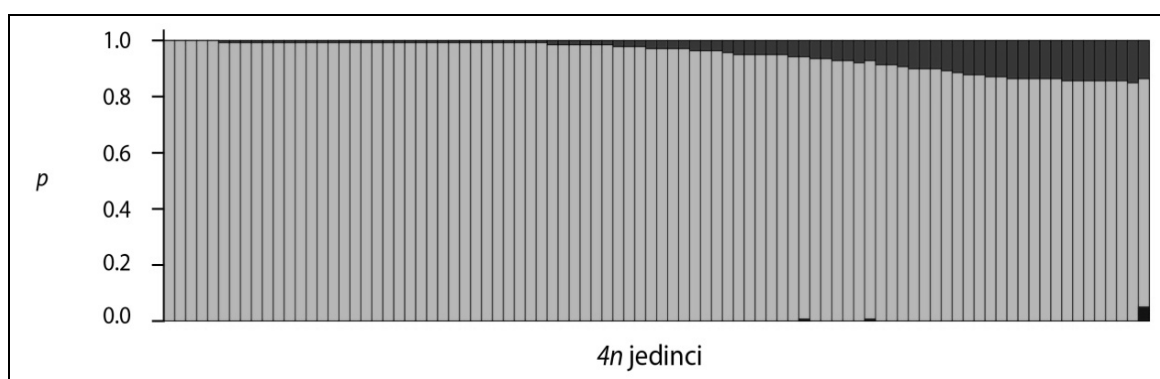
V rámci skupiny tetraploidních jedinců nebylo na základě použitých genetických markerů možné jednoznačně odlišit žádný z taxonů, viz Obr. 3.

Pro všechny zájmové taxony byl na základě matice genetických vzdáleností (Tab. 2) vytvořen strom příbuznosti jedinců, resp. zájmových druhů, viz Obr. 4.



Obr. 2: Zařazení 2n jedinců do skupin (osa x). Jedinci druhu *B. nana* jsou označeni, ostatní jedinci spadají do komplexu *B. pendula* / *B. oycoviensis*. Osa y znázorňuje pravděpodobnost zařazení jedince do příslušné skupiny, odlišené stupni šedi.

Fig. 2: Placement of 2n-individuals into groups (x-axis). The individuals of *B. nana* are marked with label. The other individuals belong to the *B. pendula* / *B. oycoviensis* complex. The y-axis depicts the probability of placement of individual into the appropriate group, marked by the grey-scale.



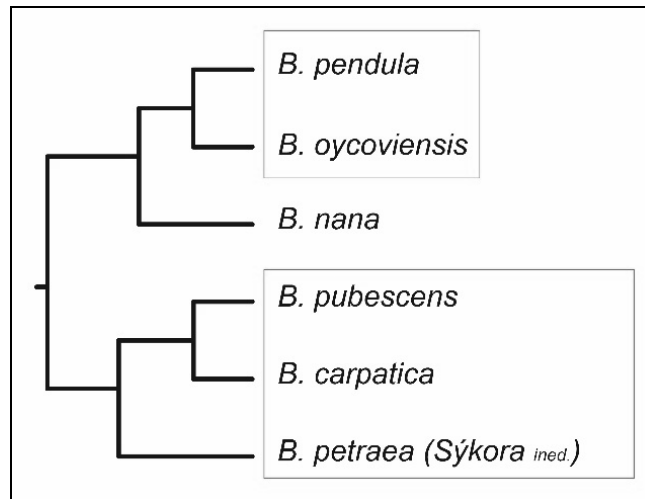
Obr. 3: Zařazení 4n jedinců do skupin (osa x). Osa y znázorňuje pravděpodobnost zařazení jedince do příslušné skupiny, odlišené stupni šedi. Pro tetraploidní zástupce se nepodařilo na základě zvolených markerů mikrosatelitní DNA jednoznačně identifikovat žádný z druhů.

Fig. 3: Placement of 4n-individuals into groups (x-axis). The y-axis depicts the probability of placement of individual into an appropriate group, marked by the grey-scale. Within tetraploid representatives no discrete species was identified, based on chosen markers.

Tabulka 2: Matice genetických vzdáleností mezi zájmovými taxony.

Table 2: The matrix of genetic distances among the studied species.

	<i>B. pendula</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. carpatica</i>	<i>B. nana</i>	<i>B. oycoviensis</i>
<i>B. pendula</i>	x					
<i>B. pubescens</i>	0,64	x				
<i>B. petraea</i>	0,791	0,445	x			
<i>B. carpatica</i>	0,616	0,201	0,468	x		
<i>B. nana</i>	0,383	0,689	0,794	0,661	x	
<i>B. oycoviensis</i>	0,202	0,697	0,737	0,672	0,392	x



Obr. 4: Strom příbuznosti taxonů vytvořený metodou UPGMA na základě dat z analyzovaných genetických markerů. Taxony ve stejném rámečku nebylo možné jednoznačně rozlišit.

Fig. 4: The relationship tree of taxons, made by UPGMA method using the analyzed genetic markers data.

DISKUSE

KLASICKÁ MORFOMETRIKA

Měřením makroskopických parametrů na listech či jiných částech jedinců bříz se v minulosti zabývali např. ATKINSON, CODLING (1986), GILL, DAVY (1983) nebo HOWLAND et al. (1995). Všechny tyto práce uvádějí, že rozlišení jedinců na základě morfometrických znaků je s velkou pravděpodobností možné. ATKINSON, CODLING (1986) ve své práci taktéž uvádějí diskriminační resp. klasifikační funkci pro rozdělení jedinců dle ploidie na diploidy ($2n$) a tetraploidy ($4n$) ve tvaru:

$$(3) \quad 12 * LTF + 2 * DFT - 2 * LTW - 23,$$

kde: LTF – počet zubů mezi 3. a 4. žilkou, DFT – vzdálenost 1. zoubku od báze čepele [mm], LTW – šířka čepele v 1/4 délky od špičky [mm], přičemž, podobně jako v této práci, pokud je výsledek > 0 , zařadíme jedince jako diploidního a naopak.

V původní práci je uváděna spolehlivost této funkce 93 %, na datech použitých v této práci je její spolehlivost dokonce 94,4 %. Determinační schopnost této funkce uvádí ve své práci také EŠNEROVÁ et al. (2012), kde pomocí této funkce bylo v její práci úspěšně zařazeno 98,7 % jedinců.

Funkce navržená v této práci má na zkoumaných datech úspěšnost determinace nepatrně větší, než funkce autorů ATKINSON, CODLING (1986), a to 96,4 %. Pro potvrzení determinační schopnosti navržené funkce bude však zapotřebí dalšího výzkumu, zejména ověření funkčnosti na více lokalitách.

EŠNEROVÁ et al. (2012) ve své práci také navrhuje funkci pro rozlišení ploidie, která byla schopna v její studii rozlišit jedince na 100 %, pro data použitá v této studii je však úspěšnost rozlišení pouze 80,6 %.

Rozdíly v úspěšnosti diskriminační funkce jsou s velkou pravděpodobností dány morfologickou variabilitou jedinců v závislosti na lokalitě výskytu. Klíčovými znaky pro klasifikaci jsou dle zmiňovaných funkcí *šířka čepele v 1/4 délky od špičky* – tento ukazatel se objevuje ve všech třech zmiňovaných funkcích a dále *vzdálenost mezi zoubky 3. a 4. žilky*, popř. *počet zoubků* mezi těmito žilkami. *Vzdálenost 1. zoubku od báze čepele* se taktéž jeví jako významný determinační znak – objevuje se v pracích EŠNEROVÁ et al. (2012) a ATKINSON, CODLING (1986), oproti této práci, kde se jeví

jako významnější znak *úhel báze čepele*. Nutno však podotknout, že tyto znaky mohou být mezi sebou značně korelované.

GENETICKÁ ANALÝZA DRUHŮ

V minulosti publikované práce, např. (ASHBURNER, McALLISTER 2013; SCHENK et al. 2008) naznačují, že rozlišení jednotlivých taxonů v rámci rodu bříza je stále nejasné. Zejména *Betula carpatica* je z hlediska taxonomie problematický druh. Autoři genetických studií rodu bříza tento druh často ani neuvádějí, jako např. SCHENK et al. (2008) či JÄRVINEN et al. (2004), který však zmiňuje dva „typy“ *B. pubescens*, nebo se rozcházejí v jeho zařazení. Oficiální česká taxonomická literatura (HEJNÝ, SLAVÍK 1990) označuje tento taxon jako samostatný druh, zatímco např. BLACKMORE et al. (2003) jej uvádí jako poddruh druhu *Betula pubescens* Ehrh.

V této práci se na základě vybraných markerů nepodařilo jedince určené jako *B. carpatica* odlišit od ostatních tetraploidních zástupců (*B. pubescens*). Zařazení zkoumaných jedinců do skupin ukazuje Obr. 3. Z grafu je patrná relativní genetická podobnost všech jedinců nezávislá na určení jedince. Pro analýzu je předpokládáno, že stejně určené jedince je možné odlišit nezávisle na lokalitě (variabilita mezi taxony je významně větší než genetická variabilita mezi lokalitami).

Bříza skalní (*B. petraea* ined.) je provizorně určeným druhem z okruhu *B. pubescens* (SÝKORA 1983). Tento taxon je již autorem popisován jako velmi podobný právě *B. pubescens*, což je pravděpodobně důvodem, proč nebylo možné ani takto označené jedince dle analyzovaných dat odlišit.

V rámci diploidních ($2n$) druhů byla jednoznačně odlišena bříza trpasličí (*B. nana*). Taxonomické zařazení tohoto taxonu jako druhu je považováno za ujasněné (ASHBURNER, McALLISTER 2013; BURIÁNEK et al. 2014; SCHENK et al. 2008).

Bříza ojcovská je pravděpodobným křížencem *Betula pendula* Roth. x *Betula szaferi* Jent.-Szaf. ex Stasz (STASZKIEWICZ 1986). Na základě dostupných dat nebylo možné břízu ojcovskou odlišit.

Závěr

Cílem příspěvku bylo ověřit existenci morfometricky zjistitelných znaků na listech jedinců bříz, podle kterých lze s uspokojivou přesností usuzovat na ploidii jedince. Výsledky naznačují, že diploidní a tetraploidní taxonů lze i přes značnou morfologickou variabilitu s vysokou mírou spolehlivosti odlišit podle jednoduše měřitelných znaků. Jedním z vhodných znaků je např. šířka čepele v 1/4 délky od špičky listu.

Prostřednictvím analýzy mikrosatelitů jsme dále posuzovali některé genetické souvislosti mezi vybranými taxony uvnitř tetraploidní a diploidní skupiny. Bezpečné rozlišení některých druhů, s nimiž pracuje český taxonomický systém (např. *Betula carpatica* vs. *Betula pubescens*) se nám ani prostřednictvím molekulárních genetických analýz dosud nepodařilo. Další výzkum pokračuje.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory grantových projektů: CIGA ČZU č. 20104308 (Vztah populací břízy karpatské a typu stanoviště ve vrcholových horských polohách); NAZV QH 92087 (Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do jehličnatých porostů v Jizerských). Autoři dále děkují za spolupráci dalším členům výzkumnému týmu, kteří se podíleli na vzniku této studie.

Literatura

- ASHBURNER, K., McALLISTER, H. A. The Genus *Betula*: A Taxonomic Revision of Birches. Richmond, Surrey, UK: Kew Publishing, 2013, 431 s.
- ATKINSON, M. D., CODLING, A. N. A reliable method for distinguishing between *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Watsonia*, 1986. 16: s. 75-76.
- BALCAR, V. Some experience of European birch (*Betula pendula* Roth) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 2001. 47 (Special Issue): s. 150-155.
- BLACKMORE, S., STEINMANN, J. A. J., HOEN, P. P., PUNT, W. *Betulaceae* and *Corylaceae*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2003. 123: s. 71-98.
- BURIÁNEK, V., NOVOTNÝ, P., FRÝDL, J. Metodická příručka k určování domácích druhů bříz. *Lesnický průvodce*, Praha: VÚLHM, 2014. 40 s.
- DOLEŽEL, J., GREILHUBER, J., SUDA, J. [eds.]. *Flow cytometry with plant cells: Analysis of Genes, Chromosomes and Genomes*. Weinheim, Germany: John Wiley & Sons, 2007. 479 s.
- EŠNEROVÁ, J., KARLÍK, P., ZAHRADNÍK, D., KOŇASOVÁ, T., STEJSKAL, J., BALÁŠ, M., VÍTÁMVÁS, J., RAŠÁKOVÁ, N., STACHO, J., KUTHAN, J., LUKÁŠOVÁ, M., KUNEŠ, I. Morfologická variabilita rodu bříza (*Betula* L.) v Krkonoších se zaměřením na tetraploidní zástupce. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2012. 57 (2): s. 112-125.
- FALUSH, D., STEPHENS, M., PRITCHARD, J. K. Inference of population structure: Extensions to linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics*, 2003. 164: s. 1567-1587.
- FELSENSTEIN, J. 2005. PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.6. Distributed by the author. Department of Genome Sciences, Seattle: University of Washington.
- GILL, J. A., DAVY, A. J. Variation and polyploidy within lowland populations of the *Betula pendula* / *B. pubescens* complex. *New Phytologist*, 1983. 94: s. 433-451.
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. [eds.]. *Květena České republiky 2*. Praha: Academia, 1990. 540 s.
- HOWLAND, D. E., OLIVER, R. P., DAVY, A. J. Morphological and molecular variation in natural populations of *Betula*. *New Phytologist*, 1995. 130: s. 117-124.
- CHYTRÝ, M., [ed.]. *Vegetace ČR 4. Lesní a křovinné vegetace*. Praha: Academia, 2013, 552 s.
- JÄRVINEN, P., PALME, A., MORALES, L. O., LANNENPAA, M., KEINANEN, M., SOPANEN, T., LACSOUX, M. Phylogenetic relationships of *Betula* species (*Betulaceae*) based on nuclear ADH and chloroplast sequences. *American Journal of Botany*, 2004. 91: s. 834-1845.
- KARLÍK, P. Taxonomická problematika bříz *Betula* L. v České republice se zvláštním zřetelem na drobné taxony z okruhu břízy pýřité *Betula pubescens* agg. *In: Prknová, H. (ed.) Bříza – strom roku 2010, Kostelec nad Černými lesy, 2010. s. 61-65.*
- KULA, E. Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech. *Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce*. 2011, 278 s.
- KULJU, K. K. M., PEKKINEN, M., VARVIO, S. Twenty-three microsatellite primer pairs for *Betula pendula* (*Betulaceae*). *Molecular Ecology Notes*, 2004. 4: s. 471-473.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ZAHRADNÍK, D. Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 2007. 53: s. 505-515.

- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., EŠNEROVÁ, J., KOŇASOVÁ, T., VÍTÁMVÁS, J., ZAHRADNÍK, D., STACHO, J., POSPÍŠILOVÁ, K., RAŠÁKOVÁ, N., GALLO, J., KARLÍK, P., POHLOVÁ, J. Bříza byla a zůstává tématem pro lesnický provoz i výzkum. *In: Prknová, H. (ed.) Bříza – strom roku 2010*, Kostelec nad Černými lesy, 2010. s. 32-36.
- MINCH, E., RUIZ-LINARES, A., GOLDSTEIN, D., FELDMAN, M., CAVALLI-SFORZA, L. L. Microsat (version 1.5b): a computer program for calculating various statistics on microsatellite allele data. 1996, dostupné na: <<http://lotka.stanford.edu/microsat.html>>.
- PRITCHARD, J. K., STEPHENS, M., DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 2000. 155: s. 945-959.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Dostupné na: <<http://www.R-project.org/>>.
- SCHENK, M. F., THIENPONT, N., KOOPMAN, J. M., GILISSEN, L. J. W. J., SMULDERS, M. J. M. Phylogenetic relationships in *Betula* (*Betulaceae*) based on AFLP markers. *Tree Genetics & Genomes*, 2008. 4: s. 911-924.
- STACE, C. A. *Plant Taxonomy and Biosystematics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989. 272 s.
- STASZKIEWICZ, J. *Betula Szaferi* – a new species of the genus *Betula* L. from Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 1986. 55: s. 361-366.
- SÝKORA, T. Taxonomie a rozšíření bříz okruhu *Betula alba* v Českém masivu. *Zprávy České botanické společnosti*, 1983. 18: s. 1-14.
- TSUDA, Y., UENO, S., IDE, Y., TSUMURA, Y. Development of 14 EST-SSRs for *Betula maximowicziana* and their applicability to related species. *Conservation Genetics*, 2009a. 10: s. 661-664.
- TSUDA, Y., UENO, S., RANTA, J., SALMINEN, K., IDE, Y., SHINOHARA, K. Development of 11 EST-SSRs for Japanese white birch, *Betula platyphylla* var. *japonica* and their transferability to related species. *Conservation Genetics*, 2009b. 10: 1385–1388.
- ZUBER, V., STRIMMER, K. Gene ranking and biomarker discovery under correlation. *Bioinformatics*, 2009. 25: s. 2700-2707.

VLIV KLIMATICKÝCH FAKTORŮ A IMISÍ SO₂ NA RADIÁLNÍ RŮST RAŠELINNÝCH SMRČIN V CENTRÁLNÍCH SUDETECH

IMPACT OF CLIMATIC FACTORS AND SO₂ AIR POLLUTION ON RADIAL GROWTH OF PEAT BOG SPRUCE STANDS IN CENTRAL SUDETES

Tereza Putalová, Zdeněk Vacek, Jan Král, Stanislav Vacek

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 - Suchbátka, e-mail: putalova@fld.czu.cz, vacekz@fld.czu.cz, kraljan@fld.czu.cz, vacekstanislav@fld.czu.cz

Abstract

The paper presents the results of a research on peat bog spruce stands in Krkonoše National Park and Protected Landscape area Orlické hory Mts. in the Czech Republic. Four permanent research plots (PRP) were established, each of 0.25 ha (50 × 50 m) in size. The aim of the study was to evaluate the effects of climatic factors (precipitation and temperature) and air pollution (SO₂) on the radial increment and its dynamics in the top parts of the mountains in the period 1976 – 2014. The correlation of the radial increment showed particularly positive correlations with temperatures in the vegetation season of current year, while dependence of precipitation was essentially not found. On the other side the radial increment was negatively correlated with annual mortality of trees and mean annual SO₂ concentrations. Considerable decrease of radial growth occurred in 1980 – 1990 because of deterioration in the health status and subsequent mortality of the spruce stands due to air pollution-ecological load.

Key words: Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.), Climate, Krkonoše Mts., Orlické hory Mts., SO₂ concentration, dendrochronology, Central Europe

Abstrakt

Příspěvek prezentuje výsledky výzkumu v rašelinných smrčínách v Krkonošském národním parku a v Chráněné krajinné oblasti Orlické hory v České republice. Jedná se o čtyři trvale výzkumné plochy (TVP) o velikosti 0,25 ha (50 × 50 m). Cílem výzkumu bylo zhodnocení dopadu klimatických faktorů (srážek a teplot) a imisí (SO₂) na radiální přírůst a jeho dynamiku ve vrcholových částech hor v období let 1976 - 2014. Korelace radiálního přírůstu ukazovala zejména pozitivní korelaci s teplotami ve vegetačním období aktuálního roku, zatímco závislost srážek nebyla potvrzena. Naproti tomu radiální přírůst byl negativně korelován s roční mortalitou stromů a průměrnou roční koncentrací SO₂. Významný pokles radiálního přírůstu nastal v letech 1980 - 1990 v důsledku zhoršení zdravotního stavu a následné mortality smrkových porostů vlivem imisně-ekologické zátěže.

Klíčová slova: Smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.), klima, Krkonoše, Orlické hory, koncentrace SO₂, dendrochronologie, Střední Evropa

Úvod a problematika

Největší hrozbou pro lesní ekosystémy Krkonoš bylo průmyslové znečištění ovzduší zejména SO₂, které bylo z hlediska poškození lesních ekosystémů Krkonoš nejzávažnější mezi roky 1970 až 1990 (VACEK, MATĚJKA 2010). V následujících letech pak docházelo k poklesu znečištění ovzduší SO₂, avšak porosty na řadě míst byly již značně poškozené a tak pokračovalo jejich odumírání. V polovině 90. let 20. století téměř u 80 % smrkových porostů nad 900 m n. m. docházelo ke značnému odumírání jedinců a u přežívajících stromů docházelo k výrazné defoliaci (POLÁK et al. 2007). Po snížení znečištění ovzduší SO₂ získalo větší význam fotochemické znečištění (STANNERS, BOREAU 1995). Bylo to způsobeno zejména vlivem zvýšeného počtu automobilů, které produkují zvýšené emise oxidů dusíku a těkavých uhlovodíků. V této části střední Evropy jsou i zvýšené koncentrace ozónu (O₃), který může negativně zvyšovat fytotoxické účinky jiných látek znečišťujících ovzduší, zejména oxidů síry a dusíku (SO_x a NO_x) – (BYTNEROWICZ et al. 2004).

Emise průmyslových škodlivin v ovzduší na mnoha místech vyústily v rozsáhlé a velmi závažné narušení zejména smrkových porostů. V průběhu 70. a 80. let 20. století tak v horských lesích ČR v důsledku imisních těžeb vzniklo 62,5 tisíc ha holin (VACEK et al. 2003).

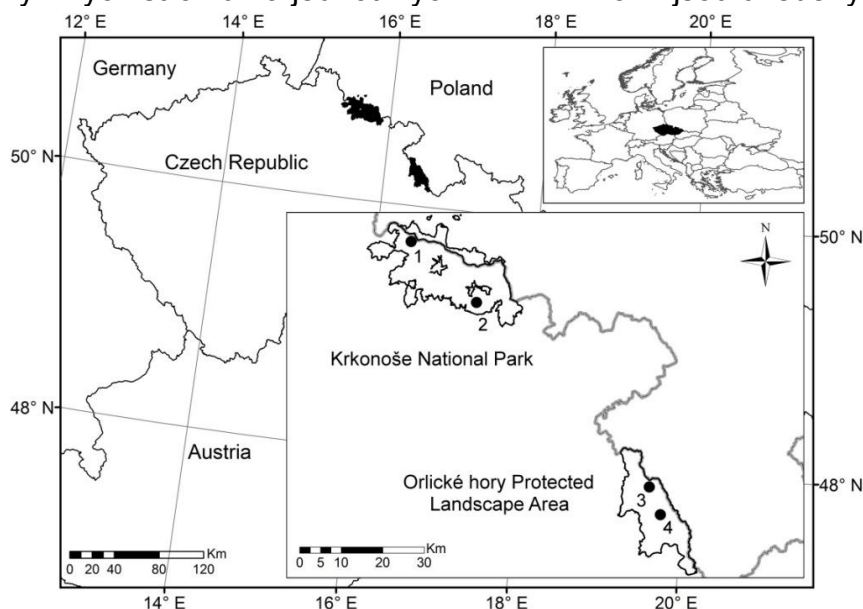
I přes snížení emisí průmyslových škodlivin v ovzduší ČR, byla i v posledních letech pozorována poměrně vysoká defoliace jak v ČR, tak i na Slovensku (HLÁSNÝ et al. 2010) a v Polsku (VANČURA et al. 2000). Pro co nejúčelnější management je také nutno vzít v potaz jaký mohou mít vliv klimatické změny na růst a mortalitu jednotlivých dřevin (HANEWINKEL et al. 2014), neboť se dá předpokládat vyšší četnost a intenzita disturbancí v důsledku klimatických změn (FUHRER et al. 2006; JONÁŠOVÁ et al. 2010).

Cílem tohoto příspěvku bylo zhodnocení vlivu klimatických faktorů a imisí na radiální přírůst rašelinných smrčů v Krkonoších a v Orlických horách.

Materiál a metodika

Charakteristika zájmového území a trvalých výzkumných ploch

Studie byla provedena v rašelinných autochtonních smrčnách na čtyřech trvalých výzkumných plochách (TVP) o velikosti 50 × 50 m (0,25 ha) v Krkonošském národním parku a v Chráněné krajinné oblasti Orlické hory, které byly založeny v roce 1979. Jedná se o TVP, které jsou typické pro rašelinné smrčiny v Krkonoších a v Orlických horách. Průměrná roční teplota se na studovaných TVP v Krkonoších pohybuje okolo 3,9°C a roční úhrn srážek je cca 1 223 mm a v Orlických horách jsou to 4,4°C a 1 164 mm. Podloží tvoří převážně krystalické břidlice a převládajícím půdním typem jsou organozemě. Druhovou skladbu tvoří výhradně smrk ztepilý (*Picea abies* L./ Karst.). Lokalizace TVP je znázorněna na Obr. 1 a přehled základních stanovištních a porostních údajů o TVP je uveden v Tab. 1. Strukturální charakteristiky živých stromů na jednotlivých TVP v r. 2014 jsou uvedeny v Tab. 2.



Obr. 1: Lokalizace TVP s podmáčenými až rašelinnými smrčnami v Krkonoších a Orlických horách (GPS: TVP 1: 50°46'39"N, 15°30'33"E; TVP 2: 50°65'84"N, 15°74'36"E; TVP 3: 50°18'41"N, 16°23'55"E; TVP 4: 50°14'48"N, 16°27'08"E).

Fig. 1: Localization of PRP with waterlogged to peat spruce forests in Krkonoše Mts. and Orlické Mts.

Tabulka 1: Přehled základních stanovištních a porostních charakteristik na TVP (dle LHP s platností 2011-2020 pro TVP v Orlických horách a LHP 2015-2024 pro TVP v Krkonoších).

Table 1: Overview of basic habitat and stand characteristics on PRP (according to Forest management plan).

TVP PRP	Název Name	Dřevina Species	Věk Age	Výška Height (m)	Výčetní tloušťka DBH (cm)	Zásoba Volume (m ³ .ha ⁻¹)	Nadm. výška Altitude (m)	Expozice Exposure	Sklon Slope (°)	Lesní typ Forest site type
1	Pod Voseckou boudou	<i>Picea abies</i>	224/ 47/11	17,0	43,0	179	1180	JZ	12	8R, (8G)
2	Václavák	<i>Picea abies</i>	192/ 11	17,0	40,0	165	1190	SV	4	8R
3	Jelení lázeň	<i>Picea abies</i>	70	5,4	12,6	54	1075	J	1	8R, (8T)
4	U Kunštátské kaple	<i>Picea abies</i>	84	4,8	11,1	11	1035	JZ	2	8R, (8T)

8G – podmáčená smrčina *waterlogged spruce (Piceetum paludosum mesotrophicum)*, 8T – podmáčená zakrslá smrčina *waterlogged stunted spruce (Piceetum paludosum oligomesotrophicum humile)*, 8R – vrchovištní smrčina *peat bog spruce (Piceetum turfosum montanum)*

Tabulka 2: Detailní přehled naměřených základních porostních parametrů na jednotlivých TVP 1 - 4 (r. 2014).

Table 2: Detailed overview of the measured basic stand parameters for each stand PRP 1 - 4 (year 2014).

TVP	A (y)	dbh (cm)	h (m)	v (m ³)	N (pcs.ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	V (m ³ .ha ⁻¹)	CBP (m ³ .ha ⁻¹ .y ⁻¹)	CPP (m ³ .ha ⁻¹ .y ⁻¹)	CC (%)	CPA (ha)	SDI
1	203	36,7	13,1	0,73	268	28,3	195	1,9	1,05	42,6	0,55	0,41
2	194	32,8	11,4	0,38	464	39,1	180	2,2	1,19	38,1	0,45	0,38
3	70	12,6	5,5	0,03	1752	22,0	54	2,0	0,76	65,9	1,07	0,48
4	84	11,1	4,8	0,02	560	5,4	11	0,6	0,13	33,3	0,41	0,13

A – průměrný věk porostu *age mean stand age*, dbh – střední výčetní tloušťka *mean breast height diameter*, h – střední výška *mean height*, v – objem středního kmene *mean tree volume*, N – počet stromů *number of trees*, G – kruhová základna *basal area*, V – porostní zásoba *stand volume* (m³.ha⁻¹), CBP – celkový běžný přírůstek *periodic annual increment*, CPP – celkový průměrný přírůstek *mean annual increment*, CC – stupeň zápoje *canopy closure*, CPA plocha korunových projekcí *crown projection area*, SDI index hustoty porostu *stand density index*

Průměrné roční koncentrace SO₂ byly v letech 1979 – 1998 značně vysoké (v průměru 17,1 μg.m⁻³) s maximem v r. 1989 – 28,3 μg.m⁻³. Velmi vysoké byly i maximální roční koncentrace (v průměru 150,3 μg.m⁻³) s maximy v r. 1985 a 1988 - 270 μg.m⁻³. Od r. 1999 docházelo k jejich výraznému poklesu. V letech 1999 – 2014 průměrné roční koncentrace SO₂ byly již velmi nízké (v průměru 4,6 μg.m⁻³), podobně to bylo i u maximálních ročních koncentrací (v průměru 24,5 μg.m⁻³).

Sběr a analýza dat

Dynamika zdravotního stavu rašelinných smrčin byla na 4 TVP o velikosti 50 × 50 m (0,25 ha) v letech 1979 – 2014 každoročně hodnocena podle olistění (foliace) jednotlivých stromů, která byla zařazena do 6 stupňů odlistění/defoliace (Tab. 3; cf. VACEK et al. 2013).

Tabulka 2: Přehled charakteristik zdravotního stavu lesních porostů podle stupně defoliace a procento foliace

Table 3: Overview of characteristics of the health status of forest stands by degree of defoliation and percentage of foliation

Stupeň defoliace <i>Degree of defoliation</i>	Olistění <i>Foliation</i>	Stromové charakteristiky <i>Tree characteristics</i>
0	91 - 100	Zdravý <i>Healthy</i>
1	71 - 90	Slabě poškozený <i>Slightly damaged</i>
2	51 - 70	Středně poškozený <i>Medium damaged</i>
3	31 - 50	Těžce poškozený <i>Seriously damaged</i>
4	1 - 30	Odumírající <i>Dying</i>
5	0	Mrtvý <i>Dead</i>

Data pro analýzu růstových poměrů byla získána odběrem vývrtů ve výšce 1,3 m Presslerovým nebozezem z 30 živých úroveňových a nadúroveňových stromů smrku kolmo na osu kmene. Byly odebírány dva na sebe kolmé vývrty pro každý strom ze severní a jižní světové strany. Ve svahu byly vývrty odebírány kolmo na vrstevnici. Šířky letokruhů byly měřeny s přesností na 0,01 mm binolupou Olympus na měřicím stole LINTAB a zaznamenávány programem TsapWin (www.rinntech.com). Aby bylo možné vzorky datovat a odstranit chyby spojené s výskytem chybějících letokruhů, byla každá přírůstová série křížově datována s využitím statistických testů v programu PAST4 (KNIBBE 2007) a následně podrobena vizuální kontrole podle YAMAGUCHIHO (1991). Jestliže byl nalezen chybějící letokruh, byl na jeho místo vložen letokruh s šířkou 0,01 mm.

Průměrné letokruhové série z TVP 1 – 4 pak byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními úhrny srážek, průměrnými měsíčními teplotami) podle jednotlivých let z meteorologické stanice Deštné pro Orlické hory a Pec pod Sněžkou pro Krkonoše. U imisních dat (koncentrace SO₂) to bylo pro obě pohoří ze stanice Souš. Pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).

Analýza hlavních komponentů (PCA) pro zhodnocení vztahu mezi tloušťkovým přírůstem, klimatickými daty (teplota a srážky), imisními daty (koncentrace SO₂), olistěním a mortalitou byla provedena v programu CANOCO 4.5 (TER BRAAK, ŠMILAUER 2002). Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Situační mapa byla vytvořena v programu ArcGIS 10.0 (Esri).

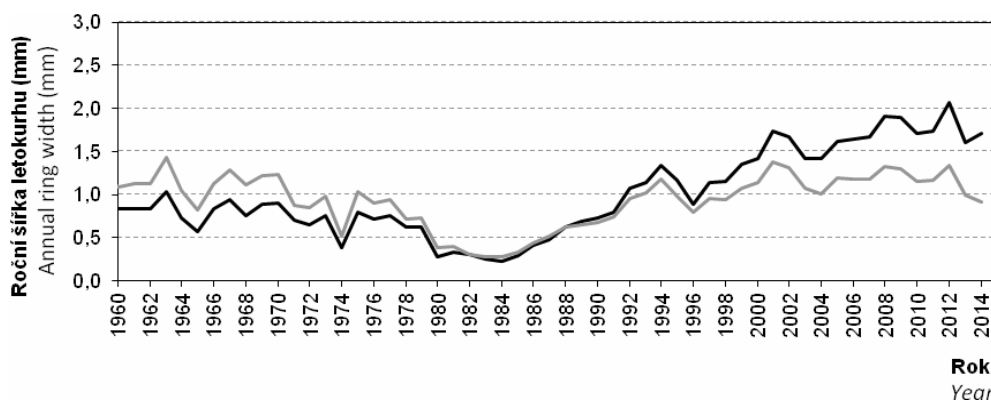
Výsledky a diskuze

Tloušťkový růst a jeho dynamika

Průměrné letokruhové křivky smrku ztepilého a trendy průměrných tlouštěk letokruhů po odstranění věkového trendu z TVP v Krkonoších a v Orlických horách jsou znázorněny na Obr. 2 a 3. K výraznému poklesu tloušťkového přírůstu **v Krkonoších** došlo zejména v letech 1980 – 1984 a od roku 1985 do roku 1994 každoročně docházelo k jeho nárůstu (Obr. 2). Reakce na růst jsou na obou plochách analogické, avšak TVP 2 vykazuje po celé sledované období vyšší přírůst oproti TVP 1. I v následujícím období až do r. 2014 měl tloušťkový růst zvyšující se trend, avšak přitom docházelo k drobným oscilacím. K výrazným růstovým depresím, které značí extrémní roky, došlo v letech 1974, 1978, 1980, 1981 a 1996, byly potvrzeny analýzou významných negativních let. Jednotlivé stromy se v rámci jedné TVP v rychlosti radiálního růstu příliš neliší. Průměrná šířka letokruhu na TVP 1 dosahovala 1,2 mm (± 0,5 SD), na TVP 2 1,6 mm (± 0,7 SD). Nejvyšší přírůst 2,3 mm

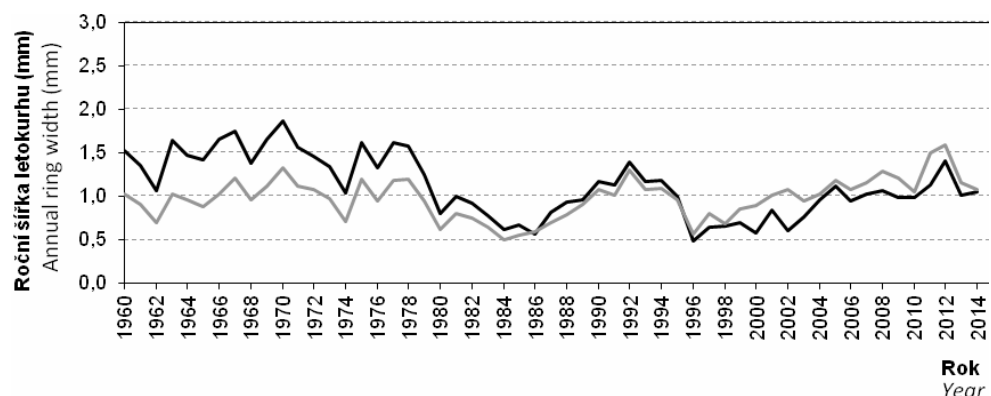
($\pm 0,3$ SD) byl dosažen v roce 2012, naopak nejnižší šířka letokruhu 0,3 mm ($\pm 0,2$ SD) byla zjištěna v roce 1984.

K výraznému poklesu tloušťkového přírůstu v **Orlických horách** došlo v letech 1979 – 1986 a pak až do roku 1992 každoročně docházelo k jeho nárůstu (Obr. 3). Podobně tomu bylo i v jiných dospělých smrkových porostech v horských oblastech na severu České republiky (SANDER et al. 1995; VEJPUŠKOVÁ et al. 2004; RYDVAL et al. 2012). V letech 1993 – 1996 pak opět došlo k výraznému poklesu šířky letokruhů a následně v letech 1997 – 2012 docházelo k jejímu nárůstu avšak s oscilacemi. TVP 4 byla výrazněji zasažena imisní ekologickou kalamitou, po roce 1997 byl proto nárůst tloušťkového přírůstu na této ploše velice pozvolný. V letech 2013 a 2014 opět následoval markantnější pokles tloušťkového přírůstu. V Orlických horách byly letopočty 1974, 1980, 1996, 1998 potvrzeny analýzou významných negativních let. Průměrná šířka letokruhu na TVP 3 dosahovala 1,2 mm ($\pm 0,6$ SD) a na TVP 4 1,4 mm ($\pm 0,6$ SD) s maximálním přírůstem pro tuto lokalitu 1,9 mm ($\pm 0,2$ SD) v roce 1970.



Obr. 2: Průměrné letokruhovú křivku smrku ztepilého (černá) a trend průměrných tloušťek letokruhů po odstranění věkového trendu v programu Arstan pomocí spline 100 let (šedá) v Krkonoších.

Fig. 2: The annual ring width curve of Norway spruce (black) and the trend of the mean ring width after removal of the age trend in the program Arstan using spline 100 years (grey) in Krkonoše Mts.

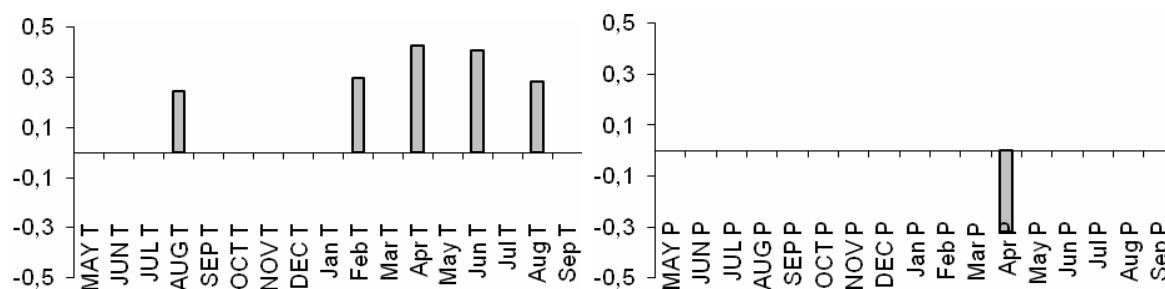


Obr. 3: Průměrné letokruhovú křivku smrku ztepilého (černá) a trend průměrných tloušťek letokruhů po odstranění věkového trendu v programu Arstan pomocí spline 100 let (šedá) v Orlických horách.

Fig. 3: The annual ring width curve of Norway spruce (black) and the trend of the mean ring width after removal of the age trend in the program Arstan using spline 100 years (grey) in Orlické hory Mts.

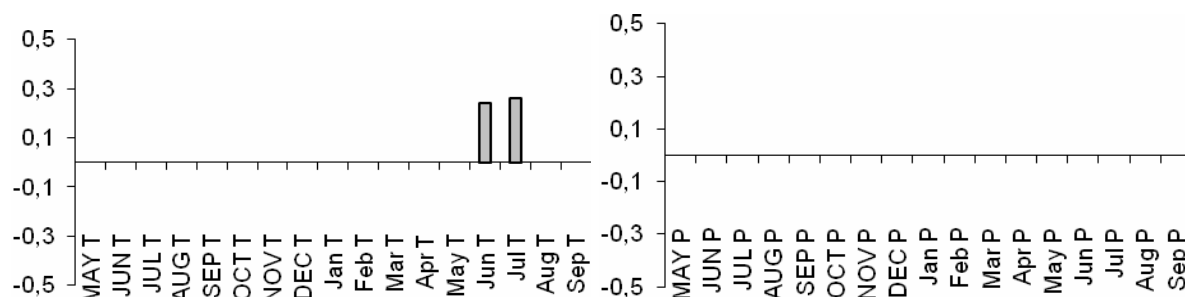
Korelace tloušťkového přírůstu s průměrnými měsíčními teplotami a srážkami ukazují na některé statisticky signifikantní hodnoty (Obr. 4 a 5). Tloušťkový přírůst na TVP v Krkonoších v letech 1976 – 2014 vykazuje kladné statisticky průkazné

($p < 0,05$) korelace s teplotou v srpnu předchozího roku ($r = 0,25$) a s teplotami v únoru, dubnu, červnu a v srpnu aktuálního roku ($r = 0,30, 0,43, 0,41$ a $0,28$; Obr. 4). Více statisticky významných korelací bylo prokázáno na TVP 1, na TVP 1 byla výraznější reakce na teploty v srpnu předchozího roku, na TVP 2 na teploty v únoru a dubnu aktuálního roku. Pozitivní vliv teploty v červenci na růst smrku byl shodně potvrzen i z podhorských smrkových lesů v Západních Karpatech (BEDNARZ et al. 1998/1999). Dále byly zjištěny negativní statisticky průkazné korelace s úhrnem srážek v dubnu aktuálního roku ($r = -0,32$). Tloušťkový přírůst na TVP v Orlických horách v letech 1962 – 2012 vykazuje kladné statisticky průkazné korelace s teplotami v červnu a v červenci aktuálního roku ($r = 0,24, 0,26$; Obr. 5), přičemž na TVP 3 byla prokázána výraznější reakce přírůstu na teplotu v červenci aktuálního roku, na TVP 4 byla významná negativní korelace s měsíčním úhrnem srážek v dubnu aktuálního roku. Také ze studie RYBNÍČEK et al. (2009) z Orlických hor vyplývá, že radiální přírůst smrku je statisticky významně kladně korelován s teplotami v červenci aktuálního roku, avšak pozitivní vliv únorových a březnových srážek nebyl již potvrzen. TREML et al. (2012) naopak uvádějí, že při horní hranici lesa v Sudetské soustavě měly stromy smrku zteplého pozitivní růstovou reakci na podzimní teploty v předchozím roce a v posledních letech i na teploty v květnu.



Obr. 4: Hodnoty korelačních koeficientů residuálního indexu chronologie letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a srážkami od května minulého roku (velká písmena) do září daného roku v období 1962 - 2012 v Krkonoších; šedě zvýrazněné hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

Fig. 4: Values of correlation coefficients of regional residual index tree-ring chronology with average monthly temperature and precipitation from May previous year (block letters) to September of the year in question in the period 1962 – 2012 in Krkonoše Mts.; values highlighted in grey are statistically significant ($\alpha = 0.05$).

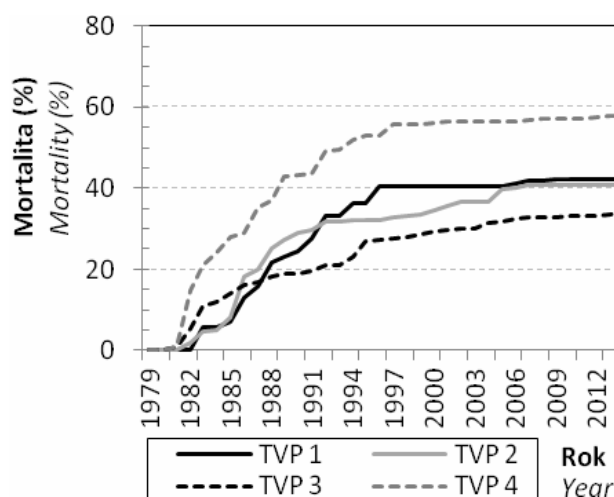


Obr. 5: Hodnoty korelačních koeficientů residuálního indexu chronologie letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a srážkami od května minulého roku (velká písmena) do září daného roku v období 1962 - 2012 v Orlických horách; šedě zvýrazněné hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

Fig. 5: Values of correlation coefficients of regional residual index tree-ring chronology with average monthly temperature and precipitation from May previous year (block letters) to September of the year in question in the period 1962 – 2012 in Orlické hory Mts.; values highlighted in grey are statistically significant ($\alpha = 0.05$).

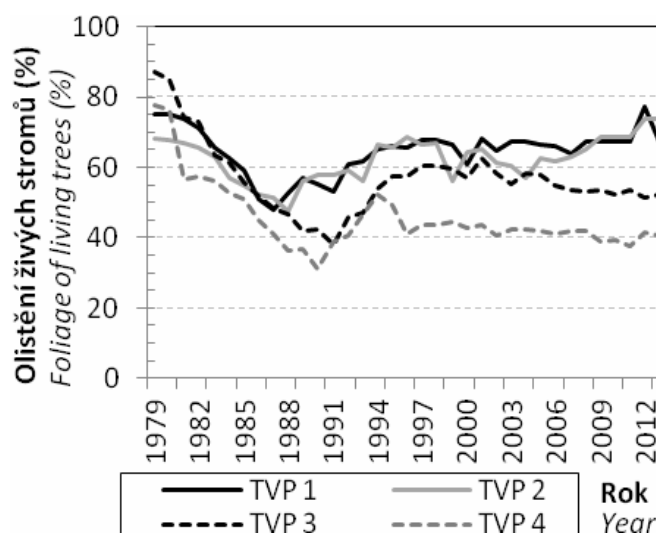
Zdravotní stav porostů

Zdravotní stav porostů na jednotlivých TVP charakterizuje vývoj průměrného olistění živých stromů a vývoj mortality (Obr. 6 a 7). Z vývoje průměrného olistění živých stromů je zřejmé, že u smrku ztepilého (Obr. 6) v letech 1981 až 1987 docházelo k výrazné defoliaci. Další faktory způsobující defoliaci není možné vyloučit, avšak podobný průběh poškození porostu (odlistěním) v klimaxových smrkových porostech v Krkonoších byl dokumentován v práci VACKA, LEPŠE (1996) a VACKA, MATĚJKY (2010). Po roce 1988 se trend olistění relativně stabilizoval, avšak zejména pak v letech 1993, 2000 a 2001 docházelo k menším oscilacím. Mírný nárůst defoliace smrku ztepilého byl zaznamenán též v r. 2007. V r. 2012 pak v důsledku značných regeneračních procesů došlo k výraznějšímu nárůstu průměrného olistění živých stromů, avšak do stavu v roce 1979 se porosty již nenavrátily. Výrazná defoliace v letech 1981 až 1987 způsobená imisně ekologickou kalamitou byla též doprovázena velmi výraznou mortalitou porostů (Obr. 7), kterou vesměs završoval nástup lýkožrouta smrkového.



Obr. 6: Vývoj mortality stromů smrku na TVP 1 – 4.

Fig. 6: Development of mortality of spruce trees on PRP 1 – 4.

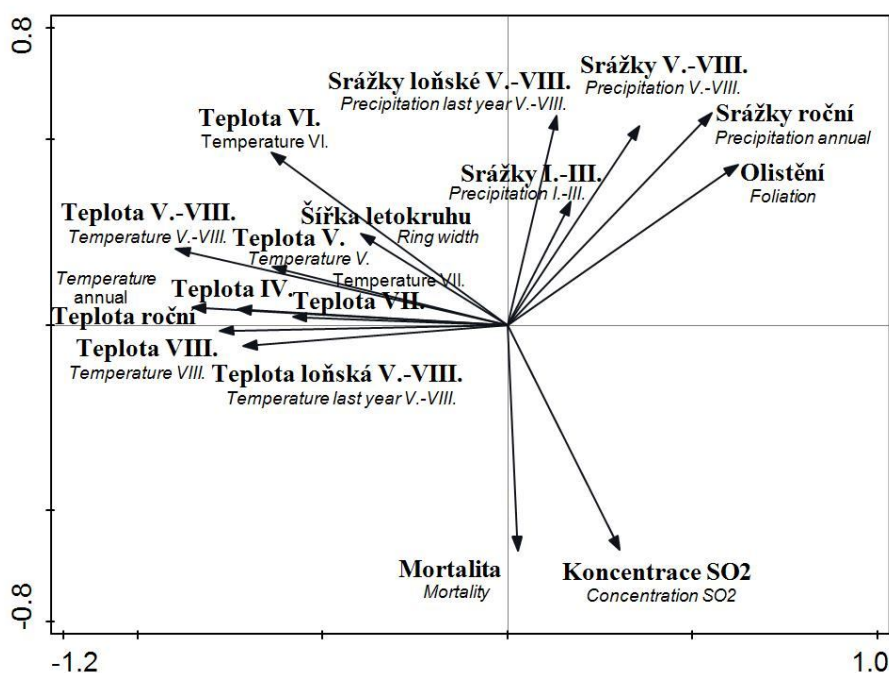


Obr. 7: Vývoj průměrného olistění živých stromů smrku na TVP 1–4.

Fig. 7: Development of the mean foliage of living spruce trees on PRP 1– 4.

Vztah klimatických a porostních poměrů

Výsledky PCA analýzy jsou prezentovány ve formě ordinačního diagramu na Obr. 8. První ordinační osa vysvětluje 35 %, první dvě osy 52 % a všechny čtyři osy celkem 71 % variability dat. První osa x ordinačního diagramu představuje průměrnou roční teplotu aktuálního roku s teplotou v dubnu, červenci a srpnu. Druhá osa y reprezentuje roční mortalitu porostu a srážky v květnu až srpnu. Šířka letokruhu je pozitivně korelována s teplotou v květnu a červnu a s teplotou v květnu až srpnu aktuálního roku ($p < 0,05$). Podobné výsledky ukazující pozitivní vliv teploty na radiální přírůst ve smrčinách na severních svazích Krkonoších uvádějí SANDER et al. (1995) a v Orlických horách v nadmořské výšce 830 – 910 m RYBNÍČEK et al. (2009). Teploty v červnu a červenci pozitivně podporují radiální růst ve vyšších nadmořských výškách (HAUCK et al. 2012). Mortalita je pozitivně korelována s průměrnou koncentrací SO_2 ($p < 0,01$), zatímco tyto ukazatele jsou negativně korelovány s tloušťkovým přírůstem ($p < 0,05$; SANDER et al. 1995; JUKNYS et al. 2002, RYDVAL et al. 2012). Průměrné olistění živých stromů je pozitivně korelováno s úhrnem ročních srážek. Souvislost mezi šířkou letokruhů a úhrnem srážek nebyla nalezena. V jižním Finsku byla sice nalezena pozitivní souvislost s radiální růstem a srážkami v lednu, avšak korelace mezi srážkami a růstem byla v těchto rašelinných smrčinách také velmi slabá (MÄKINEN et al. 2001). Pravý spodní segment diagramu s vysokými koncentracemi SO_2 je typický pro periodu 1982 - 1991, zatímco v horní polovině grafu převládá období po roce 2000.



Obr. 8: Ordinační diagram znázorňující výsledky PCA analýzy vztahů mezi klimatickými daty (teplota a srážky), koncentracemi SO_2 , roční mortalitou stromů a šířkou letokruhů v období 1979 – 2013.

Fig. 8: Ordination diagram showing results of PCA analysis of relationships among climatic data (temperature and precipitation), SO_2 concentrations, annual mortality of trees and ring width in period 1979 – 2013.

Závěr

Interpretace korelace radiálního přírůstku s měsíčními teplotami a srážkami je v horských imisních oblastech poněkud komplikovaná, protože růst je zde ovlivněn řadou faktorů. Z analýzy klimatických a imisních faktorů v rašelinných smrčinách

v Krkonoších a Orlických hor vyplývá, že počátkem 80. let 20. století došlo v důsledku synergismu imisí a klimatických extrémů ke značné dynamice poklesu radiálního růstu a zhoršování zdravotního stavu porostů. Příčinami poklesu přírůstu byly zejména vysoké koncentrace SO₂ a značné teplotní výkyvy. Oproti pozitivním korelacím teploty a tloušťkového přírůstu, vliv srážek na šířku letokruhu nebyl potvrzen. Od druhé poloviny 90. let 20. století se situace z hlediska zdravotního stavu a růstu smrkových porostů relativně stabilizovala. Nicméně naše výsledky naznačují, že vysoké koncentrace SO₂ zapříčinily dlouhodobé zhoršení zdravotního stavu porostů. I po výrazném poklesu koncentrace SO₂ dochází jen pomalu ke zvyšování olistění studovaných porostů. Pomalý trend regenerace porostů je pravděpodobně dán půdními změnami organozemí v těchto specifických lesních ekosystémech v průběhu imisně-ekologické kalamity (cf. PODRÁZSKÝ et al. 2010).

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č.A06/15), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Literatura

- BEDNARZ, Z., JAROSZEWICK, B., PTAK, J., SZWARZYK, J. Dendrochronology of the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from the Babia Gora National Park, Poland. *Dendrochronologia*, 1998/1999. 16 (17): s. 45-55.
- BIONDI, F., WAIKUL, K. Dendroclim (2002): AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree ring chronologie. *Computers and Geosciences*, 2004. 30: s. 303-311.
- BYTNEROWICZ A., BADEA O., POPESCU P., MUSSELMAN R., TANASE M., BARBU I., FRĄCZEK W., GEMBASU N., SURDU A., DANESCU F., POSTELNICU D., CENUSA R., VASILE C.: Air pollution, precipitation chemistry and forest health in the Retezat Mountains, Southern Carpathians, Romania. *Environmental Pollution*, 2004. 137: s. 546-567.
- FUHRER, J., BENISTON, M., FISCHLIN, A., FREI, CH., GOYETTE, S., JASPER, K., PFISTER, CH. Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Climatic Change*, 2006. 79: s. 79-102.
- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D.A., MICHIELS, H.-G., KÄNDLER, G. Converting probabilistic tree species range shift projections into meaningful classes for management. *Journal of Environmental Management*, 2014. 134: s. 153-165.
- HAUCK, M., ZIMMERMANN, J., JACOB, M., DULAMSUREN, C., BADE, C., AHREND, B., LEUSCHNER, C. Rapid recovery of stem increment in Norway spruce at reduced SO₂ levels in the Harz Mountains, Germany. *Environmental Pollution*, 2012. 164: s. 132-141.
- HLÁSNY, T., GRODZKI, W., ŠRÁMEK, V., HOLUŠA, J., KULLA, L., SITKOVÁ, Z., TURČÁNI, M., RACKA, G., STRZELINSKI, P., WEGIEL, A. Spruce forest decline in the Beskids. *In: Hlásny, T., Sitková, Z. (eds.): Spruce forest decline in the Beskids. Zvolen: National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen & Czech University of Life Sciences Prague & Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště-Strnady, 2010, s. 15-31.*
- JONÁŠOVÁ, M., VÁVROVÁ, E., CUDLÍN, P. Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: Natural regeneration in cleared and uncleared areas. *Forest Ecology and Management*, 2010. 259: s. 1127-1134.

- JUKNYS, R., STRAVINSKIENE, V., VENCLOVIENE, J. Tree-ring analysis for the assessment of anthropogenic changes and trends. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2002. 77 (1): s. 81-97.
- KNIBBE, B. PAST4: personal analysis system for treering research, Version 4.2. SCIAM, 2007, Vienna.
- MÄKINEN, H., NOJD, P., MIELIKÄAINEN, K. Climatic signal in Antal growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in southern Finland. *Trees*, 2001. 15: s. 177-185.
- PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S., VACEK, Z., Raj, A., Mikeska, M., Boček, M., Schwarz, O., Hošek, J., Šach, F., Černohous, V., Bílek, L., Hejcman, M., Nosková, I., Baláš, M. Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 2010, 304 s.
- POLÁK, T., CUDLÍN, P., MORAVEC, I., ALBRECHTOVÁ, J. Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains. *Trees*, 2007. 21: s. 23-35.
- RYBNÍČEK, M., ČERMÁK, P., KOLÁŘ, T., PŘEMYSLOVSKÁ, E., ŽID, T. Influence of temperatures and precipitation on radial increment of Orlické hory Mts. spruce stands at altitudes over 800 m a. s. l. *Journal of Forest Science*, 2009. 55 (6): s. 257-263.
- RYDVAL, M., WILSON, R. The Impact of Industrial SO₂ Pollution on North Bohemia Conifers. *Water, Air & Soil Pollution*, 2012. 223 (9): s. 5727-5744.
- SANDER C., ECKSTEIN D., KYNCL J., DOBRÝ J. The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonoše (Giant) Mountains as indicated by ring width and wood intensity. *Annales des Sciences Forestieres*, 1995. 52: s. 401-410.
- Stanners D., Bordeau P.: Europe's environment: the Dobris assessment. Copenhagen. European Environ Agency; 1995, s. 547-551.
- TER BRAAK, C.J.F., ŠMILAUER, P. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, 2002, Ithaca, New York.
- TREML, V., PONOČNÁ, T., BÜNTGEN, U. Growth trends and temperature responses of treeline Norway spruce in the Czech-Polish Sudetes Mountains. *Climate Research*, 2012. 55, s. 91-103.
- VACEK S., ZINGARI, P.C., JENÍK J., SIMON, J., SMEJKAL J., VANČURA K.: Mountain forests of the Czech Republic. Ministry of agriculture of the Czech Republic, Prague, 2003. 320 p.
- VACEK, S., BÍLEK, L., SCHWARZ, O., HEJCMANOVÁ, P., MIKESKA, M. Effect of Air Pollution on the Health Status of Spruce Stands. A Case Study in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Mountain Research and Development*, 2013. 33 (1): s. 40-50.
- VACEK, S., LEPŠ J. Spatial dynamics of forest decline: the role of neighbouring trees. *Journal of Vegetation Science*, 1996. 7: s. 789-798.
- VACEK, S., MATĚJKA, K. Health status of forest stands on PRP in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 2010. 56 (11): s. 555-569.
- VANČURA, K., RABEN, G., GORZELAK, A., MIKULOWSKI, M., ČABOUN, V., OLEKSYN, J. Impacts of air pollution on the forests of Central and Eastern Europe. *In: Innes JI, Oleksyn J, editors. Forest dynamics in heavily polluted regions. IUFRO Research Series vol 1. Wallingford, Great Britain: CABI Publishing, 2000: s. 121-146.*
- VEJPUSTKOVÁ, M., ZAHRADNÍK, D., ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V. Growth trends of spruce in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*, 2004. 50: s. 67-77.

YAMAGUCHI, D.K. A simple method for cross-dating increment cores from living trees.
Canadian Journal of Forest Research, 1991. 21: s. 414-416.

VLASTNOSTI NOVÉHO NADLOŽNÍHO HUMUSU POD SEDMI DRUHY DŘEVIN NA BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ

PROPERTIES OF NEW FOREST FLOOR BENEATH SEVEN TREE SPECIES ON FORMER AGRICULTURAL LAND

Dušan Kacálek, Jiří Novák, David Dušek, Marian Slodičák

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstract

New forest floor and 5 cm topsoil samples were collected to compare their properties beneath 10 year-old stands established on former agricultural land. The seven species investigated were: spruce, beech, sycamore maple, lime, birch and larch. Among all properties analyzed, higher content of calcium was found in new sycamore and lime forest floors compared to the other tree species. Higher calcium contents in the new (humus) floor were not related to the concentrations of plant-available calcium in 5 cm topsoil. Under the lime, also the amount of new forest floor was higher in comparison with other tree species.

Key words: forest floor, afforestation, nutrient cycling

Abstrakt

V desetiletém porostu na bývalé zemědělské půdě byly odebrány vzorky nového opadu a svrchních 5 cm minerální půdy za účelem hodnocení jejich vlastností pod sedmi druhy lesních dřevin. Sledovanými dřevinami byly: smrk, buk, dub, klen, lípa, bříza a modřín. Mezi všemi hodnocenými vlastnostmi byl největší rozdíl nalezen v obsahu vápníku v novém opadu kleny a lípy ve srovnání s ostatními dřevinami. Vzhledem k doloženým koncentracím rostlinám přístupného vápníku ve svrchní půdě, je zřejmé, že tento vápníkem bohatší opad není v přímém vztahu ke koncentraci této živiny v půdě. Také množství nového opadu bylo větší pod lípou.

Klíčová slova: nadložní humus, zalesňování, živinové cykly

Úvod a problematika

Opad rostlinných částí na půdní povrch má nesporný význam pro koloběh látek v lesních ekosystémech. Např. BINKLEY (1986) a PRESCOTT (2002) považují každoroční opad za hlavní zdroj živin využitelných rostlinami. Nicméně množství opadu se může lišit jednak podle druhů dřevin, ale také podle věku porostu. Kromě rozdílů v kvantitě a kvalitě nadložního humusu byly již dříve doloženy i rozdíly ve vlastnostech půdy pod různými dřevinami (KANTOR 1989; BINKLEY, VALENTINE 1991; VESTERDAL, RAULUND-RASMUSSEN 1998; RITTER et al. 2003; HAGEN-THORN et al. 2004; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2006; PODRÁZSKÝ et al. 2009).

Nicméně stále je zde potřeba odpovědět na otázku zda případné zvýšené koncentrace živin v opadu různých dřevin jsou výsledkem rozdílů nabídky živin v minerální půdě nebo se jedná o schopnost dřeviny vytvářet živinami bohatší opad. Pro tyto účely jsou vhodné lesní porosty první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Je tomu tak zejména z důvodu tvorby úplně nových vrstev nadložního humusu během stadia před vznikem plného zápoje porostu.

V naší studii jsme se zaměřili právě na takový porost v počáteční fázi tvorby opadu. Cílem bylo nalézt odpovědi na otázky: (1) Existuje rozdíl ve vlastnostech nově se formujícího opadu pod sedmi hodnocenými dřevinami? (2) Je zde zřejmá vazba na vlastnosti svrchní minerální půdy?

Materiál a metodika

Odběry rostlinných zbytků, přízemní vegetace a svrchních 5 cm minerální půdy byly provedeny trubkovou sondýrkou v roce 2013 v pětileté kultuře na bývalé

zemědělské půdě na lokalitě Samkův kopec, LS Lanškroun, LČR, s. p., přírodní lesní oblast 31 – Českomoravské mezíhoří. Nově zalesněná plocha se nachází 1,5 km za koncem obce Knapovec přibližně 400 m nalevo od silnice č. 315 z Ústí nad Orlicí do Lanškrouna. Plocha je situována na živném stanovišti v bukovém lesním vegetačním stupni (4S). Nadmořská výška činí 500 m. Matečnou horninou jsou křídové sedimenty z okruhu slínovců a opuk. Původním půdním typem byla pravděpodobně luvizem, která byla antropicky změněna zemědělskou kultivací. Z hlediska půdního druhu půda náleží mezi půdy písčitohlinité až hlinité. Pokud jde o mladý porost, jedná se o provozní výsadbu následujících dřevin: smrk ztepilý, modřín opadavý, lípa srdčitá a velkolistá, javor klen, buk lesní a dub zimní (Tabulka 1). Bříza bělokorá se vyskytuje jako přimíšená dřevina. Smíšené dřevin je skupinové a řadové.

Tabulka 1: Dřeviny na oplocené části lokality o výměře 6,24 ha

Table 1: Tree species in fenced plantation of 6.24 ha area

Dřevina	Plocha (ha)	Výsadbový počet 2008
smrk/spruce	1,10	4 800
modřín/larch	0,10	350
bříza/birch	----	----
lípy/lime	0,40	1 200
klen/sycamore	0,17	700
buk/beechn	3,42	27 300
dub/oak	1,05	8 000

Note: plocha – area; výsadbový počet – planting density. Zdroj – Source: Lesy ČR s. p.

Vzorky byly odebírány vždy pod korunami dřevin tak, aby zjištěné vlastnosti humusu a půdy mohly být dány do vztahu s opadem pouze jedné dřeviny. Oba druhy lip nebyly po účely naší studie oddělovány. Jeden vzorek sestával z 5 vpichů sondýrkou. Celkem bylo takto odebráno 7 vzorků pod smrkem, bukem a javorem klenem, 5 vzorků pod dubem a lípou a po 3 vzorcích pod břízou a modřínem.

Odebrané vzorky rostlinného materiálu a půdy byly analyzovány v laboratoři ing. Tomáše v Opočně. V rostlinném materiálu odebraném z povrchu půdy (směs pletiv mechorostů, pasečných bylin a opadaných asimilačních pletiv dřevin) byly zjišťovány následující parametry: procento N, P, K, Ca, Mg, S, procento oxidovatelného uhlíku, spalitelných látek a dusíku (Kjeldahl). Ve vrstvě svrchní minerální půdy byly zjišťovány: množství výměnného vodíku a hliníku (mval.kg^{-1}), hodnota pH, parametry sorpčního komplexu S, T (mval.100g^{-1}), V (%) a koncentrace (mg.kg^{-1}) rostlinám přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III.

Pro účely této práce bylo provedeno pouze úvodní vyhodnocení prvních výsledků porovnáním všech hodnot analyzovaných charakteristik. Množství rostlinného materiálu bylo vyhodnoceno pomocí hodnot aritmetického průměru, maxima a minima.

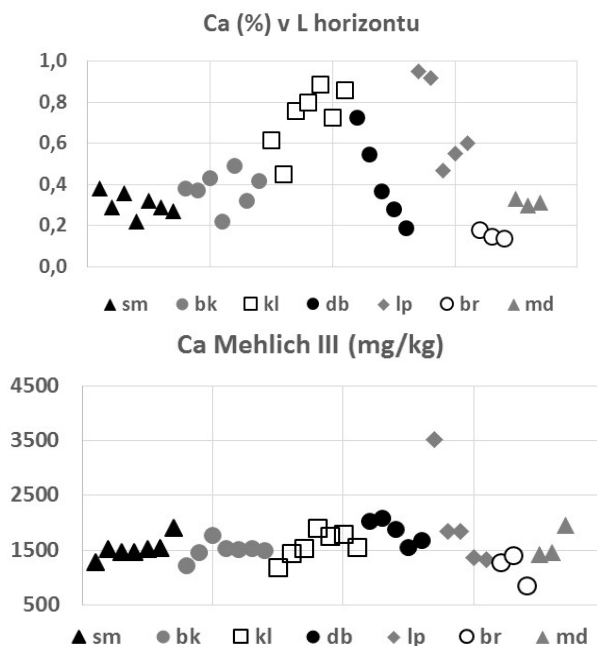
Výsledky a diskuze

Zřetelný rozdíl ve vlastnostech iniciálně vznikající vrstvy opadu na bývalém poli jsme konstatovali pouze v případě vyššího procenta vápníku pod lípou a klenem (obr. 1, horní graf). V průměru byla koncentrace vápníku v opadu lípy a kleny $1,8 \times$ až $3,5 \times$ vyšší ve srovnání s ostatními dřevinami. Přes tyto nalezené rozdíly jsme neshledali významnou vazbu vlastností nově se tvořícího opadu na vlastnosti svrchních 5 cm minerální půdy. Koncentrace rostlinám přístupného vápníku byly kromě jednoho vzorku pod lípou rozptýleny v rozmezí hodnot 866 – 2088 mg.kg^{-1} (obr. 1, spodní graf). Z hodnot vápníku v novém opadu je potvrzena meliorační

funkce lípy a kleny spočívající ve zřejmém obohacování půdy jednou ze základních bazických živin. Javor klen a lípy jsou v současnosti považovány za vhodné meliorační dřeviny v rámci cílových hospodářských souborů 45 – živná stanoviště středních a 55 – živná stanoviště vyšších poloh (Příloha č. 4 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.).

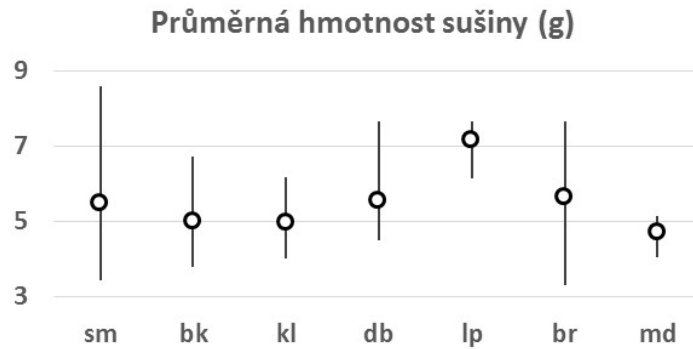
Z hlediska vlivu na lesní půdu hodnotili AUGUSTO et al. (2002) jako nejméně acidifikující dřeviny javor mléč a také lípu srdčitou. Pokud jde o vlastnosti svrchních 10 cm minerální půdy, jako významně méně acidifikující a vápníkem obohacující dřevinu hodnotili lípu pod 40 – 50letými porosty také HAGEN-THORN et al. (2004). Stejní autoři také našli významně nižší zásoby bazických kationtů u smrku a buku; dub a bříza měly vyšší nesignifikantní rozdíly proti smrku a buku a nižší nesignifikantní rozdíly proti lípě. Lípa měla signifikantně více bazických kationtů v půdě než smrk a buk. Nicméně srovnání desítky let starých porostů s našimi mlazinami není zcela relevantní, protože např. ze smrků teprve začínají opadávat nejstarší ročníky jehlic; v opadu pod nimi tedy převažovala pasečná vegetace (byliny a mechorosty).

Naopak listnaté dřeviny již měly v opadu značný podíl listů; největší hmotnost suchého rostlinného materiálu jsme našli pod lípou (obr. 2). Toto je, nicméně iniciální fáze opadu. VESTERDAL, RAULUND-RASMUSSEN (1998) doložili, že zásoby vápníku mohou pod 30letými porosty být nejvyšší a srovnatelné pod smrkem a bukem (ca 150 kg.ha⁻¹) a zhruba 3 × nižší pod dubem. Další sledování vývoje nového nadložního humusu v podmínkách bývalé zemědělské půdy bude tudíž pokračovat i na dalších experimentálních a poloprovozních plochách.



Obr. 1: Obsah vápníku v rostlinném materiálu pod jednotlivými dřevinami (horní graf). Je zřejmé, že javor klen (kl) a lípa (lp) vykazují vyšší obsah vápníku ve srovnání se smrskem (sm), bukem (bk), břízou (br) a modřínem (md). Dub (db) zde zaujímá indiferentní postavení vůči ostatním dřevinám. Spodní graf zobrazuje koncentrace příslušných rostlinám přístupných živin (Mehlich III). Je zřejmé, že vlastnosti minerální půdy se pod dřevinami tolik neliší.

Fig. 1: Calcium in new forest floor beneath the tree species (upper graph). It is obvious that sycamore maple (kl) and lime (lp) forest floors are higher in calcium compared to spruce (sm), beech (bk), birch (br) and larch (md). Oak (db) forest floor seems to be an intermediate among the others. The graph at the bottom shows plant-available calcium (Mehlich III). It is obvious that forest floor values do not reflect topsoil ones.



Obř. 2: Průměrná, maximální a minimální hmotnost sušiny (g). Meliorační funkce lípy odvoditelná z vyšších koncentrací vápníku v listech je navíc podpořena vyšším množstvím opadu lípy.

Fig. 2: Mean, maximum and minimum weight (g) of dry mass samples. Soil-improving function of lime (lp) is even greater due to higher amounts of dry forest floor.

Závěr

Na základě chemických analýz tvořícího se opadu jsme doložili meliorační schopnosti lípy srdčité a javoru klenu ve smyslu tvorby opadu obohaceného vápníkem. Vlastnosti svrchních 5 cm minerální půdy pod jednotlivými dřevinami dosud neukázaly výraznější trend odlišující dřeviny navzájem. Vzhledem k tomu, že studie je založena na nereplikovaném experimentu, naše závěry jsou platné pouze pro zájmovou lokalitu.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0115 (č. j. 5774/2015-MZE-17011) a v rámci projektu NAZV QJ1530298.

Naše poděkování patří také našim technikům Aleně Hvězdové a Tomáši Petrovi za asistenci při odběrech vzorků a ing. Pavlu Fricovi z LS Lanškroun, Lesy ČR s. p. za poskytnutí informací o zalesněné lokalitě.

Literatura

- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 2002. 59 (3): s. 233-253.
- BINKLEY D. *Forest Nutrition Management*. New York: John Wiley & Sons, 1986. 290 s.
- BINKLEY D., VALENTINE D. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest Ecology and Management*, 1991. 40: s. 13-25.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K., NIHLGÅRD B. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest and Ecology Management*, 2004. 195: s. 373-384.
- KANTOR P. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. *Lesnictví*, 1989. 35: s. 1047-1066.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. Effect of forest tree species on the humus form state at lower altitudes. *Journal of Forest Science*, 2006. 51 (2): s. 60-66.

- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., HART V., MOSER W. K. Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands - Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 2009. 55 (7): s. 299-305.
- PRESCOTT C. E. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, 2002. 22: s. 1193-1200.
- RITTER E., VESTERDAL L., GUNDERSEN P. Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. *Plant and Soil*, 2003. 249: s. 319-330.
- VESTERDAL L., RAULUND-RASMUSSEN K. Forest floor chemistry under seven tree species along a soil fertility gradient. *Canadian Journal of Forest Research*, 1998. 28: s. 1636-1647.
- Vyhláška č. 83/1996 Sb., Příloha č. 4: Rámcové vymezení cílových hospodářských souborů: s. 64-65.

ASH DIEBACK: A REVIEW AND SILVICULTURAL ASPECTS

CHŘADNUTÍ JASANU: PŘEHLED A PĚSTEBNÍ ASPEKTY

Slavica Papić¹, Jiří Rozsypálek¹, Roman Longauer^{1,2}

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno

² National Forest Centre – Forest Research Institute, T.G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

e-mail: xpapic@node.mendelu.cz, jiri.rozsypalek@mendelu.cz, roman.longauer@mendelu.cz

Abstract:

*The paper reviews information about the ash dieback including its history, geographic distribution and effects. Biology and symptoms of infection by the invasive fungus *Hymenoscyphus fraxineus*, the main pathogen involved in the ash dieback, are presented along with the results of recent research of interactions between the host species, the pathogen and the environment. Ways of mitigation of the effects of ash dieback are discussed subsequently. Strong genetic control of the infection-tolerance opens the possibility for selection of hyposensitive trees for the establishment of seed orchards, which will produce offspring with improved tolerance to *H. fraxineus*. Management strategies for the ash dieback are needed, however, in order to sustain the presence of the ash in forest stands, open landscape and urban areas. In forests, silvicultural measures could focus on the ontogenetic stages particularly threatened by the dieback, including saplings in young growths and cultures, as well as trees in the thinning-stage stands.*

Keywords: Ash dieback, *Hymenoscyphus fraxineus*, adaptive management

Abstrakt:

*Príspevok sa zaoberá chradnutím jaseňov, jeho históriou, geografickým rozšírením a dopadmi. Poskytuje informáciu o symptómoch infekcie a biológii inváznej huby *Hymenoscyphus fraxineus*, ktorá je pôvodcom chradnutia jaseňov, spolu s výsledkami výskumu interakcií medzi hostiteľskou drevinou, patogénom a jeho infekčnom tlaku v rôznych stanovištných podmienkach. Následne rozoberáme možnosti zmiernenia dôsledkov chradnutia jaseňov. Dôkaz silnej dedičnej kontroly náchylnosti jaseňa k infekcii uvedenou hubou otvára možnosť založiť z jedincov vyznačujúcich sa zvýšenou toleranciou k infekcii *H. fraxineus* semenné sady, ktorých potomstvo nebude zasiahnuté chradnutím tak, ako terajšia generácia jaseňov. Potrebné sú však aj manažmentové stratégie, ktoré by pomohli udržať jaseň v lesných porastoch, nelesnej krajine a sídelnej zeleni. V lesných porastoch by sa pestovné opatrenia mali zamerať na podporu chradnutím najviac ohrozených vývojových štádií jaseňa, ktorými sú mladé jedince v nárastoch, kultúrach a prebierkových porastoch.*

Keywords: chradnutie jaseňa, *Hymenoscyphus fraxineus*, pestovanie a manažment

Ash dieback

Since the mid 1990's, common ash (*Fraxinus excelsior*) has been severely stricken by a novel dieback disease, which was attributed to a synergic effect of various fungal pathogens at the beginning (PRZYBYL 2002; LYGIS et al. 2005; BAKYS et al. 2009). The dieback was first reported on common ash in northeastern Poland in the 1990's (PRZYBYL 2002; KOWALSKI 2006) and since then it has spread rapidly over the most of its natural range. Information about the geographic progress of the dieback following the EU project Forthreats is presented in Figure 1 (source TIMMERMANN et al. 2011). In the Czech Republic, it has been present since 2002 and in Slovakia since 2004. The experimental evidence that rather a single fungus species from genus *Chalara* is involved in *Fraxinus* decline was first provided by KOWALSKI (2006), followed by BAKYS et al. (2008) and KOWALSKI AND HOLDENRIEDER (2008).



Fig. 1: First reports of Ash Dieback (source: TIMMERMANN et al. 2011; BENGTSSON 2013), map of natural distribution of common ash Euforgen (www.euforgen.org)

Obr. 1: Šíření chřadnutí jasanu v Evropě (zdroj: TIMMERMANN et al. 2011; BENGTSSON 2013), podkladová mapa přirozeného rozšíření jasanu ztepilého Euforgen (www.euforgen.org)

Causing agent

Hymenoscyphus fraxineus was first recognized by Kowalski in 2006, whose asexual morph (teleomorph) he named – as a novel species – *Chalara fraxinea* based on the morphology of its conidiospores and mycelia. After a more detailed molecular (DNA) characterisation of its ITS region, the fungus was classified into the phylogenetic genus *Hymenoscyphus* due to its close relatedness to the type species of this genus. KOWALSKI AND HOLDENRIEDER (2009) found the sexual stage of *Ch. fraxinea* morphologically identical with the species *Hymenoscyphus albidus* which is native and widespread in Europe but known to be a saprophyte on ash leaves. Further study of QUELOZ et al. (2011) based on a detailed characterisation of DNA sequences gained from apothecia or cultures collected from various regions of Central Europe concluded that *H. albidus* is an aggregate of two clearly delimited species that are indistinguishable morphologically. The species which occurs in regions without ash dieback was considered to be the genuine *H. albidus*. The other one, whose asexual morph was already known as *Chalara fraxinea*, was denominated by QUELOZ et al. (2011) as *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Later, it was renamed to *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya, comb. nov. by BARAL et al. (2014). *Hymenoscyphus pseudoalbidus* is still accepted as its synonymic name.

A short history of rapid expansion and high intensity of the ash dieback epidemic in Europe shows clearly that *H. pseudoalbidus* is an invasive alien organism. The species was shown to have been introduced from Eastern Asia by ZHAO et al. (2012) and GROSS et al. (2014), where it had previously been reported as *Lambertella albida* by HOSOYA et al. (1993), who detected it on petioles of *Fraxinus mandshurica* in Japan. On the same host, this fungus was found also

in Korea, China and Russian Far East, and on *Fraxinus rhynchophylla* in Korea (GROSS et al. 2014).

Symptoms

Symptoms of infection by *H. fraxineus* can be visible on leaves, shoots and branches of infected trees. Disease symptoms range from necrotic leaf spots to bark cancers associated with xylem necrosis and wilting.

Ascospores are most likely to be the primary source initiating host infections. They are produced during summer in apothecia on leaf remnants from the previous year on the ground and dispersed by wind. During summer, the apothecia of *H. pseudoalbidus* occur almost exclusively on the previous year's ash petioles and leaflet veins in the leaf litter, but ascomata can occasionally also develop on dead shoots of seedlings in nurseries, as well as on dead, broken shoots and twigs on the ground (KOWALSKI et al. 2009; KIRISITS AND CECH 2009; KOWALSKI AND HOLDENRIEDER 2009; TIMMERMANN et al. 2011).

TIMMERMANN et al. (2011) detected a clear peak in spore discharges in mid-summer in the morning between 7:00 and 7:30 a.m., when their concentration corresponded to 4.7 million spores per m³ of air throughput, while only small numbers of ascospores were trapped before and after this time frame. It suggests that ascospore maturation takes place primarily during the night when air humidity is high. A discharge during the period with morning dew may protect the ascospores from desiccation and may stimulate their germination.

KIRISITS AND CECH (2009) and KIRISITS et al. (2009) suggested the leaf petioles as the primary infection path, enabling *H. pseudoalbidus* subsequently to grow into the phloem and xylem of shoots. Shoot lesions and stem lesions develop as the fungus grows through the woody tissue, killing it as it grows, into the heartwood of the tree. The fungus causes leaf loss and dieback in affected trees and it is usually fatal to most infected trees. Mortality levels are high for ash trees of all ages, including saplings in nurseries, trees in urban areas and forests (KOWALSKI 2006; BAKYS et al. 2009a; SCHUMACHER et al. 2010). Young ash trees are killed very quickly – in few years, while older trees tend to resist it for some time and disease usually takes a chronic character (SCHUMACHER et al. 2010).

Spread of the pathogen

Wind-moved ascospores are most likely responsible for the rapid recent spread of *H. fraxineus* in Europe, moving the front of infection in a mean rate of 20–30 km per year (FORESTRY COMMISSION 2010). It is likely, however, that trade with diseased nursery seedlings further accelerated the spread of the species (KIRISITS et al. 2010; TIMMERMANN et al. 2011) since the shoots of diseased ash seedlings occasionally carry apothecia (KOWALSKI AND HOLDENRIEDER 2009). Also infected ash petioles may be transferred together with bare-root and container-grown seedlings. The fungus is found also on seeds (CLEARY et al. 2012). Though the importance of long-distance moving of infected ash seedlings, seeds and leaf petioles as pathways to introduce the pathogen into new areas is difficult to assess, they must have played a significant role in accelerating the spread of the dieback creating new disease foci large distances away from natural infection sources (TIMMERMANN et al. 2011). Restrictions of the movement of plants and seeds are therefore necessary prevention measures for further spread of the infection.

Hymenoscyphus fraxineus exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence (HIETALA et al. 2013). Since its teleomorph has been

produced over an extended period over a year (for instance from June to October in Lower Austria, KIRISITS AND CECH 2009), it is unlikely that ascospore discharge by this fungus would be synchronized with any specific seasonal growth stage of the host (TIMMERMANN et al. 2011). Following the latter authors, it remains to be analysed whether there is a correlation between the numbers of spores being released and weather conditions such as temperature, precipitation and relative humidity.

According to KOWALSKI (2006), KIRISITS AND CECH (2009), SKOVSGAARD et al. (2010) and PLIURA et al. (2011), the intensity of ash dieback depends on the age of host trees, density of their population, location, microclimate, genetic factors as well as the presence of other parasitic and opportunistic organisms. Forest stands provide a very suitable environment for the pathogen in many aspects and the ash dieback could therefore have more serious effect there. Honey fungi (*Armillaria* spp.) and especially *A. cepistipes* are viewed as important secondary pathogens associated with the ash dieback in forests. On trees infected by *H. fraxineus*, the honey fungus usually colonizes cambium at the tree bases, which results in a gradual tree death (LYGIS et al. 2005; KIRISITS et al. 2009; KOWALSKI et al. 2010; BAKYS et al. 2011).

Genetic Aspects

A strong genetic basis of tolerance to the ash dieback caused by *H. fraxineus* was first reported by STENER (2007) from two replicate seed orchards in southern Sweden, in which the values of broad sense heritability ranged from 0.29–0.40 for the overall vitality and 0.28–0.52 for the damage of shoots. At the population level, PLIURA et al. (2011) found 2- to 4-fold difference in the survival rate, and 50% difference in the health condition among populations from different parts of the natural range. The survival rate and health condition of local Lithuanian provenances were on average 20% better in comparison with foreign provenances from Central and Western Europe. When only populations from a geographically limited area of Denmark were compared (KJAER et al. 2012), the majority of differences between them were insignificant, however.

Almost consistent broad-sense heritability estimates for the health condition of clones replicated at 2 sites – 0.25–0.54 and 0.28–0.52, respectively - were revealed by STENER (2007, 2013) in Sweden and MCKINNEY et al. (2011) in Denmark. Narrow-sense heritability estimates for the health condition at the age of 8 years were 0.40 and 0.49 (PLIURA et al. 2011) in the experiment with open-pollinated families from a broad geographic range from Ireland to Lithuania. KJAER et al. (2012) reported corresponding values ranging from 0.37 to 0.52 for the crown damage scores from the experiment with 101 open pollinated progenies from 14 Danish source populations.

Finally, LOBO et al. (2015), after microsatellite DNA-based verification of paternity revealed that the correlation coefficient between average crown damages of mother clones and the average of their progeny was 0.85, while the correlation between crown damage of mother clones and the average necrosis development in their progeny after controlled inoculation was 0.73. This study proved the presence of heritable resistance and indicates that both crown damage estimates and bioassay based on controlled inoculations have the potential of becoming fast and cost-effective tool for the estimation of dieback susceptibility in breeding programmes for improved tolerance to the ash dieback.



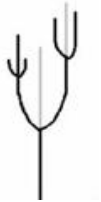



The aforementioned indicates that bulk of genetic variation for susceptibility to the infection by *H. fraxineus* lies thus within populations and is manifested by substantial differences in the susceptibility among the families and clones. A high narrow-sense heritability and low level of genotype-by-environment interactions suggests also that there is a potential for recovery in the natural ash populations. The infection-tolerance appears to be of quantitative and not of qualitative nature where action of few resistance genes in the host may trigger undesirable co-evolution of the pathogen (KJAER et al. 2012).

High though gradual mortality accompanied by reduced population density of ash is expected, however, due to the ash dieback. PLIURA et al. (2011) detected only 2.8% infection-tolerant individuals in their international experiment, and MCKINNEY et al. (2011) reported similar proportion of 2 to 5 % in the Danish progeny trials. According to KJAER et al. (2012), only 1% of native trees have the potential of producing offspring with expected crown damage less than 10% under the present disease pressure in Denmark. On the other hand, large effective population sizes are necessary in order to avoid genetic bottlenecks. Fortunately, ash trees can avoid reproductive isolation thanks to the wind-mediated pollen flow even in fragmented populations (BACLES AND ENNOS 2008). The overall effect of ash dieback on population structure will thus probably vary substantially between landscapes depending on future species density and type of a landscape (KJAER et al. 2012).

Protocols for assessing susceptibility and perspective of individual ash trees

Standardized reproducible classification of the susceptibility and tolerance of individual trees to the ash dieback proved to be indispensable for practical management. These include prognosis of the progression of the ash dieback, as well as estimated life expectancies of individual trees in the urban areas, open landscapes and forest stands.

For the stage of saplings, classification of their susceptibility to *Hymenoscyphus fraxineus* following BAKYS et al. (2009), KOWALSKI AND HOLDERIEDER (2009), PLIURA et al. (2011), and is based on the shape and condition of trees with emphasis on the stem and branching pattern:

	1) Externally healthy tree: no visible symptoms or damage attributable to <i>H. fraxineus</i>		2) Slightly damaged tree: sporadic disease symptoms on separate shoots or leaves. Brown wilted or dry leaves or/and single necrotic lesions on shoots or stem
	3) Moderately damaged tree: dieback of two-to-three shoots which are dry or brown wilted to dry leaves. Some necrotic lesions on shoots or stem, resprouting from below of the damaged shoots.		4) Severely damaged: the main stem or most of the shoots are dead, the tree is resprouting from the area of root collar, numerous necrotic lesions present on stem and resprouted shoots.
	5) Dead tree several years after outplanting (transplanting) showing symptoms of severe infection: the main stem and all emerged sprouts (resprouts) are dry.		6) Mortality due to unknown factors: tree has died soon after outplanting. No signs of former resprouting or necroses attributable to <i>Hymenscyphus fraxineus</i> .

The protocols for visual scoring of the susceptibility developed by STENER (2007, 2013) in Sweden as well as MCKINNEY et al. (2011) are based on partial scoring of defoliation, crown shape, signs of fungal infection, as well as phenology. Here, we present the scoring scale for thinning-stage trees developed by ROZSYPALEK (2015). Its reproducibility was verified in the forest stands and during evaluation of the multi-site provenance experiment with ash established by the Forest Research and Game Management Institute in 1998:

1. Tree without any damage, with natural crown architecture, no necroses nor dry branches except of natural pruning of shaded branches.
2. Tree with nearly full vitality with initial signs of dieback because of 10% of dry peripheral branches (5th order) of the crown. Drying of branches concentrates in lower parts of crowns in closed stands.
3. Moderately deteriorated crown condition: 25% of peripheral (5th-order) branches, 10% of the 4th-order branches are dead. Compensating adventitious shoots (5% of all branches) visible in the crown, which emerge mostly from the branches of 4th order. No fresh but older necroses are visible on peripheral branches.
4. Deteriorated vitality and distorted primary crown: 50% of peripheral branches, 25% of the 4th-order and 10% of the 3rd-order branches have died. Dieback and deformations visible in the outer crown. Usually absent leader (terminal) because of up to 25% of adventitious shoots emerging from the branches of 4th and 3rd order already. Dead branches concentrate in the lower and middle part of crowns. Fresh necroses visible on living and dry peripheral branches of the 5th and 4th order.
5. Considerably reduced vitality and only secondary crown: Majority of peripheral branches, over 50% of the 4th-order and 25% of the 3rd-order branches died. Retreat and deformations of the crown periphery, absent leader and no height increment anymore. Secondary crown being formed from adventitious shoots, of which 50% emerge from branches of the 4th- and 3rd- order. Crown dieback

progresses towards the top. Numerous fresh necroses observable on the branches of 4th- and 3rd-order. Necroses spread down to the bases of branches of the 4th-order.

6. Considerably reduced vitality, destroyed tree architecture: almost all 5th order branches, over 50% of the 4th-order, 25% of the 2nd-order and 10% of the 1st-order branches have died. Secondary crown consists of adventitious buds which mostly emerge from basic branches of the 2nd- and 1st-order. Numerous necroses, fresh and old, spread down to the bases of the branches of 2nd-order.

7. Trees in the crowns of which only irregular clusters of adventitious offshoots emerging from basic branches of the 2nd and 1st order and stem suckers. Live branches of the 4th- and 5th-order almost absent. New necroses present on the bases of the 1st order branches.

8. Tree with residual vitality, primary as well as secondary crown died. Only stem suckers surviving. New necroses visible on stem suckers and stems too.

9. Dead trees exhausted by infection of *Hymenoclyphus fraxineus* Residual vitality can be detected such as few suckers and live cambium of stems.

10. Dead tree probably due to a root rot, no visible signs of fungal infection.

In adult trees, the dieback-tolerant individuals which setting aside and conservation is desirable since they will survive the dieback and can reproduce are:

1) Trees without any harm regarding defoliation and crown architecture, no necroses nor dry branches in the crown except of natural pruning of shadowed branches. No old or fresh necroses visible.

2) Tree with almost natural vitality but signs of dieback can be observed including 10% of dry peripheral branches (5th order) of the crown coat. These concentrate in lower parts of crowns in closed stands.

Since the proportion of dieback-tolerant ashes is implicitly quite small in natural populations, we recommend to consider also the following class as valuable in the medium-term:

3) Moderately changed crown shape, 25% of peripheral (5th order) branches are dead especially in the lower part of a crown. Thicker branches of the 4th order dead only in the lower part of a crown. About 5% of adventitious shoots emerging from the branches of 4th order.

Management aspects

With reference to the available information about ash dieback and its causing agent, the following conclusions can be drawn:

1) Ash dieback caused by *H. fraxineus* is a complex process, the impact of which depends on tree age, location, climate and weather conditions, and co-presence of other secondary pathogens and parasites like honey fungus (*Armillaria* sp.) and ash bark beetle (*Hylesinus fraxini*). Young trees are particularly vulnerable to *C. fraxinea* and succumb to disease rapidly because of the microclimate and high concentration of ascospores above the ground. In forests, susceptible seedlings and saplings survive only 2–5 years and the pole-stage trees usually survive 5–10 years from full outbreak of infection. Mature ash trees, though most of them show symptoms of severe infection, survive more than 10 years from the dieback outbreak. Dead mature trees concentrate on humid or otherwise exposed sites including brook and riverine vegetation, closed valleys, poor-soil sites and roadside vegetation.

2) Susceptibility and tolerance of ash to the infection by *H. fraxineus* is under strong heritable control as indicated by close correlations between the crown damage of parent trees and their progeny after natural infection as well infection development

following artificial inoculation. Relatively simple field assessment protocols make reliable identification of dieback-tolerant parent trees for the next generation of ash possible. Verified by the trials with clones and progenies, ocular assessments of defoliation, crown dieback and intensity of infection (necroses) appear to be sufficient and adequate also for prediction of life expectancies and silvicultural value of individual trees.

3) The infection by *H. fraxineus* threatens ash especially in young forest growths, cultures and stands. Although the dieback is present on ash of all ages, these are under the highest infection pressure due to higher air humidity and concentration of spores in the above-ground layer, where apothecia (fruiting structures) develop on the previous year's leave petioles in the forest litter.

4) Proportion of trees which withstand infection and can reproduce is mere 1–5 % in natural populations. Identification, marking and conserving of infection-tolerant trees for the future is thus critically important measure sustaining the presence of ash in forest stands. Tolerant trees could be left aside in salvation felling and forest reconstruction. Otherwise the ash populations will be reduced to such an extent that natural ash recovery will hardly be possible.

5) The strong hereditary basis of ash dieback tolerance makes selection of tolerant trees and production of progenies with improved tolerance in advanced seed orchards a viable option (MCKINNEY et al. 2014). Sufficient number of clones and large effective population sizes of these orchards are essential for maintaining sufficiently big effective population sizes avoiding undesirable effects of genetic drift and inbreeding.

Acknowledgement

This study was financially supported from the Internal Granting Agency of the Faculty of Forestry and Wood Technology of Mendel University VP 201519 Analysis of the role of genetic factors in the ash dieback associated with *Hymenoscyphus fraxini* (anamorph *Chalara fraxinea* T. Kowalski), and from the Operational Programme Research and Development co-funded by the EFRD via the project Demonstration object on the transformation of declining spruce forests into ecologically more stable multifunctional ecosystems, ITMS 26220220026.

References

- BACLES, C.F.E., ENNOS, R.A. Paternity analysis of pollen-mediated gene flow for *Fraxinus excelsior* L. in a chronically fragmented landscape. *Heredity* 2008. 101: s. 368-380.
- BAKYS, R., VASAITIS, R., BARKLUND, P., IHRMARK, K., STENLID, J. Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathol.* 2008. 58: s. 284-292.
- BAKYS, R., VASAITIS R., BARKLUND, P., THOMSEN, I.N., STENLID, J. Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *European Journal of Forest Research* 2009, 128: s. 51-60.
- BAKYS, R., VASILIAUSKAS, A., IHRMARK, K., STENLID, J., MENKIS, A., VASAITIS, R. Root rot, associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2011. 26: s. 128-135.

- BARAL, H., QUELOZ, V., HOSOYA, T. *Hymenoscyphus fraxineus* the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europa. IMA Fungus 2014. 5(1): s. 79-80.
- BENGTSSON, S.B.K. Dieback of *Fraxinus excelsior*. Biology of Ash Dieback and Genetic Variation of the Fungus *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Doctoral Thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2013. 18, 51 pp.
- BENGTSSON, S.B.K., BARKLUND, P., VON BROMSSEN, C., STENLID, J. Seasonal pattern of lesion development in diseased *Fraxinus excelsior* infected by *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. PLoS ONE 2014. 9(4): e76429. doi:10.1371/journal.pone.0076429.
- CLEARY, M., ARHIPOVA, N., GAITNIEKS, T., STENLID, J., VASAITIS, R. Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. Forest Pathology 2012. 43(1): s. 83-85
- Department of Environment, Food and Rural Affairs (UK): Chalara Management Plan. DEFRA, 2013, 34pp.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221051/pb13936-chalara-management-plan-201303.pdf
- GROSS, A., HOLDENRIEDER, O., PAUTASSO, M., QUELOZ, V., SIEBER, T.N. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. Molecular Plant Pathology 2014. 15(1): s. 5-21.
- FORESTRY COMMISSION (UK): *Chalara* dieback of ash (*Hymenoscyphus fraxineus*). <http://www.forestry.gov.uk/chalara>
- HIETALA, A., TIMMERMANN, V., BORJA, I., SOLHEIM, H. The invasive ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence. Fungal Ecology 2013. 6: s. 302-308.
- JANKOVSKÝ, L., HOLDENRIEDER, O. *Chalara fraxinea* – Ash Dieback in the Czech Republic. Plant Protection Science 2009. 45(2): s. 74-78.
- JANKOVSKÝ, L., ŠTASTNÝ, P., PALOVČÍKOVÁ, D. Nekróza jasanu *Chalara fraxinea* v ČR. Lesnická práce 2009. 88(1): s. 16-17.
- KIRISITS, T., CECH, T.L. Beobachtungen zum sexuellen Stadium des Eschentriebsterben-Erregers *Chalara fraxinea* in Österreich. Forstschutz Aktuell 2009. 48: s. 21-25.
- KIRISITS, T., MATLAKOVA, M., MOTTINGER-KROUPA, S., CECH, T.L., HALMSCHLAGER, E. The current situation of ash dieback caused by *Chalara fraxinea* in Austria. SDU Faculty of Forestry Journal, ISSN: 1302-7085, Serial: A, Special Issue 2009, s. 97-119.
- KJÆR, E.D., MCKINNEY L.V., NIELSEN, L.R., HANSEN, L.N., HANSEN, J.K. Adaptive potential of ash (*Fraxinus excelsior*) populations against the novel emerging pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Evolutionary Applications 2012. 5(3): s. 219-228.
- KOWALSKI, T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. Forest Pathology 2006. 36: s. 264-270.
- KOWALSKI, T., HOLDENRIEDER, O. Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. Forest Pathology 2009a. 39: s. 1-7.
- KOWALSKI, T., HOLDENRIEDER, O. The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. Forest Pathology 2009b. 39: s. 304-308
- LOBO, M., MCKINNEY, L.V., HANSEN, J.K., KJÆR, E.D., NIELSEN, L.R. Genetic variation in dieback resistance in *Fraxinus excelsior* confirmed by progeny inoculation assay. Forest Pathology 2015. doi: 10.1111/efp.12179

- LYGIS, V., VASILIAUSKAS, R., LARSON, K.-H., STENLID, J. Wood-inhabiting fungi in stems of *Fraxinus excelsior* in declining ash stands of northern Lithuania, with particular reference to *Armillaria cepistipes*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2005. 20: s. 337-346.
- MCKINNEY, L.V., NIELSEN L.R., HANSEN J.K., KJÆR E.D. Presence of natural genetic resistance in *Fraxinus excelsior* (*Oleaceae*) to *Chalara fraxinea* (*Ascomycota*): an emerging infectious disease. *Heredity* 2011. 106: s. 788-797.
- MCKINNEY, L.V, NIELSEN, L.R., COLLINGE, D.B., THOMSEN, I.M., HANSEN, J.K., KJAER, E.D. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long term solution. *Plant Pathology*, 2014. 63: s. 485–499.
- PLIURA, A., LYGIS, V., SUCHOCKAS, V., BARTKEVIČIUS, E. Performance of twenty four European *Fraxinus excelsior* populations in three Lithuanian progeny trials with a special emphasis on resistance to *Chalara fraxinea*. *Baltic Forestry* 2011. 17: s. 17-34.
- PRZYBYL, K. Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *Forest Pathology* 2002. 32: s. 387–394
- QUELOZ V., GRÜNIG C.R., BERNDT R., KOWALSKI T., SIEBER T.N., HOLDENRIEDER O. Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology* 2011. 41: s. 133-142.
- SCHUMACHER, J., KEHR. R., LEONHARD, S. Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 2010. 40: s. 419-429.
- SKOVSGAARD, J.P., THOMSEN, I.M., SKOVGAARD, I.M., MARTINUSSEN, T. Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Pathology*, 2010. 40: s. 7-18.
- STENER, L.G. Studie av klonskillnader i kanslighet for askskottsjuka [A Study on clonal variation in susceptibility to Ash dieback]. Arbetsrapport 648, Skogforsk, 2007. 14 pp. (retrieved from <http://www.skogforsk.se>)
- STENER, L.G. Clonal differences in susceptibility to the dieback of *Fraxinus excelsior* in southern Sweden. *Scand. J. Forest Res.* 2013. 28(3): s. 205-216.
- TIMMERMANN, V., BØRJA, I., HIETALA, A.M., KIRISITS, T., SOLHEIM, H. Ash dieback: Pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 2011. 40: s. 14-20.
- ZHAO, Y.J., HOSOYA, T., BARAL, H.O., HOSAKA, K., KAKISHIMA, M. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. *Mycotaxon* 2012. 122: s. 25-41.

PŘÍSPĚVEK K URČENÍ OPTIMÁLNÍHO PODÍLU DOUGLASKY V LESNÍCH POROSTECH

CONTRIBUTION FOR DETERMINATION OF THE OPTIMAL SHARE OF DOUGLAS-FIR IN THE FOREST STANDS

Vilém Podrázský, Martin Noha, Jiří Kubeček

Katedra pěstování lesů FLD ČZU v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol

Abstract

The production function of the Douglas-fir was analyzed in the series of 10 circular research plots in several stands with differentiated admixture of this species and under comparable site and age conditions. Individual research plots had the area 1000 m² and the basic dendrometrical characteristics of individual trees were determined there. The individual tree proportion of 30 – 40% is to be recommended in the forest stands as the main methodical treatment for production potential maximization as well as for the minimization of potential negative impacts of the Douglas-fir on the humus forms and plant communities. The dominant or co-dominant position of this species is necessary for assurance of mentioned benefits of the Douglas-fir cultivation. Respecting these conditions, the maximization of the benefits of this species is to be expected.

Key words: Douglas-fir, silviculture, mixed stands, admixture, production

Abstrakt

Produkční funkce douglasky byla analyzována v síti kruhových ploch, v počtu deset v jednom porostu s proměnlivým zastoupením této dřeviny ve srovnatelných stanovištních a věkových podmínkách. Plochy měly plochu 1000 m² a byly na nich proměřeny základní dendrometrické parametry jednotlivých stromů. Jako základní metodické opatření pro maximalizaci produkčního potenciálu douglasky a minimalizaci negativních vlivů lze uvést požadavek 30 – 40 % rovnoměrně rozmištného podílu této dřeviny v porostech. Zároveň je nezbytné dominantní nebo alespoň kodominantní postavení douglasky. Za těchto podmínek je možno maximálně využít jak produkční potenciál této dřeviny, tak i zajistit minimální negativní změny lesního prostředí.

Klíčová slova: Douglaska tisolistá, pěstování, smíšené porosty, příměs, produkce

Úvod a problematika

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) je dlouhodobě považovaná za nejvýznamnější introdukovanou dřevinu mírného pásma, což opakovaně potvrzují jak rešeršní, tak původní vědecké práce. V Evropě byla poprvé vysazena ve Velké Británii v roce 1826 a nedlouho potom v r. 1831 i v Německu (HOFMAN 1964). Od poloviny 19. století byla poměrně často vysazována i v českých zemích a zároveň nachází významné uplatnění při výsadbách v řadě států Evropy (LARSON 2010). V současnosti patří k nejvýznamnějším introdukovaným dřevinám, např. v Německu je pěstována na 300 tis. ha, což představuje zhruba 3,3 % lesní půdy, a ve Francii zaujímá její plocha 319 tisíc ha. Její podíl se má dále výrazně zvyšovat (např. v SRN až na 5 %, v Saské části dokonce až 10 %) mj. i proto, že douglaskové dřevo je na německém trhu ceněno až o 30 % výše než dřevo smrku a jedle (BURGBACHER, GREVE 1996). V České republice je situace zcela jiná. V současnosti je zde evidováno pouze cca 5600 ha douglasky, necelá 0,22 % lesů ČR (KOUBA, ZAHRADNÍK 2011; PODRÁZSKÝ et al. 2013b), i když se v posledních desetiletích její zastoupení poněkud zvýšilo a zejména soukromí vlastníci a obecní lesy o ni jeví mimořádný zájem. VAŠÍČEK (2014) v r. 2013 uvádí již 5800 ha a nárůst o cca 100 ha ročně. Význam douglasky jako hospodářské dřeviny je však nepochybný nejen v místě jejího původního rozšíření (HERMANN, LAVENDER 1999), ale také ve vzdálených oblastech, např. v Argentině a na Novém Zélandu (LEGARD, BELTON 1985). Je považována za nejvýznamnější hospodářskou dřevinu temperátní

zóny, ne-li ve světovém měřítku vůbec. I z tohoto důvodu byla určena v ČR jako dřevina roku 2014 a je jí věnována značná pozornost i v rámci domácího výzkumu.

V minulých letech bylo provedeno shrnutí disponibilních údajů o pěstování douglasky v České republice i v širším evropském prostoru (PODRÁZSKÝ et al. 2013a, 2013b; KUBEČEK et al. 2014), stejně tak byla vyhodnocena objemová i hodnotová produkce douglasky v definovaných lokálních podmínkách (PODRÁZSKÝ et al. 2013c). Zároveň byla kladně vyhodnocena půdotvorná role douglasky (PODRÁZSKÝ et al. 2001a, 2001b; AUGUSTO et al. 2003; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; MENŠÍK et al. 2009; PODRÁZSKÝ et al. 2009; KUPKA et al. 2013) a její příznivý vliv na přizemní vegetaci ve srovnání s domácími jehličnany, především se smrkem ztepilým (PODRÁZSKÝ et al. 2011). V minulosti byla této dřevině rovněž věnována určitá pozornost, a to i z hlediska šlechtění a výběru vhodných populací (např. HOFMAN 1964; ŠIKA 1988; ŠIKA, PÁV 1990; FRÝDL, ŠINDELÁŘ 2004). Jako významná se hodnotí její schopnost lépe využívat deficitní zdroje vody a podstatně vyšší stabilita jejích porostů ve srovnání s jinými dřevinami (např. EILMANN, RIGLING 2010; PUETTSMANN 2010). V sušších, teplejších a níže položených lokalitách by měla představovat více než vhodnou náhradu za smrk ztepilý (PODRÁZSKÝ et al. 2013a), i když jen v úzkém rozmezí cca 1 – 3 % celkové lesní plochy.

Na druhé straně je i v otázce produkce této dřeviny řada nejasností, spojených především s metodickými problémy jejího hodnocení. Na jedné straně dokládají PETRÁŠ, MECKO (2008) při pěstování čistých porostů o stejné bonitě, na základě hodnocení modelů růstových tabulek, nižší objemovou a hodnotovou produkci o 26 – 35 % ve srovnání s jedlím a smrkem, a dokonce o 22 % ve srovnání s bukem. Důvodem je podstatně nižší hustota čistých douglaskových porostů při stejných bonitních ukazatelích a dendrometrických charakteristikách ($d_{1,3}$, výška), třebaže douglaska dosahuje na srovnatelných stanovištích zpravidla vyšších bonit.

Naopak vyhodnocením růstu jednotlivých stromů byly dosaženy diametrálně odlišné výsledky. Studie provedené na brněnské fakultě potvrdily naopak výrazné zvýšení produkce porostů při zavedení douglasky do porostních směsí. KANTOR et al. (2001a, 2001b) například doložili v porostech středního věku (68 let, ve směsi s dalšími 6 dřevinami (BO, MD, DB, BK, HB, LP) dominantní produkční pozici douglasky. V daném věku činil objem jednotlivých stromů až $2,9 \text{ m}^3$, ve věku 100 let lze očekávat objem jednoho stromu až 6 m^3 . Doporučují příměs douglasky ve výši 10 – 30 %. Při podrobnější růstové analýze 29 dospělých smíšených porostů ve věku 85 až 136 let na živných stanovištích ŠLP Křtiny studoval KANTOR (2008) parametry 10 nejvzrůstnějších smrkových a douglaskových jedinců v jednotlivých porostech s jednoznačnou převahou douglasky. Ta dosahovala dvou až trojnásobného objemu jednotlivých stromů. Například v jednom případě dosahoval střední objem 10 nejvyspělejších jedinců v porostu hodnoty $9,12 \text{ m}^3$ u douglasky, $3,17 \text{ m}^3$ u smrku a $3,70 \text{ m}^3$ u modřínu. Letokruhové analýzy umožnily odvodit roční objemový přírůstek jednoho kmene ve výši 0,12 až $0,16 \text{ m}^3$, což může dosáhnout až hodnoty $1,5 \text{ m}^3$ u jedince během 10 let.

Na stejném pracovišti byla studována produkční role douglasky na kyselých stanovištích ŠP Hůrky písecké lesnické školy, za využití stejné metodiky (KANTOR, MAREŠ 2009). Celkově bylo analyzováno 17 smíšených porostů s výrazným zastoupením douglasky ve věku 88 až 121 let. Při srovnání 10 nejvyspělejších stromů v porostu u douglasky, smrku, borovice lesní a modřínu byl prokázán jednoznačně nejvyšší produkční potenciál u douglasky, a to ve zhruba stejném poměru jako v předešlém případě. Například v jednom ze sledovaných porostů byl střední objem 10 nejvzrůstnějších stromů $6,30 \text{ m}^3$, naproti tomu u smrku $1,93 \text{ m}^3$,

a $2,25 \text{ m}^3$ u MD. Objemový přírůst na základě letokruhových analýz byl pro jednotlivé stromy určen ve výši $0,06$ až $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$.

Částečné řešení tohoto zdánlivého rozporu nabízí srovnání produkce čistých porostů různých dřevin rostoucích ve srovnatelných podmínkách. Jeden z publikovaných případů reprezentuje změnu od porostu stanovištně původních dřevin (DB, HB, LP) ve věku 69 let k monokulturám smrku (61 let) a douglasky (45 let) na stanovišti charakterizovaném SLT 3K (420 m n. m., $8,5^\circ\text{C}$, 550 – 650 mm, luvizemě). Zásoba v tomto případě činila $266 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pro listnáče, $507 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ pro smrk a pro nejmladší douglasku $579 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Průměrný roční přírůst byl určen ve výši $4,43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro listnáče, $8,45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro smrk a $12,87 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ pro poslední dřevinu (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2009a).

Zatím poslední zveřejněná studie dokumentuje produkční (a půdotvornou) funkci porostů různých dřevin na zalesněné zemědělské půdě. Byla srovnávána zásoba porostů smrku, borovice lesní, břízy bělokoré a douglasky ve věku 39 let na stanovišti charakterizovaném nadmořskou výškou 430 m n. m., $7,5^\circ\text{C}$ průměrné roční teploty a 600 mm ročních srážek, půdní typ byl charakterizován jako oglejená luvizem až pseudoglej. Za těchto podmínek dosáhly hodnoty středních kmenů u borovice 20,6 m výšky a 19,5 cm výčetní tloušťky, analogicky u smrku 20,1 m a 19,5 cm, u břízy 24 m a 21,4 cm a u douglasky 21,6 m a 23,8 cm, což při počtu kmenů 1408, 1157, 440 a 928 ks/ha činilo 352,1, 349,4, 157,1 a u douglasky $438,6 \text{ m}^3/\text{ha}$, ta tak představovala jednoznačně nejproduktivnější dřevinu v daných poměrech (PODRÁZSKÝ et al. 2009a, 2009b, 2010).

Nejčastějším a nejvíce doporučovaným způsobem je ale pěstování douglasky ve směsích. I v tomto případě byl značný produkční potenciál této dřeviny doložen i na ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Douglaska je zde vysazována od 80. let 19. století, dnes zde roste na ploše zhruba 10,5 ha. Nejstarší studovaný porost je charakterizován nadmořskou výškou 410 m n. m., průměrnými ročními srážkami 650 mm a průměrnou roční teplotou 8°C . Zásoba byla stanovena ve věku 97 let. Podle zastoupení smrku a douglasky kolísala zásoba porostu na trvalých výzkumných plochách mezi 830 až $1030 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, přičemž douglaska představovala 14 – 30 % počtu zastoupení jedinců, 32,4 – 42,4 % výčetní kruhové základny a 36,6 až 58,3 % zásoby. Po chemické přípravě dosahoval počet jedinců zmlazení 16 – 31 tis. jedinců na 1 ha, v dosud zapojeném porostu však zmlazení rychle mizí (REMEŠ et al. 2006, 2010). Tato pilotní studie prokázala vhodnost směsi smrku s douglaskou.

Nabízí se proto: jaká je produkce smíšených porostů s douglaskou, jak je růstový prostor využíván její směsí, zda existuje a lze definovat optimální poměr a způsob smíšení douglasky a jaká mohou být pěstební opatření vedoucí k dosažení tohoto stavu. Podobně, jak minimalizovat dopad pěstování této dřeviny na stav půd a na přízemní vegetaci, především z hlediska srovnání se stanovištně původními dřevinami.

Hlavním cílem předkládaného příspěvku je optimalizace porostních směsí s účastí/dominancí douglasky tisolisté, a to především ve směsi se smrkem ztepilým jako nejčastější případ. K jeho naplnění je třeba dosažení několika cílů dílčích:

- definovat optimální podíl douglasky z hlediska maximální/optimální produkce,
- definovat optimální porostní postavení douglasky k naplnění tohoto cíle,
- definovat podmínky minimalizace vlivu na stav půd a přízemní vegetace v případě směsi se stanovištně původními dřevinami a naopak jak zlepšit tento stav při srovnání se stanovištně nepůvodním smrkem.

Je nutno předpokládat, že většinou půjde o ověření používaných postupů, nicméně již podpořených kvantifikací produkčních i environmentálních benefitů a rizik pěstování dané dřeviny.

Materiál a metodika

Šetření se uskutečnilo na souboru kruhových zkusných ploch, založených ve starších smíšených porostech s význačným a přitom diferencovaným zastoupením douglasky. Požadavky na dočasné výzkumné plochy pro řešení dané problematiky:

- věk porostů pokročilejší, 60 a více let,
- zastoupení douglasky je výrazné, diferencované, zhruba mezi 10 – 100 % jedinců, reálně dosaženo maximálně 50 %,
- vyrovnané stanoviště, minimálně na úrovni SLT.

Na jednotlivých plochách na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy, ŠP Hůrky Písek a ML Písek byly vybrány vhodné porosty a v každém z nich byla založena série kruhových ploch. U každé z nich byl určen střed a kruhové plochy byly vytyčeny dočasně podle zásad, uvedených podle ŠTIPLA (1997). Jako velikost zkusné plochy bylo určeno 1000 m², poloměr 17,85 m.

Na plochách byly zaměřeny polohově všechny stromy, resp. jedinci nad 7 cm tloušťky, určen jejich druh, změřeny jejich parametry – celková výška, výška nasazení koruny, výčetní tloušťka, bylo posouzeno jejich postavení v porostu. Využity byly standardní pomůcky: výškoměr, průměrka, pásmo, kompas. Počet ploch by měl dosahovat alespoň počtu 10 na jednotlivých lokalitách, ve vhodných porostech. Celkově tak byly proměřeny celkem 4 série ploch.

Údaje z jednotlivých ploch byly vyhodnoceny a byla hledána souvislost mezi zastoupením douglasky na jednotlivých plochách a dendrometrickými charakteristikami jednotlivých stromů, zásobou porostu a byl tak posouzen význam douglasky pro produkci porostů v daných stanovištních podmínkách, analogicky k práci PODRÁZSKÉHO et al. (2002).

Douglaska jako podíl na směsi byla vyhodnocena z hlediska:

- kvantitu produkce (zásoby),
- postavení v porostní směsi a jejího potenciálního významu pro produkci porostu,
- byly vzaty v úvahu výsledky šetření vlivu douglasky na stav půd a lesních fytoocenóz (KUPKA et al. 2013; ULBRICHOVÁ et al. 2014; VIEWEGH et al. 2014b).

Vhodných porostů, přes význačné zastoupení douglasky v nich, nebylo nalezeno velké množství. Vcelku se šetření zaměřilo na celkem 4 série kruhových ploch, založených ve 4 porostech. Výsledky však byly na jedné straně značně heterogenní, přes srovnatelná stanoviště se lišily především věkem (byť v rozmezí několika desetiletí) a historií hospodaření. Na druhé straně výsledky z nich získané byly velmi podobné a je možná ilustrativní prezentace jedné série, v nejstarším porostu (ULBRICHOVÁ et al. 2014): porost 443D10 (o celkové ploše 3,3 ha), kde v různých částech porostu mají tyto dřeviny různé zastoupení, pro douglasku v průměru na celou plochu v rozmezí 10 – 50 %. Porost se nachází v nadmořské výšce 390 – 410 m n. m., s průměrnou roční teplotou 8°C a průměrnými ročními srážkami 650 mm, 4O1 – svěží dubová jedlina šťavelová, na luviolech.

Průměrná zásoba dřevin se v rámci celého porostu pohybuje mezi 830 až 1030 m³.ha⁻¹, v závislosti na podílu douglasky, pro čistý porost smrku je to při přepočtu na hektar 860 m³. Průměrný roční objemový přírůst v případě čistého porostu douglasky dosahuje až 11,1 m³ a 8,5 m³ v případě čistého porostu smrku.

Průměrná zásoba kmene douglasky se pohybuje mezi 6 – 20 m³ a 2 – 7 m³ u smrku (REMEŠ et al. 2010). V daném porostu bylo provedeno i šetření stavu půd ve skupinách douglasky a smrku a stejným způsobem byly zahrnuty do výzkumu vlivu douglasky na rostlinná společenstva v lesních ekosystémech.

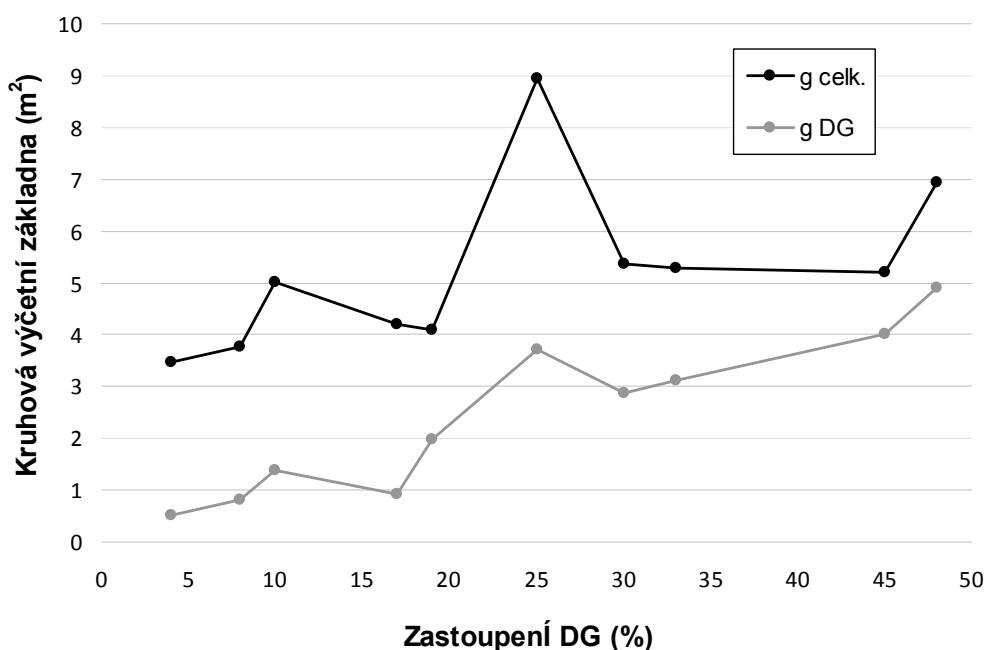
Přes poměrně malý počet ploch (10) byla hledána souvislost mezi zastoupením douglasky a produkcí porostů, prozatím pouze vizuálně jako podklad pro další kvantifikaci a posouzení statistické průkaznosti tohoto vztahu.

Výsledky a diskuze

Následující obrázky 1 a 2 dokumentují stanovený vztah mezi podílem douglasky na porostní struktuře ve sledovaném souboru výzkumných ploch, určeném na základě podílu jedinců v něm a mezi výčetní kruhovou základnou a objemem sledovaných ploch.

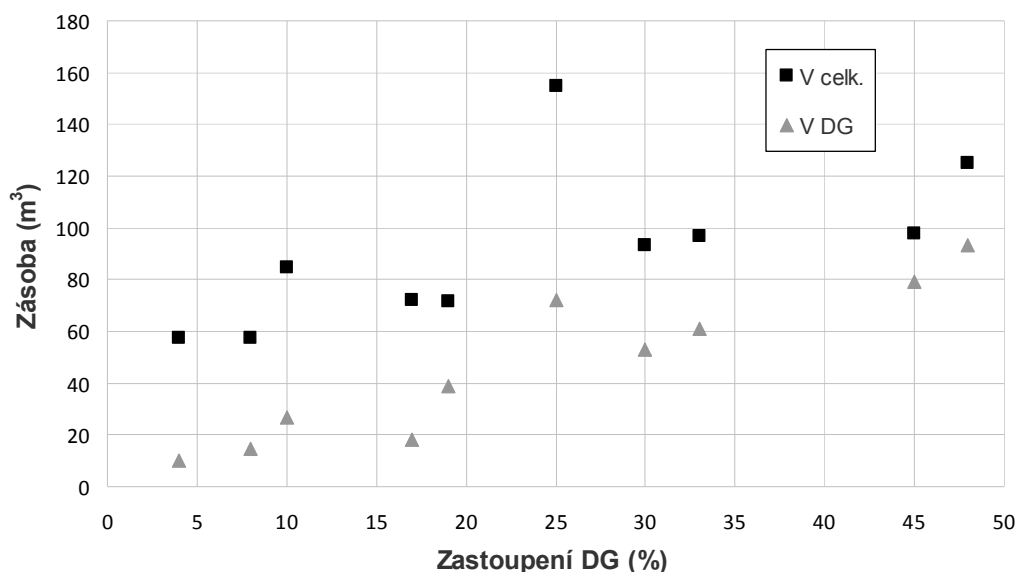
Získané výsledky z téměř stoletého smíšeného porost (DG + SM) dokládají, podobně jako v jiných případech, řadu poznatků, empiricky odvozovaných již dříve:

- od poměrně nízkého zastoupení (20 – 30 %) se douglaska podílí zásadním způsobem jak na výčetní kruhové základně (Obr. 1), tak i na celkovém objemu porostních skupin (ploch, porostu – Obr. 2), třebaže pro výpočet objemu byly využity objemové rovnice používané pro jinou dřevinu - jedli,
- od stejné hodnoty zastoupení jsou data velmi variabilní a neumožňují závěr o dalším zvyšování celkového objemu (či výčetní kruhové základny) v závislosti na dalším zvyšování podílu douglasky,



Obr. 1: Vztah mezi zastoupením douglasky v počtu jedinců na ploše a výčetní kruhovou základnou celkovou a výčetní kruhovou základnou zastoupených douglasek

Fig. 1: Relation between the Douglas-fir percentage on the plot and total basal area and Douglas-fir basal area



Obr. 2: Vztah mezi zastoupením douglasky v počtu jedinců na ploše a objemem celkovým a objemem zastoupených douglasek

Fig. 2: Relation between the Douglas-fir percentage on the plot and total volume and Douglas-fir volume

- i další autoři (KANTOR et al. 2001a; 2001b) uvádějí vhodné zastoupení douglasky a to i nižší, 10 – 30 %, pro zajištění dostatečného produkčního efektu, se zastoupením 20 – 30 % počítá i metodika kolegů z Opočna (SLODIČÁK et al. 2014),
- také MARTINÍK (2003) doporučuje individuální až skupinovou příměs douglasky, což odpovídá výše uvedeným doporučením,
- PULKRAB et al. (2014) uvažují ve svých kalkulacích zastoupení douglasky jako minimální v důsledku legislativních omezení a doporučení. Ve vhodných SLT tak připouštějí zastoupení DG 5, 7 a max. 15 %. Zvýšení zastoupení douglasky v mezích daných současnými postupy a limity s sebou nese v patřičném horizontu (cca 50 let) zvýšení produkce, respektive hrubého zisku lesní výroby o 683 až 776 mil. Kč za rok (v závislosti na volbě cílového hospodaření), tj. o 8 až 15 % (PULKRAB et al. 2014). Při uvedeném zvýšeném zastoupení DG na cca 30 % pak až o 100 % více.

Z hlediska získaných podkladů je však možno uvažovat, že optimální podíl douglasky v počtu jedinců v porostu je 30 – 40 % s tím, že:

- při dalším zvýšení se produkční potenciál porostu příliš nezvýší,
- douglaska zaujímá naprosto jednoznačně dominantní postavení v porostu – stromy nadúrovňové a úrovňové.
- to odpovídá i zjištěním pro jiné dřeviny s podobnou strategií pěstování, například pro třešni ptačí (PODRÁZSKÝ et al. 2002), jejíž růstový a produkční potenciál je rovněž optimálně využit při podílu 30 – 40 % zastoupení v porostní skladbě a dominantním postavení. Přes poněkud odlišné ekologické nároky douglasky korespondují tyto základní zásady s dalšími dřevinami (cennými listnáči, MD), pěstovanými společně s tzv. hlavními dřevinami.

Postavení douglasky je jednoznačně vyžadováno jako nadúrovňové a úrovňové, jako částečně úrovňové a podúrovňové jedince je třeba uvažovat ostatní dřeviny (SM, BK apod.). Při tomto schématu pěstování douglasky je zajištěno nejen optimální

využití růstového prostoru, ale i optimální působení douglasky na stav půd v porostech domácích jehličnanů a eliminace potenciálních rizik v porostních směsích s domácími listnáči, především bukem (a dubem). To dokumentují naše výstupy studií, zabývajících se vlivem douglasky na stav půd (KUPKA et al. 2013, ULBRICHOVÁ et al. 2014), stejně tak podobné závěry umožňují i výstupy jiných autorů (MENŠÍK et al. 2009). Je tak možno předpokládat i maximální eliminace potenciálních negativních dopadů pěstování douglasky na stav fytoocenóz (VIEWEGH et al. 2014a, 2014b). Ty spočívají podle zatím dosažených poznatků především ve zvýšení podílu nitrofilních druhů – to by měla eliminovat příměs ostatních dřevin odběrem uvolněného dusíku – a druhů ruderální a heliofilní inklinace – to by mělo být rovněž eliminováno větším zastíněním díky příměsi. Naopak lze ve smíšených porostech se smrkem ztepilým počítat se zvýšením podílu druhů přirozené skladby fytoocenóz.

Závěr

Výsledky našeho předběžného šetření, shrnuté v předkládaném příspěvku, doplňují již dříve získané poznatky. Kvantifikují poněkud vyšší zastoupení douglasky než je doporučovaných 10 – 30 %, je možno doporučit navýšení na 30 – 40 % podle počtu jedinců se současným dopadem na maximalizaci produkční funkce porostů s douglaskou a zároveň minimalizaci dopadů na změny půdních vlastností a společenstev přízemní vegetace. Znovu lze pěstební doporučení shrnout:

- v předmýtném věku dosáhnout zastoupení douglasky minimálně 30 %,
- dosáhnout rovnoměrného a dominantního zastoupení douglasky v porostní struktuře,
- dosáhnout rovnoměrného zastoupení ostatních dřevin v porostní struktuře, ty mají nezastupitelnou roli ve využití zbytkového růstového prostoru a zajištění meliorační funkce a funkce ochrany diverzity přízemní vegetace, v případě směsi s podobně stanovištně nepůvodním smrkem (asi nejčastější případ).

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu QJ1520299 Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR.

Literatura

- AUGUSTO, L., DUPOUEY, J.- L., RANGER, J. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Ann.For.Sci.*, 2003, 60: s. 823-831.
- BURGBACHER, H., GREVE, P. 100 Jahre Douglasienanbau im Stadtwald Freiburg. *AFZ*, 1996, 20: s. 1109-1111.
- EILMANN, B., RIGLING, A. Douglas fir – a substitute species for Scots pine in dry inner-Alpine valleys? *In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate.* Oc. 18-20, 2010, Freiburg, *Berichte Freiburger Forstliche Forschung: Freiburg*, 2010, 85: s. 10.
- FRÝDL, J., ŠINDELÁŘ, J. Šlechtění a introdukce dřevin v ekologicky orientovaném LH. *Lesnická práce*, 2004, 83, (2): s. 492-494.
- HERMANN, R. K., LAVENDER, D. P. Douglas-fir planted forests, 1999, 17: s. 53-70.
- HOFMAN, J. Pěstování douglasky. 1. vydání, Praha, SZN, 1964. 253 s.
- KANTOR, P. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise, *Journal of Forest Science*, 2008, 54 (7): s. 321-332.

- KANTOR, P., KNOTT, R., MARTINÍK, A., Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in a mixed stand. *Ekológia* (Bratislava), 2001a, 20 (Suppl. 1): s. 5-14.
- KANTOR, P., KNOTT, R., MARTINÍK, A. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands. III. A single tree mixed stand with Douglas fir on a eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 2001b, 47: s. 45-59.
- KANTOR, P., MAREŠ, R. Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek, *Journal of Forest Science*, 2009, 55, (7): s. 312-322
- KOUBA, J., ZAHRADNÍK, D. Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: *Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice*, Praha: ČZU v Praze, 2011. s. 52-66.
- KUBEČEK, J., ŠTEFANČÍK, I., PODRÁZSKÝ, V., LONGAUER, R.: Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 2014, 60 (2): s. 120-129.
- KUPKA, I., PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J. Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. *Journal of Forest Research*, 2013, 59, (9): s. 345-351.
- LARSON, B. The dynamics of Douglas-fir stands. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg, 2010, 85: s. 9-10.
- LEGARD, N. J., BELTON, M. C. Exotic trees in the Canterbury high country. *N. Z. Jour. of Forest Science*, 1985, 15, (3): s. 298-323.
- MARTINÍK, A. Possibilities of growing Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) in the conception of sustainable forest management. *Ekológia* (Bratislava), 2003, 22 (Suppl. 3): s. 136-146.
- MENŠÍK, L., KULHAVÝ, J., KANTOR, P., REMEŠ, M. Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in training forest district Hůrky and the Křtiny Forest Training Enterprise. *Journal of Forest Sciences*, 2009, 55: s. 345-356.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J. Rastový a produkčný potenciál douglasky na Slovensku. In: *Pěstování nepůvodních dřevin*. Kroměříž. 2008. s. 59-64.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., KARNET, P. Hodnotová produkce a půdotvorná funkce třešně ptačí. *Lesnická práce*, 2002, 81 (6): s. 255-257.
- PODRÁZSKÝ, V., VIEWEGH, J., MATĚJKA, K. Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2011, 56 (Special): s. 44-51.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., LIAO, C.Y. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na stav lesních půd. In: *Krajina, les a lesní hospodářství*. I. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001a. s. 24-29.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MAXA, M. Má douglaska degradační vliv na lesní půdy? *Lesnická práce*, 2001b, 80, (9): s. 393-395.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2008, 53 (1): s. 27-34.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. Production and environmental functions of Douglas-fir on the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy territory. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg. 85: 2010. s. 64.

- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., HART, V., MOSER, W.K. Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 2009a, 55, (7): s. 299-305.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., HART, V., TAUCHMAN, P. Douglaska a její pěstování – test českého lesnictví. *Lesnická práce*, 2009b, 88 (6): s. 376-381.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., TAUCHMAN, P., HART, V. Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2010, 55 (1): s. 12-17.
- PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J., ČERMÁK, R., ŠTEFANČÍK, I. Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled. *In: BALÁŠ, M. et al. (eds.). Proceedings of Central European Silviculture.*, Praha: ČZU v Praze, 2013a. s. 192-203.
- PODRÁZSKÝ, V., ČERMÁK, R., ZAHRADNÍK, D., KOUBA, J. Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science*, 2013b, 59, (10): s. 398-404.
- Podrázský, V., Zahradník, D., Pulkrab, K., Kubeček, J., Peňa, J.B. Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2013c, 58 (3): s. 226-232.
- PUETTMANN, K. J. Douglas-fir and the management of forests as complex, adaptive systems. *In: Opportunities and risks for Douglas-Fir in a changing climate. Abstracts. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, FVF Baden-Württemberg, BRD, Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, 85, 2010. s. 6-8.
- PULKRAB, K., SLOUP, M., ZEMAN, M. Economic Impact of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) production in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 2014, 60, (7): s. 297-306.
- REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., HART, V. Růst a produkce nejstaršího porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco) na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. *In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13.10.2006*, Praha: ČZU v Praze, 2006. s. 65-69.
- REMEŠ J., PULKRAB K., TAUCHMANN P. Produkční a ekonomický potenciál douglasky tisolisté na vybrané lokalitě ŠLP Kostelec nad Černými lesy. *In: Aktuality v pěstování introdukovaných dřevin. Kostelec nad Černými lesy: ČZU v Praze*, 2010. s. 68-69.
- SLODIČÁK, M., KACÁLEK, D., NOVÁK, J., DUŠEK, J. Výchova porostů s douglaskou. Certifikovaná metodika, Opočno: VÚLHM v.v.i., 2014. 14 s.
- ŠIKA, A. Zhodnocení výzkumných provenienčních ploch s douglaskou tisolistou. Závěrečná zpráva, Strnady: VÚLHM Jíloviště – Strnady, 1988. 65.
- ŠIKA, A., PÁV, B. Výškový růst douglasky na provenienčních plochách ČR v různých fázích vývoje. *Lesnictví*, 1990, 36, (5): s. 367-380.
- ŠTIPL, P. Hospodářská úprava lesa: dendrometrie. Hranice: SLŠ Hranice na Moravě, 1997. 128 s.
- ULBRICHOVÁ, I., KUPKA, I., PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J., FULÍN, M. Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2014, 59, (1): s. 72-78.
- VÁŠIČEK, J. Data o douglasce tisolisté v ČR. *Lesnická práce*, 2014, 93, (7): s. 17.
- VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., MATĚJKA, K. Charakterystyka roslinnosci runa kształtującej się pod drzewostanami daglezejowymi (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel)

Franco) w lasach gospodarczych Republiki Czeskiej. Sylwan, 2014a, 158, (4): s. 277-284.

VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., MATĚJKA, K.: Vliv douglasky tisolisté na bylinný podrost v hospodářských lesích. In: Douglaska, dřevina roku 2014. Křtiny: ČLS, 2014b. s. 93-101.

MOHOU OBNOVNÍ SEČE OVLIVNIT VÝŠI CELKOVÉHO ODTOKU Z PASEK?

CAN REPRODUCTION CUTTINGS INFLUENCE TOTAL RUNOFF FROM FELLED AREAS?

František Šach¹, Vladimír Černo hous¹, Petr Kantor²

¹ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 517 73

² MENDELU-LDF v Brně, Zemědělská 3, 613 00

Abstract of poster

Influence of harvest cuttings on forest and landscape hydrology are permanently object of scientific investigation, economic policy and social activities. The poster represents influence of reproduction cuttings on Česká Černná and Deštenská stráň experimental areas in the Orlické hory foothills and mountains. Water yield was judged primarily through runoff coefficients during growing seasons before and after felling treatment. After clear cut harvest, the highest increment of water yield occurred on the Česká Černná runoff plot in lower altitude. On the Deštenská stráň water budget plot (higher altitude), increase of water yield was minor than on the Česká Černná experimental area. It also lasted shorter time (on the Deštenská stráň experimental area ca 5 years) than on the Česká Černná experimental area (here up to now 6 years after clear cutting of spruce stemwood and ca 9 years after final felling of shelter wood method).

Keywords: foothill and mountain forest; reproduction cutting; runoff coefficient; runoff increase; duration of runoff increase

Abstrakt – poster

Vliv těžeb dřeva, případně dalších lesnických opatření na hydrologii lesa a krajiny jsou stále předmětem vědeckého výzkumu, hospodářské politiky a společenských aktivit. V posteru představujeme vliv obnovních sečí na experimentálních plochách Česká Černná a Deštenská stráň v předhoří Orlických hor a v Orlických horách. Vodnosti byly posouzeny především prostřednictvím odtokových součinitelů ve vegetačních obdobích před a po těžebním zásahu. Po holopasečné těžbě došlo k největšímu zvýšení vodnosti na odtokové ploše Česká Černná (5. lvs). Na bilanční ploše Deštenská stráň (6. lvs) bylo navýšení vodnosti menší než na České Černné a trvalo relativně kratší dobu (Deštenská stráň – ca 5 let, Čes. Černná – po holopasečném zmýcení smrkové kmenoviny zatím 6 let, po domýcení clony při clonopasečné obnově ca 9 let).

Klíčová slova: podhorské a horské lesy; obnovní seče; odtokový součinitel; zvýšení odtoku; trvání odtokového navýšení

Odborné sdělení

Vliv těžeb dřeva, případně dalších lesnických opatření na hydrologii lesa a krajiny jsou stále předmětem vědeckého výzkumu, hospodářské politiky a společenských aktivit (The national academy of sciences Washington, D.C. 2008). Problematiku vycházející z názvu příspěvku generálně shrnuli ANDERSON et al. (1976), BOSCH, HEWLETT (1982), problematiku vodnosti a časování odtoku podle klimaticko vegetační zonace SATTERLUND, ADAMS (1992), odtokové extrémy EISENBIES et al. (2007). V rámci ČR jsme v posteru zmínili vliv těžeb dřeva na experimentálních plochách Česká Černná a Deštenská stráň v Orlických horách. Vodnosti byly posouzeny především prostřednictvím odtokových součinitelů ve vegetačních obdobích před a po těžebním zásahu (obr. 1). Změny v odtocích dále indikovaly rovněž dvojité součtové čáry (DSC) v obr. 2. Z výsledků lze shrnout, že po holopasečné těžbě došlo k největšímu zvýšení vodnosti na odtokové ploše Česká Černná, kde nižší nadmořská výška (5. lvs) a vyšší teploty ve vegetačním období na prudkém jižním svahu měly ve fázi smrkové kmenoviny za následek vysokou evapotranspiraci (ET) a po zmýcení následovalo relativně dlouhé zvýšení vodnosti. Na bilanční ploše Deštenská stráň ve vyšší nadmořské výšce (6. lvs) s nižšími teplotami a nižší ET ve

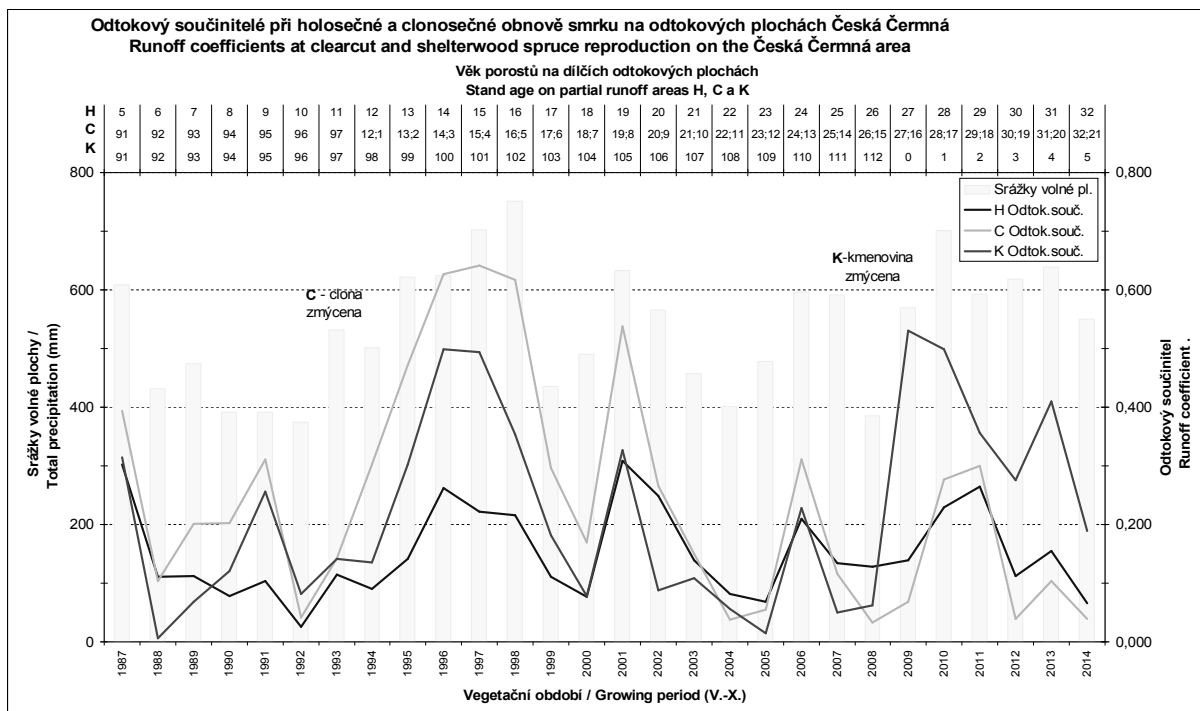
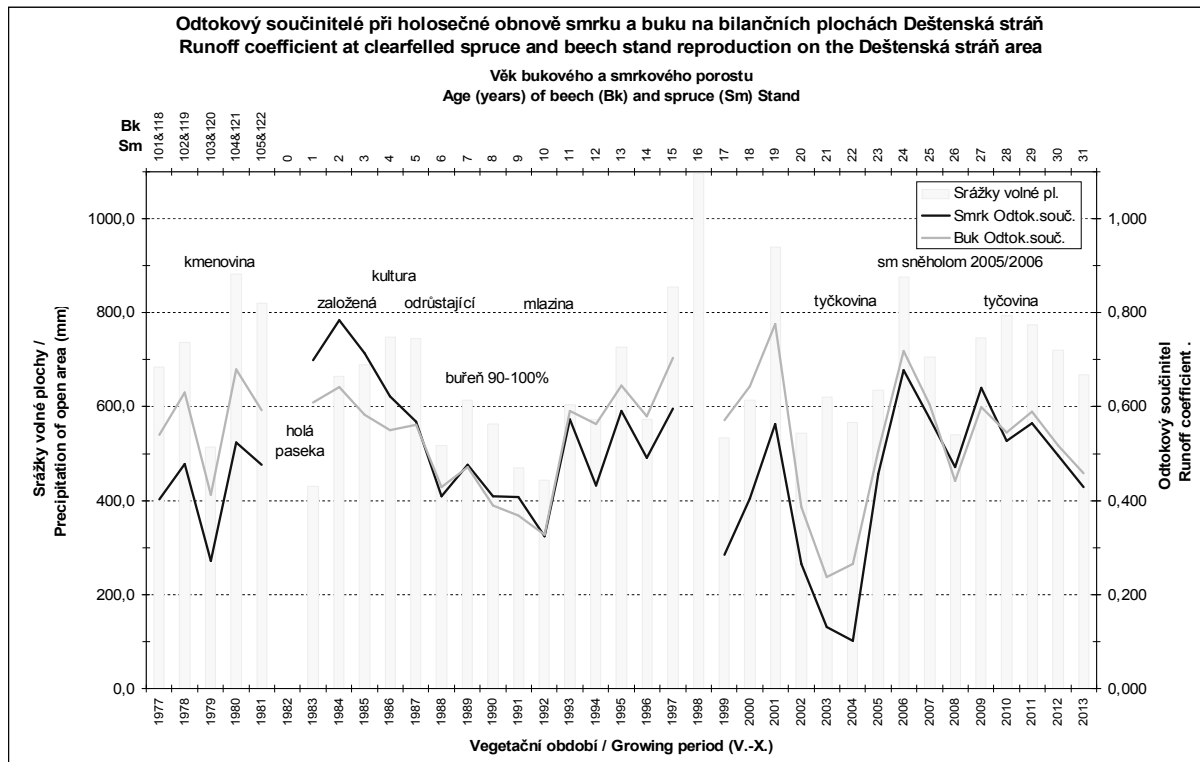
vegetačním období se po zmýcení smrkové a bukové kmenoviny ET v relativně krátké době navrátila k hodnotám před holopasečným zmýcením a tudíž navýšení vodnosti bylo menší než na České Čermné a trvalo relativně kratší dobu (Deštnská stráž – ca 5 let, Česká Čermná – po holopasečném zmýcení smrkové kmenoviny zatím 6 let do roku 2014, po domýcení clony při clonopasečné obnově ca 9 let). Lze tedy konstatovat, že navýšení odtokového součinitele po holopasečné těžbě na experimentálních odtokových a bilančních plochách existuje; vzhledem k vyšší ET smrkové kmenoviny v 5. lvs je navýšení větší, v 6. lvs vzhledem k nižší ET smrkové a bukové kmenoviny je navýšení menší.

Dedikace

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0115 (č. j. 5774/2015-MZE-17011).

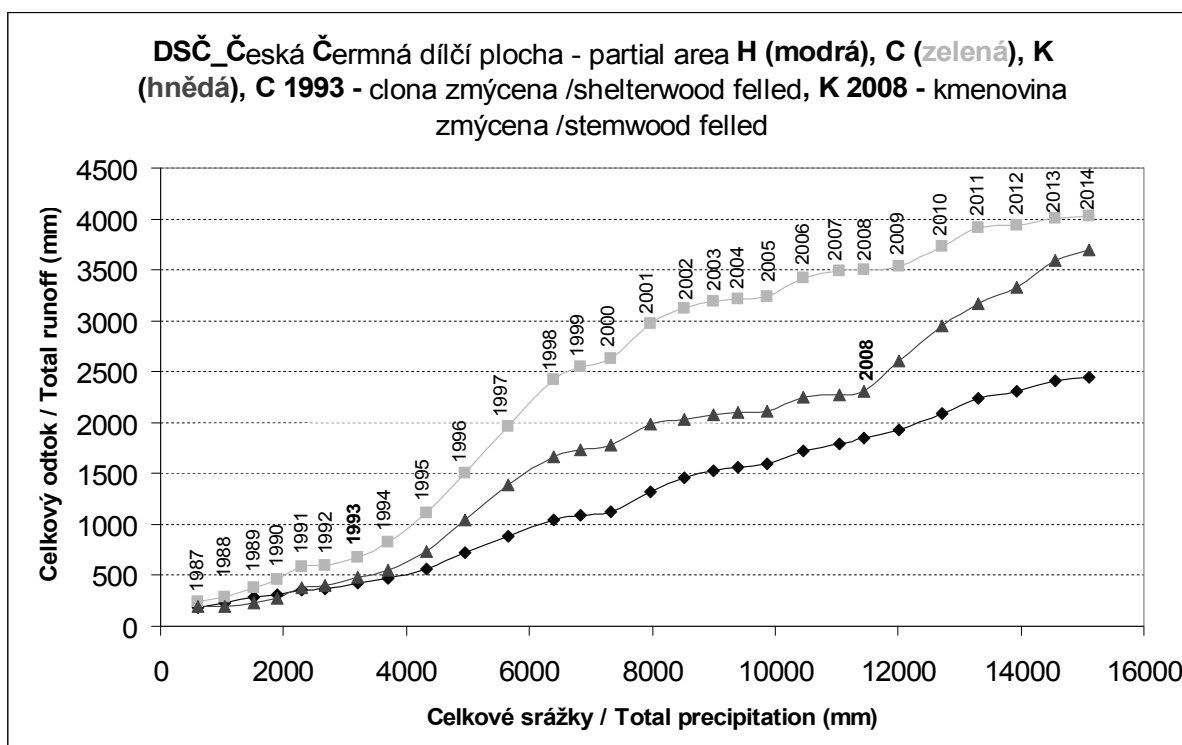
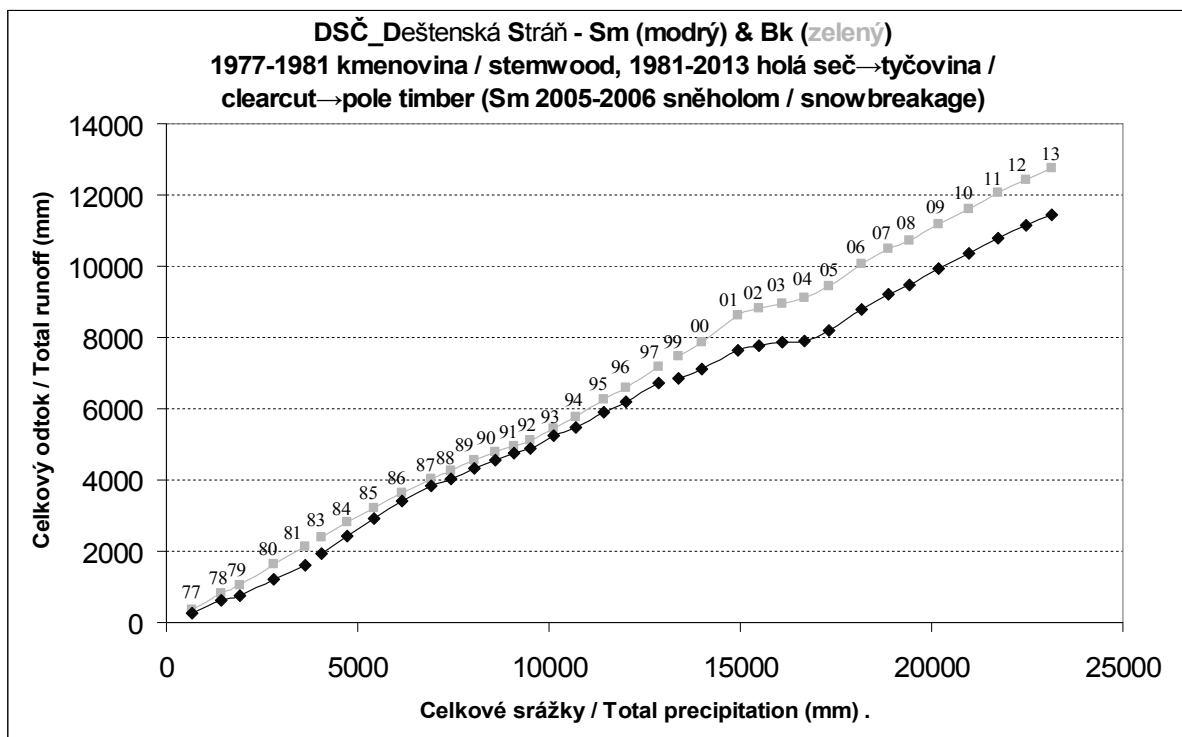
Literatura

- ANDERSON H.W. et al. 1976. Forests and water: effects of forest management on floods, sedimentation, and water supply. Berkeley, USDA Forest service: 115 s.
- BOSCH J.M., HEWLETT J.D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of hydrology, 55 (1/4): s. 3-23.
- EISENBIES M.H. et al. 2007. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians - a review. Forest ecology and management, 242: s. 77-98.
- NATIONAL Academy of Sciences Washington, D.C. 2008. Hydrologic effects of a changing forest landscape. Washington, D.C., National academy press: 167 s.
- SATTERLUND D.L., ADAMS P.W. 1992. Wildland watershed management. New York, Wiley: 436 s.



Obr. 1: Odtokový součinitel na Deštné stráni (DS) a České Černné (ČČ) prezentují změny celkového odtoku (povrchového, mělce podpovrchového a vertikálního průsaku) ve vegetačních obdobích odvislé vedle výše srážek také od změny vegetačního pokryvu v důsledku mýtních těžeb a obnovy či sněžového polomu lesních porostů.

Fig. 1: Runoff coefficients on the DS and ČČ runoff areas present the changes of total runoff (surface, shallow subsurface and vertical seepage) during growing periods dependent besides rainfalls also on change of vegetation cover in consequence of timber harvest or snow break of forest stands.



Obr. 2: Dvojité součtové čáry (DSČ) na DS a na ČČ indikují svým zalomením odtokové změny jako důsledek těžebních zásahů či sněhového polomu na odtokových plochách.

Fig. 2: Double mass curves (DSČ) on the DS and ČČ runoff areas indicate through their breakings the runoff changes as subsequence of timber harvest or snow break of forest stands.

Název: Proceedings of Central European Silviculture

Editoři: Kateřina Houšková, Jakub Černý

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2015

Počet stran: 222

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-7509-308-0

