Proceedings of Central European Silviculture

14th International Conference

M. Baláš, V. Podrázský, B. Kučeravá

(eds.)

2013

Proceedings of Central European Silviculture

14th International Conference

M. Baláš, V. Podrázský, B. Kučeravá

(eds.)

2013

Věnováno památce H. C. von Carlowitze, zakladatele pojmu
trvalá udržitelnost v lesním hospodářství (kresba: Wikipedia).

Hans Carl von Carlowitz, 1645–1714

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ve spolupráci s

Lesnícky výskumný ústav – Národné lesnícke centrum, Zvolen

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta

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

Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta

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

in cooperation with

Forest Research Institute – National Forest Centre, Zvolen

Faculty of Forestry and Wood Technology
Mendel University in Brno

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

Technical University, Zvolen
Faculty of Forestry

PĚSTOVÁNÍ LESŮ VE STŘEDNÍ EVROPĚ

SILVICULTURE IN CENTRAL EUROPE

14. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů
14. medzinárodné sympózium venované diskusii otázok pestovania lesov
14th International Symposium for Silviculture Topics Discussion

Kostelec nad Černými lesy 2.–3. 7. 2013

Poděkování
Editoři sborníku děkují za spolupráci recenzentům a korektorům.

Příspěvky publikované v Proceedings of Central European Silviculture jsou anonymně recenzovány.

Konference byla spolupořádána a sborník vydán v rámci řešení projektu NAZV QI102A085 „Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích“.

Podstatná část redakčních prací byla provedena s využitím zázemí
Výzkumné stanice Kostelec nad Černými lesy – Truba.

Foto na zadní straně obálky: Borové lesy v oblasti Mazurských jezer, Polsko (foto: M. Baláš).

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Editoři: Martin Baláš, Vilém Podrázský, Barbora Kučeravá

Korektury: Alena Drábková, Josef Gallo, Barbora Kučeravá

Grafická úprava: Martin Baláš

Tisk: Tribun EU, s. r. o., Brno

Počet stran: 320

Náklad: 150 ks

© Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013

ISBN 978-80-213-2381-0

PŘEDMLUVA / *PREFACE*

Vážená kolegyně, vážený kolego,

dostává se Vám do rukou sborník příspěvků z konference **Pěstování lesů ve Střední Evropě** [Proceedings of Central European Silviculture], který představuje výstupy z již 14. každoročního setkání pracovišť pěstování lesa z českých zemí a ze Slovenska (citace sborníků předchozích ročníků setkání jsou uvedeny v příloze). Pravidelné setkání profesních kolegů se během doby vytříbilo v akci, která má nejen svůj společenský a odborný, ale i vědecký rozměr. Zkušenější kolegové se zde setkávají s mladými studenty oboru, který v rámci lesnictví náleží zcela jistě k těm vrcholovým a nejkrásnějším. A protože se jedná o činnost cílevědomou, koncepční a především dlouhodobou, připomeňme si několik letošních výročí, která nás s minulými generacemi lesníků spojují.

Před 165 lety, 15. listopadu 1848, byly zahájeny pravidelné přednášky o lesnické vědě na českém stavovském polytechnickém učilišti v Praze, přednášejícím byl Christoph (Kryštof) Liebig, a tento počin lze kvalifikovat jako začátek pravidelné vysokoškolské výuky lesnictví v českých zemích.

Podobně byla zahájena výuka v rámci lesnického oboru na Vysoké škole technické v Praze v akademickém roce 1918/1919, a tak můžeme v letošním roce uvažovat 95. výročí výuky lesnického vysokoškolského oboru v Čechách a na Moravě.

Nejdůležitějším z evropského a zcela jistě i světového hlediska je ale výročí, které je oprávněně především v německy mluvících zemích vzpomínáno jako „300 let trvalé udržitelnosti“. Uveďme dva citáty:

1) V tom tkví největší umění, věda, píle a zařízení zdejších zemí, stejně jako nasměrování k zachování a pěstování lesa, totiž že nepřetržité a udržitelné užívání je nepostradatelnou záležitostí, bez které země ve své podstatě (ve smyslu bytí a existence) nemůže zůstat.
2) Trvale udržitelné lesní hospodářství představuje správu a využívání lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, které zachovávají jejich biodiverzitu, produkční schopnost a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti i budoucnosti odpovídající ekologické, ekonomické a sociální funkce na místní, národní a globální úrovni a které tím nepoškozují ostatní ekosystémy.

Výše uvedené dva citáty, výroky, chceme-li myšlenky, odděluje téměř 300 let. Prvním z nich uvedl před třemi sty lety do obecnějšího povědomí koncept, kterému dnes říkáme princip trvalé udržitelnosti, saský lesní rada, resp. vedoucí saského vrchního lesního (báňského) úřadu, Hans Carl von Carlowitz, v roce 1713 (překlad Bc. J. Gallo). Druhý odstavec pak představuje definici trvale udržitelného lesního hospodářství tak, jak byla uvedena v Helsinkách roku 1993 na Ministerské konferenci o ochraně lesů v Evropě (rezoluce H1).

Tento princip, původně užívaný v oblasti lesního hospodářství a zaměřený spíše na trvalost produkce, byl posléze využit i na plnění ostatních funkcí lesa v krajině a ještě později přešel i do jiných oborů, i těch, které mají s udržitelností málo společného. Zejména v politické a ekonomické oblasti je několikasetletá rovnováha, běžná ve využívání lesů, dosti iluzorní.

Von Carlowitz pocházel ze saského Oberrabensteinu u Chemnitzu, kde se narodil 14. prosince 1645, na sklonku třicetileté války, jinak uprostřed tzv. malé doby ledové, v období válkou a hladomory značně narušené krajiny i společnosti. Rodina zde žila již po čtyři generace, on sám byl druhý nejstarší syn z celkem 16 dětí. Od r. 1659 studoval luterské gymnázium v Halle, které se vyznačovalo silným humanistickým duchem. V dalších studiích pokračoval v Jeně se zaměřením na právní a správní obory, zaměřil se i na cizí jazyky, přírodní, lesnické a hornické (báňské) vědy. V letech 1665 až 1669 se vydal na tovaryšskou, poznávací cestu Evropou (Kavalierstour, Grand Tour), na které měl rozvíjet své studiem získané znalosti a poznávat život v Evropě. Během velkého požáru Londýna byl dokonce po přechodnou dobu vězněn jako cizinec, podezřelý z nekalých rejdů nepřátelských království. Kromě Anglie navštívil mimo jiné i Francii, kde se seznámil i s lesním zákonem Ludvíka XIV., dále poznal situaci v Nizozemí, Dánsku, Švédsku, Itálii i na Maltě. Poznatky jej vedly k závěru, že dřevo v celé Evropě je zdrojem velmi omezeným a ohroženým a jeho využívání, tedy trvale možnému využívání jinak obnovitelného přírodního zdroje, musí být věnována náležitá pozornost. Tyto představy a myšlenky pak našly uplatnění v jeho základním díle, jak je uvedeno dále.

Od roku 1677 působil von Carlowitz ve Freibergu, tedy nedaleko našich hranic. Saským šéfem lesů a hor (Oberbergamthauptmann) se stal v roce 1711. Mezi jiným mu příslušelo zásobováním saských dolů a hutí dřevem, tyto podniky měly obrovskou spotřebu dřevní suroviny a představovaly nenasytné odbytiště pro produkcí dříví. Kromě tohoto tlaku tak vedla současně velká spotřeba této suroviny pro výstavbu sídel a energetické využití ke krizi a k všeobecné nouzi o dřevo. Jako reakce na tento neutěšený stav vzniklo jeho stěžejní dílo *Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht…* (1713). Je to ovšem zkrácený název, originál má v titulku 218 slov a 1642 znaků včetně mezer. Zde von Carlowitz formuloval požadavek šetrného zacházení s přírodou a s jejími zdroji a kritizoval krátkozraké plenění lesů. I když se slůvko „udržitelný“ objevuje v knize o 432 stránkách pouze jednou, platí autor za zakladatele pojmu „trvalá udržitelnost, setrvalost“.

Uvedená publikace je zároveň považována za první ucelené dílo o lesnictví, které v důsledku třicetileté války nejen v Německu silně upadlo. Rok po jejím uveřejnění autor 3. března 1714 zemřel a v místě svého působení, Freibergu, byl pochován. Zanechal dalším generacím lesníků myšlenku trvalého, resp. trvale možného hospodaření v lesích bez poškození jejich podstaty.

I v pěstování lesů, podobně jako v jiných oborech, je stále větší tlak na „inovace“ a „nové myšlenky“. Je to imperativ současné doby a i náš obor se tomu do velké míry poddává. Přes všechny tyto trendy je však vždy dobré vzpomenout, čím žili pěstitelé v minulých staletích a co je nadále kategoricky platné i dnes.

V Praze 21. června 2013

Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
jménem organizátorů

OBSAH / *CONTENT*

Příspěvky jsou řazeny abecedně podle jmen autorů.
The articles are ordered alphabetically according to the names of the authors.

Předmluva [*Preface*] 5

Obsah [*Content*] 7

VRATISLAV BALCAR – DUŠAN KACÁLEK – ONDŘEJ ŠPULÁK – IVAN KUNEŠ 11
Výzkumný demonstrační objekt Jizerka, 23 let zkušeností s prosperitou dřevin v horských podmínkách [*Experimental plot Jizerka, 23 years' experience with tree species prosperity in mountain conditions*]

MARTIN BÁTOR 21
Vplyv vybraných faktorov prostredia na kvalitatívne znaky smrekových porastov v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec [*Influence of selected environmental factors to qualitative characteristics in Norway spruce stands in the 1st buffer zone of Málinec water-supply storage*]

MICHAL BUGALA – MIROSLAV BALANDA 30
Variabilita kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) v Javorníkoch [*Variability of qualitative features of trunks, crowns and the health state (damage) of grey alder populations (Alnus incana [L.] Moench.) in the Javorníky Mts.*]

VOJTĚCH ČADA – MIROSLAV SVOBODA – PAVEL JANDA – JAN REJZEK – RADEK BAČE 39
Původ a historie narušení horských smrčin Šumavy – předběžné výsledky [*Origin and disturbance history of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest – preliminary results*]

MATJAŽ ČATER 49
***Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. response in different silvicultural systems of Slovenian high Dinaric karst**

VLADIMÍR ČERNOHOUS – VLADIMÍR ŠVIHLA 58
Kvalita odtékajících vod z lesního a zemědělského povodí na základě porovnání vyplavování dusíku [*Comparison of nitrogen leaching impact on water quality from forested and agricultural catchment*]

LUCIA DANKOVÁ 69
Mŕtve drevo v zmiešanom prírodnom lese Sitno [*Dead wood accumulation in mixed unmanaged natural forest Sitno*]

MARIAN ĎURIŠ– IVAN LUKÁČIK 78
Variabilita duba plstnatého (*Quercus pubescens* Willd.) v orografických celkoch Strážovské vrchy a Považský Inovec [*Variability of Quercus pubescens Willd. in the orographic units Strážovské vrchy and Považský Inovec Mts.]*

DAVID DUŠEK – JIŘÍ NOVÁK – MARIAN SLODIČÁK 87
První výsledky z výchovy směsí douglasky tisolisté [*Douglas-fir mixed stands thinning – preliminary results*]

JÁN JAĎUĎ 96
Výškové postavenie jedle bielej a smreka obyčajného v štruktúre výberkových lesov [*Height position of silver fir and Norway spruce in selection forest structure*]

JOZEF JANKOV – KAROL GUBKA 106
Analýza prirodzenej obnovy v poraste s pôdoochrannou protieróznou funkciou na lesnom celku Banská Bystrica – Uľanka [*Natural regeneration analysis in stand with soil protection anti-erosion function in management unit Banská Bystrica – Uľanka*]

MARTIN KAMENSKÝ – IGOR ŠTEFANČÍK – SLAVOMÍR STRMEŇ 116
Výchovné zásahy v smrečinách a škody zverou [*Interventions in spruce stands and damages caused by game*]

JAN LEUGNER – VÁCLAV KRPEŠ 127
Analýza vodivých pletiv v jehlicích horského smrku s různou růstovou strategií [*Analysis of vascular tissue in needles of mountain spruce with different growth strategy*]

ROMAN LONGAUER – MARIÁN PACALAJ – SLAVOMÍR STRMEŇ – DUŠAN GÖMÖRY 136
Rola proveniencie a kvality zdroja lesného reprodukčného materiálu [*Role of the provenance of forest reproductive material and quality of its basic material*]

ANTONÍN MARTINÍK – LUMÍR DOBROVOLNÝ – VÁCLAV HURT 151
Úspěšnost a nákladovost různých variant obnovy lesa po větrné kalamitě [*Success and cost of different variants of forest regeneration on wind-thrown area*]

OLDŘICH MAUER – PETR VANĚK 159
Kvalita zakládaných kultur – základ kvality nových porostů [*Quality of plantation establishment – basis of quality of new forest stands*]

MARTIN MIKOLÁŠ – IVANA KALAFUSOVÁ
– IVANA ČERNAJOVÁ – ZUZANA MICHALOVÁ – JOY COPPES 167
Manažment lesov s výskytom hlucháňa na území Nízkych Tatier a Veľkej Fatry [*Capercaillie-friendly forest management in the Nízke Tatry and Veľká Fatra Mts.*]

JIŘÍ NOVÁK – DAVID DUŠEK – MARIAN SLODIČÁK 175
Množství opadu v různě vychovávaných mladých borových porostech [*Amount of litter-fall in differently thinned young pine stands*]

RUDOLF PETRÁŠ – JULIAN MECKO 184
Rubná zrelosť porastov smreka, jedle a buka [*Felling maturity of spruce, fir and beech stands*]

VILÉM PODRÁZSKÝ – JIŘÍ KUBEČEK – RADEK ČERMÁK – IGOR ŠTEFANČÍK..... 192
Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled [*Evaluation of the research of the Douglas-fir in the Czech Republic – review*]

JIŘÍ PROCHÁZKA – PAVEL LEVÝ – JAN KOHOUT 204
Vnášení jedle bělokoré a buku lesního do jehličnatého lesa v rámci jeho přestavby na LÚ Klokočná [*Introduction of silver fir and European beech into cultural coniferous stands during their conversion in Klokočná Forest Range*]

JIŘÍ REMEŠ – MARTIN FULÍN – VILÉM PODRÁZSKÝ – PAVEL UHLÍŘ 211
Srovnání stavu humusových forem ve clonném a násečném postavení [*Comparison of humus forms in the position of shelter and border cut for the fir regeneration*]

IVAN REPÁČ – JAROSLAV VENCURIK – MIROSLAV BALANDA 219
Vplyv rastového substrátu, mykorizácie a hnojenia na biometrickú a fyziologickú kvalitu dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného [*Effects of substrate, mycorrhization and fertilization on biometric and physiological quality of two-year-old container-grown Norway spruce seedlings*]

MILAN SANIGA – JÁN PITTNER – MIROSLAV BALANDA 229
Vplyv výberkového rubu na štruktúru a dynamiku prirodzenej obnovy v bukovom výberkovom lese [*Effect of selective cutting on structure and dynamics of natural regeneration in beech selection forest*]

JIŘÍ SOUČEK..... 238
Změny délky stínu stromu [*Changes of tree shade length*]

JANA STEJSKALOVÁ – IVO KUPKA 245
Vliv stratifikace na základní charakteristiky kvality semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.) [*Effect of sycamore seeds (Acer pseudoplatanus L.) stratification on their basic quality characteristics*]

DAVID SYCHRA – OLDŘICH MAUER..... 253
Růst výsadeb douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na zemědělských půdách [*Growth of young douglas fir plantations (Pseudotsuga menziesii /Mirb./ Franco) on agricultural lands*]

VLADIMÍR ŠEBEŇ..... 264
Krátkodobé priestorové zhodnotenie leteckého plošného vápnenia [*Short-term spatial assessment of air liming*]

ONDŘEJ ŠPULÁK – JARMILA MARTINCOVÁ 274
Vliv pozdního mrazu na změnu fluorescence chlorofylu sazenic jedle bělokoré v závislosti na způsobu pěstování [*Influence of late frost on chlorophyll fluorescence response in silver fir plants depending on nursery practices*]

IGOR ŠTEFANČÍK – MARTIN KAMENSKÝ – SLAVOMÍR STRMEŇ..... 282
Vývoj kvantitatívnej produkcie bukového porastu s oneskorenou výchovou [*Development of quantitative production of beech stand with delayed tending*]

OTAKAR ŠVEC 291
Stanovení celkového objemového přírůstu smrko-borového bohatě strukturovaného porostu v procesu přestavby na lesnickém úseku Klokočná [*Determination of the total current annual increment of spruce – pine rich-structured forest stands in course of stand transformation in the Klokočná Forest Range*]

ANNA TUČEKOVÁ 299
Porovnanie ujímavosti výsadieb smreka obyčajného v bioskupinách po aplikácii rôznych hnojív v oblasti Nízkych Tatier [*Afforestation in biogroups on calamity clearings in the Low Tatras area*]

MAREK TUŽINSKÝ 309
Založenie výskumných plôch pre sledovanie výsadieb na poľnohospodárskej pôde – krátke zdelenie [*Establishment of research plots for monitoring of plantings on agricultural land – short communication*]

Příloha – seznam sborníků z přecházejících symposií a citace aktuálního vydání..... 317
[*Appendix – list of proceedings from previous symposiums and citation of the actual volum*e]

Výzkumný demonstrační objekt Jizerka, 23 let zkušeností s prosperitou dřevin v horských podmínkách

Experimental plot Jizerka, 23 years' experience with tree species prosperity in mountain conditions

VRATISLAV BALCAR – DUŠAN KACÁLEK – ONDŘEJ ŠPULÁK – IVAN KUNEŠ

Abstract

The Jizerka experimental plot was established to investigate the prosperity of 30 tree species under conditions of formerly air-polluted mountain site, the Jizera Mts. In addition to tree species performance, also damaging agents, growing conditions and soil properties were investigated. The long-term experimental plot proved its importance for inferring unbiased conclusions. For instance, from the short-term point of view, tree species such as Scots pine and silver birch showed a satisfactory performance. In 2004–2005 and 2005–2006 periods, the height of snow cover exceeded 200 cm which affected pine, spruce, larch and birch negatively. The load of snow resulted in branch breakage, bole wounds and top breakage. Both pine and silver birch were no longer recommended to be planted on the site. Twenty years after planting, the introduced spruces showed a lower mortality rate (19–37%) compared to Norway spruce (45%). As for height growth, Sitka spruce was found to perform the best. Growth of Norway spruce was comparable with black spruce, Serbian spruce and white spruce. The lowest group includes both red spruce and blue spruce. However, black spruce was attacked by two species of bark beetle (Pityogenes chalcographus L. and Ips amitinus Eichh) that caused its rapid decline and increased mortality in 2010. Nowadays blue spruce shows low vitality due to Cucurbitaria piceae Borthw. fungus.

Keywords: *forest regeneration, the Jizera Mountains, forest tree species, prosperity of tree species*

Abstrakt

Výzkumný demonstrační objekt Jizerka byl založen v bývalé imisní oblasti Jizerských hor za účelem hodnocení prosperity 30 dřevin. Kromě růstu dřevin byl na ploše sledován výskyt škodlivých činitelů, růstové podmínky a půdní vlastnosti. Dvacet tři let sledování prokázalo potřebu dlouhodobého hodnocení vývoje testovaných kultur lesních dřevin v zájmu získání objektivních závěrů. Například krátkodobé hodnocení dřevin jako borovice lesní a břízy bělokoré dokládalo jejich uspokojivý růst. V letech 2004–2005 a 2005–2006 výška sněhu přesáhla 200 cm, což negativně ovlivnilo borovici, smrk, modřín a břízu. Zátěž sněhu vytrhávala větve z kmenů a lámala vrcholy stromů. Jak borovice, tak bříza bělokorá již nejsou doporučovány k výsadbě. Dvacet let po výsadbě introdukované smrky vykazovaly nízkou mortalitu (19–37 %) ve srovnání se smrkem ztepilým (45 %). Pokud jde o výškový růst, nejlépe prosperoval smrk sitka. Smrk ztepilý byl srovnatelný se smrkem černým, omorikou a sivým.

Nejnižší byla skupina smrku červeného a pichlavého. Později byl smrk černý napaden dvěma druhy kůrovců (*Pityogenes chalkographus* L. a *Ips amitinus* Eichh.), kteří způsobili rychlé chřadnutí a zvýšení mortality v roce 2010. Snížení vitality v této době je patrné i na smrku pichlavém napadeném houbou kloubnatkou smrkovou (*Cucurbitaria piceae* Borthw.).

Klíčová slova: *obnova lesa, Jizerské hory, lesní dřeviny, prosperita dřevin*

ÚVOD

V důsledku znečištění ovzduší průmyslovými podniky došlo v druhé polovině minulého století k oslabení a poškození lesních porostů na velké části střední Evropy. Nejvíce byly postiženy horské oblasti v trojmezí Česka, Polska a Německa – Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše, kde v důsledku imisní zátěže a doprovodných stresů abiotického i biotického původu docházelo k rozsáhlému úhynu lesů. Po vytěžení poškozených a odumřelých porostů vznikly ve vyšších horských polohách velké kalamitní holiny, které bylo nutno znovu zalesnit, a to především pro zachování ekologických funkcí lesa (půdoochranných, vodohospodářských aj.). Nově zakládané kultury postihovaly specifické stresy drsných odlesněných horských lokalit (klima, přemnožení škůdců). Pokusy o obnovu porostů často selhávaly a bylo nutno zdokonalovat lesopěstební technologie. Jejich součástí byl i výběr druhové skladby vhodné pro dané růstové podmínky. Potřeba získání nových exaktních poznatků o prosperitě dřevin potenciálně vhodných pro obnovu lesních porostů v extrémně nepříznivých růstových podmínkách imisních kalamitních holin vedla v roce 1990 k založení výzkumného demonstračního objektu Jizerka. Na ploše je sledován a vyhodnocován vývoj výsadeb širokého sortimentu lesních dřevin (cca 30 taxonů, viz Tab. 1) včetně jejich reakcí na specifické stresy, které se na vybrané (modelové) lokalitě vyskytují. Získané poznatky slouží k objektivnímu posouzení využitelnosti testovaných druhů při obnově lesních porostů v daných růstových podmínkách. Sortiment testovaných dřevin zahrnuje kromě domácích druhů navrhovaných do obnovních cílů v Jizerských horách i dřeviny introdukované. Součástí výzkumných aktivit je také zjišťování možnosti podpory kultur vybraných dřevin pomocí melioračních a fytomelioračních opatření (aplikace horninových mouček, dvoufázová obnova pomocí přípravných dřevin) a kontinuální sledování dynamiky růstových podmínek – klimatických, imisních a půdních. Dlouhodobé sledování vývoje výsadeb přineslo zajímavé poznatky o změnách růstových podmínek a také o změnách v prosperitě dřevin.

Lokalizace objektu a růstové podmínky

Pro založení demonstračního objektu byla vybrána kalamitní holina na vrcholu a horní části jihozápadního svahu Středního Jizerského hřebene jako lokalita reprezentující silně nepříznivé růstové podmínky dané oblasti. Lokalita leží zhruba 1 km na SV od osady Jizerka (LČR, s. p., Lesní správa Frýdlant v Čechách). Nachází se v nadmořské výšce 950 až 980 m, na souřadnicích 50° 49´ 34´´ SZŠ a 15° 21´ 19´´ VZD. Stanoviště je řazeno do lesního typu kyselá smrčina třtinová (8K2). Půdním typem je horský humusový podzol, v horní části histický se zrašelinělým nadložním humusem; matečnou horninou je biotitická žula. Dlouhodobý srážkový normál uváděný pro stanici Jizerka (cca 1300 m od plochy) činil v době založení objektu (1990) 1476 mm ročně, průměrná teplota vzduchu se pohybovala kolem 4 °C, průměrná koncentrace SO_2 v ovzduší 25 $\mu g.m^{-3}$ a koncentrace F 0,19 $\mu g.m^{-3}$.

Později (1998) koncentrace SO_2 poklesly pod 10 $\mu g.m^{-3}$, stav F v ovzduší se výrazněji nezměnil.

Založení výsadeb

První testované dřeviny byly vysázeny v roce 1990 na volnou plochu ve sponu 2 × 1 m na čtvercové parcely o straně 10 m (tj. po 50 ks) a to ve čtyřech opakováních, smrkové exoty ve dvou opakováních. S výjimkou smrku ztepilého (část sazenic krytokořenná) byly neopadavé jehličnany vysázeny jako prostokořenné, modřín a listnáče měly většinou kořeny kryté. Podle původního projektu byla výsadba provedena i pod zbytky ponechaného porostu (poškozená osmdesátiletá smrková monokultura) v horní části pozemku. Během následujících dvou let však zde byla většina stromů původního porostu vyvrácena a tato část po dotěžení vyklizena. Doplňování výzkumného objektu o další výsadby bylo realizováno v následujících 13 letech (1991–2003). Velikost parcel a spon sazenic byly zpravidla zachovány, počet opakování se pohyboval mezi 2 a 4 s výjimkou douglasky tisolisté o 1 parcele.

Meliorační a fytomeliorační opatření

Jako meliorační příměs byl při výsadbách v letech 1991, 1993, 1994 a 1995 aplikován jemně mletý dolomitický vápenec, a to v množství 1 kg na 1 sazenici. Vápenec se při výsadbě smísil se zeminou v jamce, u jedné výsadbové varianty (smrk 1991) se rozptýlil po povrchu půdy kolem stromku v kruhu o průměru 1 m. Dalšími melioračními prostředky byla čedičová drť a jemně mletý amfibolit, a to v množství 2 kg na 1 sazenici smísené při sadbě s půdou v jamce. Čedič byl aplikován na jaře 1993, amfibolit na jaře 1994. V roce 2002 byl ve spolupráci s Lesnickou fakultou ČZU Praha rozšířen sortiment výsadeb přihnojených horninovými moučkami o olši lepkavou (výsadba 1994), olši šedou, olši zelenou a jasan ztepilý (výsadby 2001 a 2003).

Sledování vývoje výsadeb

Zdravotní stav výsadeb – symptomy poškození a mortalita – je zjišťován každoročně na jaře. Pokud jsou symptomy poškození četnější (desikace jehličí v předjaří, poškození přízemním mrazem aj.), jarní šetření se zaměřují na postižené dřeviny a dle potřeby se opakují. Druhá kontrola zdravotního stavu spojená s měřením výšek probíhá po ukončení růstu počátkem podzimu. U vybraných druhů jsou prováděna doplňující biometrická měření (tloušťka kmene, délka větví) a u neopadavých jehličnanů je ve víceletých intervalech hodnoceno olistění.

Měření růstových podmínek

Z klimatických podmínek jsou na lokalitě od roku 1993 měřeny celoročně srážky klasickým srážkoměrem s týdenní expoziční dobou a od roku 1996 i ve vegetační době automatickou stanicí Noel 2000 a od roku 2007 nástupním modelem typu LEC 3000. Stanice Noel (LEC) také celoročně měří v 1hodinových termínech teploty vzduchu (+200 cm, +30 cm) a půdy (–20 cm), sluneční radiaci, směr a rychlost větru a ve 24hodinových (od června 2007 v 1hodinových) termínech vlhkost půdy (–20 cm). V letech 2003 a 2004 bylo měření teplot vzduchu a půdy rozšířeno instalací automatických záznamníků Logger S0141 (fa Comet System). Tři záznamníky (v horní, střední a dolní části objektu) měří teploty vzduchu na volné ploše ve výškách 200 a 30 cm nad terénem, dále pod korunou

smrků ve výšce 30 cm a teplotu půdy v hloubce 10 cm. Dále jsou na výzkumném objektu prováděna operativní detailní šetření klimatických poměrů v závislosti na řešené problematice.

Charakteristika půdních podmínek byla zjišťována poprvé v roce 1990 v souvislosti s projektovanou aplikací bázických horninových mouček. Půdní analýzy zaměřené na zjišťování vlivu melioračních opatření jsou prováděny ve víceletých intervalech (zpravidla 2–3letých). Stav výživy u výsadeb s testy uplatnění horninových mouček je zjišťován pomocí listových analýz.

Imisní zátěž výsadeb sirnými sloučeninami byla do konce roku 2012 měřena během celého roku kontaktní sumační metodou s týdenními termíny expozice. Ovlivnění dřevin imisemi je i dále sledováno pomocí chemických analýz asimilačních orgánů vybraných monitoračních dřevin (jeřáb ptačí, smrk ztepilý). Znečištění ovzduší bylo měřeno pasivními samplery firmy Gradko, a to koncentrace O_3 (od r. 2003), SO_2 (2005) a NO_2 (2006), vše do roku 2009 včetně.

DOSAVADNÍ VÝSLEDKY (VÝBĚR)

Vývoj domácích jehličnanů

Výsadby **smrku ztepilého** byly v prvních pěti letech silně postiženy šokem z přesazení, který se projevil zpomalením růstu a vysokou mortalitou. V následujících letech ztráty na výsadbě ustaly a výškový růst se postupně zvýšil na očekávaný standard. Zhruba stejně lze charakterizovat vývojové trendy **jedle bělokoré**. Rychlý růst a dobrý zdravotní stav vykazovala v letech 1992–2005 i kultura náhorního ekotypu **borovice lesní,** a to v letech 1992–2005. Později, zhruba po 12 letech od výsadby, byla většina jedinců (cca 60 %) těžce poškozena sněhem. Z přípravných dřevin vykazuje vysokou vitalitu **modřín opadavý,** a to i při výskytu poměrně častých korunových deformací působených sněhem. **Borovice kleč** a **blatka**, u kterých je potenciální využití jako dřevin přípravných, svým růstem a dobrých zdravotním stavem prokazují (očekávanou) vysokou toleranci k lokálním stresům prostředí.

Tab. 1: Dřeviny testované na demonstračním objektu Jizerka

Tab. 1: *Tree species within the experimental plot Jizerka*

Dřeviny *Tree species*	**Rok výsadby** *Year of planting*	**Varianty** *Treatments*	**Sa ks** *Pcs. of Plants*	**Zkratka dřeviny a varianty** *Species and treatment abbreviations*		
domácí a zdomácnělé:						
Smrk ztepilý	1990–1995	21	3450	SMZ	A, B, C, D	k,v,c,s,h,j,p
Jedle bělokorá	1994	3	490	JD		k, v, a
Borovice lesní náhorní	1992	1	120	BOL		
Borovice kleč	1990, 1992	1	330	BOK		
Borovice blatka	1990, 1992	2	510	BOB		
Modřín opadavý	1990, 1991	2	470	MDO		
Buk lesní	1990,1992, 1993, 1995–1998, 2001	13	1970	BK		k, v, c, o, b
Javor klen	1991, 1992, 1993, 1997, 2001	8	1240	JVK		k, v, c
Jilm horský	1994, 2001, 2003	5	530	JLH		k, v, a

Jasan ztepilý	2000	1	150	JS		
Dřeviny *Tree species*	**Rok výsadby** *Year of planting*	**Varianty** *Treatments*	**Sa ks** *plants*	**Zkratka dřeviny a varianty** *Species and treatment abbreviations*		
Bříza bělokorá	1990, 1992, 1993	2	470	BRB		
Bříza karpatská	1993	3	340	BRK		k, v, c
Bříza pýřitá	2000	1	200	BRP		
Bříza trpasličí	2001	1	110	BRT		
Bříza sp.	1990	1	200	BR		
Jeřáb ptačí pravý	1990, 1992, 2000	2	480	JR		p
Jeřáb ptačí olysalý	1996, 2000	1	150	JRO		p
Olše černá	1994	1	200	OLC		
Olše šedá	2000, 2003	1	150	OLS		
Olše zelená	1992, 2000	2	400	OLZ		
Topol osika	1996 (podzim)	1	150	OS		p
Třešeň ptačí	2001	1	60	TRP		
Vrba slezská	1996 (podzim)	1	150	VRS		p
exoty:						
Smrk pichlavý	1990	2	200	SMP	A, B	
Smrk černý	1990	1	100	SMCN		
Smrk sitka	1990	1	100	SMS		
Smrk červený	1990, 1991	2	300	SMCV		
Smrk bílý	1990, 1991	3	390	SMB	A, B	
Smrk omorika	1990, 1993	4	470	SMO		k, v, c
Douglaska tisolistá	1991	1	50	DGL		
Borovice pokroucená	1990, 1992	1	240	BOP		
Borovice rumelská	1990, 1992	1	280	BORM		

Pozn.: Symboly dřevin v následujících grafech jsou složeny ze zkratky dřeviny, posledního dvojčíslí letopočtu výsadby a případně i pořadí varianty (A, B,…) a označení aplikace meliorační příměsi (k = kontrola, v = aplikace jemně mletého dolomitického vápence do jamky, j = aplikace jemně mletého dolomitického vápence, p = povrchová aplikace jemně mletého dolomitického vápence, a = aplikace amfibolitové moučky, c = aplikace čedičové drti, s = aplikace hnojiva Silvamix, o výsadba do kultury olše zelené).

Vývoj introdukovaných jehličnanů

Introdukované smrky vykazovaly v prvních letech po výsadbě vyšší toleranci ke komplexnímu stresu prostředí, což se projevilo nižší mortalitou (průměrné ztráty v první pěti letech po výsadbě 15–30 %, u smrku ztepilého 49 %). Podle vitality posuzované výškovým růstem 20 % nejvyšších jedinců lze introdukované smrky rozdělit do tří skupin. Poměrně pomalu rostly výsadby **smrku pichlavého** a **smrku červeného**, střední hodnoty výškových přírůstů vykazovaly **smrk sivý**, **smrk omorika** a **smrk černý** a nejrychleji rostla výsadba **smrku sitky.** V porovnání se smrkem ztepilým rostly introdukované smrky většinou rychleji, ale zhruba po deseti letech po výsadbě se růst smrku ztepilého zrychlil a jeho výška se vyrovnala se severoamerickým **smrkem sitkou,** ostatní druhy předstihl. V průběhu časného léta 2010 se na výzkumné ploše objevilo masivní chřadnutí **smrku černého**, provázené výrazným opadem jehličí. Hlavní příčinou chřadnutí bylo pravděpodobně oslabení jedinců stresovými podmínkami stanoviště pro tuto dřevinu. Následovalo tak napadení kůrovci, a to lýkožroutem lesklým (*Pityogenes chalcographus* L.) a lýkožroutem

menším (*Ips amitinus* Eichh). Přibližně ve stejnou dobu se na **smrku pichlavém** objevilo napadení kloubnatkou smrkovou (*Cucurbitaria piceae* Borthw.). Výskyt kloubnatky je zaznamenám na této dřevině i v okolních porostech a poškození má progresivní charakter.

Z ostatních introdukovaných jehličnanů poměrně rychle roste **douglaska tisolistá** (avšak její růst je netvárný) a **borovice pokroucená**, pomaleji roste **borovice rumelská**.

Vývoj domácích listnáčů

Z testování cílových listnáčů, které by se na dané lokalitě mohly vyskytovat v příměsi – **buku lesního** a **javoru klenu** – vyplývá výrazný rozdíl prosperity podle umístění na ploše. V horní části obě dřeviny v důsledku komplexního stresu prostředí téměř uhynuly, v dolní části se po počátečních ztrátách jejich stav zlepšil a vykazují uspokojivý zdravotní stav i růst. Vysokou mortalitu a špatný zdravotní stav vykazují testované výsadby **jilmu horského**, **jasanu ztepilého** a **třešně ptačí**. Na základě výsledků šetření možno konstatovat poměrně rychlý růst a dobrý zdravotní stav **břízy bělokoré** i **břízy karpatské** v prvních letech po výsadbě (1990–1996). Od osmého roku byly výsadby **břízy bělokoré** poškozovány komplexním stresem prostředí dané lokality a z jedné třetiny odumřely. Zbývající část má silně redukovaný asimilační aparát (průměrná defoliace v roce 2002 činila 60 %) a postupně odumírá. Oproti tomu kultury břízy karpatské prosperují poměrně dobře. Z přípravných dřevin vykazuje vysokou vitalitu **jeřáb ptačí, olše lepkavá, olše šedá** a **olše zelená**. V současné době však **olše lepkavá** vykazuje časté vrškové zlomy a deformace korun působené sněhem.

Tab. 2: Mortalita a průměrná výška nejvyšších 20 % jedinců po prvních 10 letech po výsadbě.

Tab. 2: *Mortality and mean heights of 20% dominant trees in 10-year-old plantation.*

Dřeviny domácí *Native tree species*	**Rok výsadby** *Planting year*	**Mortalita** *Mortality* **[%]**	h [cm]	**Dřeviny introdukované** *Introduced tree species*	**Rok výsadby** *Planting year*	**Mortalita** *Mortality* **[%]**	**h [cm]**
Smrk ztepilý	1990	41	130	Smrk pichlavý	1990	27	124
Jedle bělokorá	1994	39	106	Smrk červený	1990	25	137
Borovice lesní	1992	74	178	Smrk sivý	1990	17	160
Modřín opadavý	1991	65	274	Smrk omorika	1990	21	163
Borovice kleč	1992	24	118	Smrk černý	1990	24	226
Borovice blatka	1992	38	120	Smrk sitka	1990	18	202
Buk lesní	1993	58	146	Douglaska tisolistá	1991	60	222
Javor klen	1993	55	157	Borovice pokroucená	1992	49	120
Jilm horský	1994	95	70	Borovice rumelská	1992	42	115
Bříza bělokorá	1993	66	219				
Bříza karpatská	1993	14	253				
Jeřáb ptačí	1990	47	207				
Olše zelená	1992	15	143				

Pozn.: h [cm] – průměrná výška / *mean height*

Výsledky fytomelioračních a meliorační opatření

Výsledky terénních šetření a analýz listů i půdy dokládají **pozitivní vliv 3leté kultury olše zelené** jako přípravné dřeviny **na vývoj bukových kultur**, a to zvýšením obsahu N a K ve svrchní vrstvě půdy. Příznivý vliv jemně mletého dolomitického vápence se na vitalitě **smrku ztepilého** projevil při povrchové i hloubkové aplikaci. Příznivý vliv vápnění je zřejmý i na výsadbách **buku lesního, javoru klenu a jilmu horského**, které mikroklima holé seče postihuje více než smrk ztepilý. Nejvyšší stimulační účinek aplikace hornin na vývoj kultur lze očekávat od třetího do pátého roku, s odezníváním vlivu aplikace možno počítat po 5–10 letech od výsadby. Na **bříze karpatské** se vliv vápnění projevuje naopak zpomalením růstu.

Výsledky měření meteorologických a imisních podmínek

Z kontinuálního sledování meteorologických prvků je možno konstatovat výrazné rozdíly oproti očekávaným parametrům. Průměrná roční **teplota vzduchu** (5,0 °C) byla výrazně vyšší (předpoklad 4,0 °C), **průměrný roční úhrn srážek** (1135 mm) byl naopak nižší (1450 mm). Podle výsledků měření **depozice sirných sloučenin** kontaktní sumační metodou lze konstatovat, že imisní zátěž lesních ekosystémů klesala v období 1992–1995, později opět zesílila a od roku 2001 do roku 2010 byla na vzestupu. Výsledky měření koncentrací znečištění ovzduší pomocí **pasivních samplerů** vykazují následující hodnoty ročních průměrů: O_3 = 102 µg.m^{-3} (měřeno 2003–2009), SO_2 = 4 µg.m^{-3} (2005–2009), NO_2 = 5 µg.m^{-3} (2006–2009). **Depozice síry ve srážkách** měřená 1997–2012 postupně klesá.

Na ploše Jizerka je v současné době demonstrováno:

- **Odrůstání široké škály přípravných i cílových dřevin** (cca 30 dřevin, 90 výsadbových variant) na imisní kalamitní holině v hřebenové oblasti Jizerských hor a jejich poškození abiotickými faktory i biotickými škůdci (následky poškození mrazem, poškození krupobitím, deformace sněhem …).
- **Vliv vápnění a aplikace jemně mletého amfibolitu** při výsadbě na kultury smrku ztepilého, buku lesního, javoru klenu, jilmu horského a břízy karpatské.
- **Vliv dodatečné aplikace směsi jemně mletého dolomitu a amfibolitu** na kultury olše lepkavé, olše šedé, olše zelené a jasanu ztepilého.
- Krycí a fytomelioračního účinnost 3leté kultury olše zelené s 3letým věkovým předstihem na prosadby buku lesního a smrku ztepilého.
- Vývoj řízkovanců autochtonního SMZ.
- Přirozené zmlazení na volné, resp. oplocené ploše (JŘ, VR slezská, obecná, OS...).
- **Kontinuální průběh klimatických podmínek** měřených automatickou stanicí Noel a standardním srážkoměrem (teplota, srážky, vlhkost půdy, sluneční svit, směr a rychlost větru).
- **Průběh imisní zátěže** měřené kontaktní sumační metodou, analýzami periodicky odebíraných vzorků srážek a listovými analýzami indikačních dřevin (smrk, jeřáb).

ZÁVĚR

Dosavadní šetření na výzkumném demonstračním objektu Jizerka potvrdila počáteční předpoklady o obtížnosti obnovy lesních porostů na rozsáhlých kalamitních holinách vyšších horských poloh. Domácí dřeviny pokládané za optimální pro tvorbu druhové skladby dřevin

na daném stanovišti (hlavně smrk ztepilý a buk lesní) byly v prvních letech po výsadbě silně poškozovány biotickými i abiotickými stresy (imise, pozdní mrazy, hmyz, myšovití hlodavci aj.). Výrazně vyšší toleranci ke stresům prostředí vykazovaly domácí „pionýrské“ druhy i dřeviny introdukované, u kterých byl předpoklad případného uplatnění i v cílové druhové skladbě. Později však výsadby smrku ztepilého překonaly „šok z přesazení“ i lokální stresy a jejich vitalita se zvyšovala (nutno zmínit i výrazný pokles imisní zátěže, který se při zakládání pokusu předpovědět nedal). Na druhé straně se u dřevin zpočátku tolerantních začaly projevovat problémy v jejich prosperitě. Například: Bříza bělokorá byla po 7letém úspěšném růstu silně poškozena komplexním stresem prostředí a ukázala se být pro vyšší horské polohy nevhodnou. Borovici lesní náhorní s vysokou vitalitou v prvních 12 letech silně poškodily kalamitní přívaly sněhu. Smrk černý 20 let prosperoval jako nejvitálnější smrkový exot, později však byl atakován kůrovci a uhynul. I smrk pichlavý, považovaný za velmi tolerantní k imisím a vhodný i jako náhradní dřevina, rostl zprvu dobře, v současnosti (tj. po 23 letech od výsadby) je silně napaden houbou kloubnatkou a lze očekávat jeho úhyn.

Dvacet tři let sledování prokázalo potřebu dlouhodobého hodnocení vývoje testovaných kultur lesních dřevin v zájmu získání objektivních závěrů.

Spolupráce

Na zakládání a provozu výzkumného demonstračního objektu Jizerka spolupracují **Lesy České republiky, s. p., Lesní správa Frýdlant v Čechách**. Za spolupráci při zakládání výsadeb patří náš dík i Správě CHKO Jizerské hory. Spolu s Fakultou lesnickou a dřevařskou ČZU v Praze jsou v zájmovém území realizovány výzkumné projekty.

Dedikace

Výzkumná šetření včetně vyhodnocení získaných výsledků uvedených v příspěvku byla provedena za institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – probíhajícího výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a ukončeného projektu NAZV č. QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“.

Publikace poznatků

Poznatky získané na výzkumné ploše jsou průběžně zveřejňovány formou referátů na vědeckých konferencích u nás i v zahraničí a publikovány v odborných časopisech a monografiích (publikováno bylo cca 70 prací). Publikace jsou citovány v domácích i zahraničních databázích a informace o nich jsou také dostupné například v seznamu publikační činnosti na www.vulhmop.cz. Dále jsou poznatky předávány formou exkurzí a seminářů pořádaných pro pracovníky lesnické praxe, studenty lesnických škol a případné zájemce z veřejnosti.

POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA

BALCAR, V. – PODRÁZSKÝ, V. (1994): Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39: 2: 1–7.

BALCAR, V. – PODRÁZSKÝ, V. (1995): Zvýšení vitality kultur lesních dřevin aplikací horninových mouček při obnově lesa na kalamitních holinách Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 40: 3/4: 44–49.

BALCAR, V. (1998): Support of forest plantations in the mountains by application of finely ground dolomitic limestone. In: Third international conference on forest vegetation management: Popular summaries. Wagner, R. G., Thompson, D. G. (eds.), Forest Research Information Paper No. 141. Sault Ste. Marie (Canada), Ontario Forest Research Institute, s. 386–388.

BALCAR, V. (1998): Vývoj výsadeb lesních dřevin ve smrkovém vegetačním stupni v Jizerských horách. In: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakówie. Nr. 332. Sesja Naukowa. Zeszyt 56. Struktura i dynamika górskich borów swierkowych. Sympozjum... Kraków – Zakopane, 25.–27. 9. 1997. Kraków, Wyd. AR. 259–271.

BALCAR, V. (2001): Some experience of European birch (*Betula pendula* Roth) and Carpatian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 47: Special: 150–155.

BALCAR, V. – KACÁLEK, D. (2008): Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 54: 11: 509–518.

BALCAR, V. – KACÁLEK, D. – KUNEŠ, I. (2009): Vývoj kultury jilmu horského (*Ulmus glabra* HUDS.) v hřebenové poloze Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 54: Special: 3–8.

BALCAR, V. – KACÁLEK, D. – ŠPULÁK, O. – KUNEŠ, I. – DUŠEK, D. – BALÁŠ, M. – NOVÁK, J. – (2010): Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 3: 149–157.

BALCAR, V. – KACÁLEK, D. (2010): Poškození experimentální výsadby borovice lesní sněhem v horách. In: Sněhová kalamita v borovém hospodářství 2010. Sborník přednášek odborného semináře, Novák, J. et al. (eds.), Albrechtice nad Orlicí, 5. 3. 2010, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, s. 28–29.

BALCAR, V. – ŠPULÁK, O. – KACÁLEK, D. (2010): Vývoj kultur sedmi druhů smrku v hřebenové poloze Jizerských hor. In: Aktuality v pěstování introdukovaných dřevin. Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 21. 10. 2010, ČZU, Praha, s. 4–7 .

BALCAR, V. – KACÁLEK, D. – KUNEŠ, I. – DUŠEK, D. (2011): Effect of soil liming on European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) plantations. Folia Forestalia Polonica, series A, 53: 2: 85–92.

BALCAR, V. – ŠPULÁK, O. – KACÁLEK, D. – KUNEŠ, I. (2012a): Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka – I. Srážky a půdní vlhkost. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 1: 74–81.

BALCAR, V. – ŠPULÁK, O. – KACÁLEK, D. – KUNEŠ, I. (2012b): Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka. II – teplota, vítr a sluneční svit. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 2: 160–172.

KUNEŠ, I. – BALCAR, V. – ČÍŽEK, M. (2004): Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. Journal of Forest Science, 50: 8: 366–373.

KUNEŠ, I. – BALCAR, V. – VYKYPĚLOVÁ, E. – ZADINA, J. (2006): Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. Zprávy lesnického výzkumu, 51: 2: 84–91.

KUNEŠ, I. – BALCAR, V. – ZAHRADNÍK, D. (2007): 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, 53: 11: 505–515.

KUNEŠ, I. – BALÁŠ, M. – MILLEROVÁ, K. – BALCAR, V. (2011): Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 9/2011. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 50 s.

PODRÁZSKÝ, V. – ULBRICHOVÁ, I. (2003): Soil chemistry changes in green alder (*Alnus alnobetula* Ehrh., C. Koch). Journal of Forest Science, 49: 3: 104–107.

SLODIČÁK, M. et al. (2005): Lesnické hospodaření v Jizerských horách., Lesy České republiky, Hradec Králové; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady, 232 s.

Adresy autorů

Ing. VRATISLAV BALCAR, CSc.
Ing. DUŠAN KACÁLEK, Ph.D.
Ing. ONDŘEJ ŠPULÁK, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550
517 73 Opočno
e-mail: balcarv@vulhmop.cz kacalek@vulhmop.cz

Ing. IVAN KUNEŠ, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176
165 21 Praha 6 – Suchdol

Vplyv vybraných faktorov prostredia na kvalitatívne znaky smrekových porastov v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec

Influence of selected environmental factors to qualitative characteristics in Norway spruce stands in the 1st buffer zone of Málinec water-supply storage

MARTIN BÁTOR

Abstract

Some of the qualitative biometric characteristics are important for maintaining stability of a stand. Site conditions and species composition affected length and radius of crowns, stem quality, crown quality and the character of damage. We explored qualitative characteristics of Norway spruce in homogeneous planted stands aged 22–24 years in suboptime of occurrence on 4 permanent research plots of size mainly 20 × 50 m. Every permanent research plot is influenced by different exposition (northern, southern, eastern, western), slope, level of stoniness, stand density and by admixture of deciduous tree species influenced. We found that crowns width decreased by increasing of slope. Admixture of deciduous trees causes creation of better and more uniform crowns. In the dense stands, it occurs the significant shortening of crowns which reach less than half of the height of the tree. Admixture of deciduous trees accelerates the death of individuals. The most frequent kind of damage is a peeling by deer (it decreases by increasing of stand density). Stem fungal diseases and deformations (mainly fork), are often.

***Keywords**: Norway spruce stands, qualitative biometric characteristics, 1st buffer zone, crown, stem*

Abstrakt

Niektoré kvalitatívne biometrické znaky porastov sú dôležité pre udržania stability porastu. Stanovištné podmienky a drevinové zloženie ovplyvňujú dĺžky a polomery korún, kvalitu kmeňa a koruny a spôsob poškodenia. Na 4 trvalých výskumných plochách rozmerov väčšinou 20 × 50 m sme skúmali kvalitatívne znaky na smreku obyčajnom vo vysadených rovnorodých porastoch veku 22–24 rokov v suboptime výskytu. Každá TVP je ovplyvnená rôznou expozíciou (severná, južná, východná, západná), sklonom svahov, balvanitosťou terénu, hustotou porastu a prímesou listnatých drevín. Zistili sme, že s vyšším sklonom svahu sa zmenšuje šírka korún. Prímes listnatých drevín prospieva ku vytváraniu kvalitnejších rovnomernejších korún. V hustých porastoch dochádza k výraznému skracovaniu korún, ktoré nedosahujú ani polovicu výšky stromu. Prímes listnáčov zároveň urýchľuje odumieranie jedincov. Stromy sú najčastejšie poškodzované lúpaním zverou (klesá s hustotou porastu). Časté sú hubové ochorenia kmeňa a kmeňové deformácie (najmä vidličnatosť).

***Kľúčové slová**: porasty smreka obyčajného, kvalitatívne biometrické znaky, 1. ochranné pásmo, koruna, kmeň*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Špecifikum vodárenských nádrží spočíva v ich význame z pohľadu zásobárne kvalitnej pitnej vody. Lesné porasty v ich povodí vyžadujú osobité spôsoby obhospodarovania, aby sme zabezpečili dostatočnú akumuláciu vôd požadovanej, vysokej kvality (vodoochranná funkcia). V 1. ochrannom pásme (OP) sú vysádzané predovšetkým smrekové porasty z dôvodu predpokladaného priaznivého vplyvu na kvalitu vody. Statická stabilita je pritom rozhodujúca pre plnenie požadovaných funkcií. Pre udržanie statickej stability sú rozhodujúcimi biometrické znaky jednotlivých stromov. Z hľadiska predikcie vývoja porastu je nevyhnutné zaoberať sa kvalitatívnymi znakmi, ako sú parametre korún stromov, kvalita kmeňa, rozsah poškodenia porastov a posúdenie, ktoré podmienky prostredia vplývajú na ich udržanie (BÁTOR, SZEGHÖ 2012).

Príznaky poškodenia smrekových porastov sa výraznejšie prejavujú už v nižších nadmorských výškach (SPIECKER 2000), avšak aj tu môžu smrekové porasty prosperovať (PACALAJ et al. 2002). Aj na VN Málinec sa nachádza smrek v suboptime svojho výskytu, nakoľko ide o 2.–3. vegetačný stupeň.

Kvalitu koruny a kmeňa skúmal na vodárenskej nádrži GUBKA (2011). Jednotlivé stupne poškodenia, kvalitu kmeňa a koruny skúmali v 1. OP VN Klenovec a Hriňová aj ŠPIŠÁK, PITTNER (2011) a PITTNER, ŠPIŠÁK (2011) Autori vykonali svoj výskum na trvalých výskumných plochách (TVP) podobnou metodikou, pričom na Klenovci ide o 40ročné a na Hriňovej o 60 ročné smrekové porasty. Podobne sa kvalitou kmeňa a koruny zaoberal aj GUBKA (2002) na VN Klenovec. ANTALÍK (2009) a SIROTA (2002) vykonali základné zisťovania celkovej štruktúry porastu na VN Málinec. KANTOLA, MÄKELÄ (2004) sa venovali zmenám dĺžky korún vplyvom rozdielnych výchovných zásahov.

Vplyvom stanovištných faktorov na kvalitu kmeňa a korún sa venovalo málo autorov, pretože tieto zmeny sú viazané prevažne na hustotu porastu, ktorú možno ovplyvniť použitím rôznych pestovných postupov. Informácie treba preto zhrnúť od tých autorov, ktorí opisujú štruktúru porastov na konkrétnych stanovištiach. Predpokladáme však, že nielen výchovné zásahy, ale aj stanovištné podmienky ako sklon svahu a expozícia majú význam pri formovaní stability porastov. Samostatnú kapitolu pri hodnotení vplyvu na kvalitu porastov tvorí výskum pôsobenia depozície chemických látok na porasty (napr. SOLBERG, TØRSETH 1997).

Okrem rastových charakteristík korún je veľmi významné aj poškodenie kmeňov stromov. Na základe neho možno predpokladať, ako dlho bude strom v poraste plniť svoju funkciu. Evidenciou jednotlivých foriem poškodenia získavame presný obraz o tom, ktoré činitele je potrebné v poraste eliminovať a ako hospodáriť, aby sme pôsobenie týchto faktorov minimalizovali. Škody zverou a hubové ochorenia sú významným faktorom spôsobujúcim znižovanie statickej stability a funkčnej účinnosti porastov (v mieste napadnutia sa stromy lámu), (KUNCA et al. 2007). Dostupnosť porastov pre zver a mechanické vlastnosti jedincov sú predpokladom pre vznik konkrétnych foriem poškodenia.

Cieľom práce je zistenie, aké hodnoty kvalitatívnych znakov dosahujú smrekové porasty v konkrétnych stanovištných podmienkach VN Málinec (dĺžka a priemet koruny, kvalita kmeňa a koruny, poškodenie stromov). Na základe týchto zistení môžeme predpokladať

vplyv faktorov prostredia a drevinového zloženia na formovanie kvalitatívnych znakov porastov.

MATERIÁL A METODIKA

Vodárenská nádrž (VN) Málinec sa nachádza v okrese Poltár (Banskobystrický kraj), v západnej časti Slovenského Rudohoria. Najvyšším bodom povodia je Bykov (1110 m n. m.), najnižším zátopová čiara VN (345,5 m n. m.), s výškovým rozdielom 764,5 m. Geologickým podložím sú granitoidy (prvohorné horniny kryštalinika). Pôdy sú ľahšie, piesočnato hlinité až hlinité, priepustné a stredne hlboké pôdy, prevažne kambizeme modálne a andozeme. Porasty sa nachádzajú v 2. až 6. lesnom vegetačnom stupni (LVS), porasty v 1. ochrannom pásme (OP) prevažne v 3. LVS. Dominujú dubové bučiny a bučiny.

Nádrž je vybudovaná na rieke Ipeľ, povodie Hrona. Priemené teploty sú v januári –4 °C, júlová teplota povodia 16 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 866 mm. Nadmorská výška 1. OP je priemerne 350 m.

1. OP zaberá 100 m široký pás okolo VN nad maximálnou prevádzkovou hladinou s plochou 2,80 km^2 (KOLEKTÍV 2003).

V práci prezentujeme výsledky zo 4 TVP nachádzajúcich sa v dielcoch 900a (ľavobrežná strana), 908 a 2 TVP v dielci 909b (pravobrežná strana). Plochy sú založené len v 1. OP, každá na inej expozícii (severná, južná, západná, východná) a inej sklonitosti svahov. Vysadené smrekové porasty sú vo veku 20–24 rokov, na ľavobrežnej strane je vek nižší asi o 2 roky. Boli založené v spone 2 × 2 m (2500 ks.ha^{-1}). Porasty sú v rastovej fáze žrdkoviny až žrďoviny. TVP sa odlišujú aj sklonom, prímesou listnatých drevín. Na každej TVP bol vykonaný len zdravotný výber.

- TVP I: expozícia východná, sklon 30°, vypuklý svah, vysoká hustota
- TVP II: expozícia severná, sklon 22°, bez prímesi listnatých drevín, vysoký podiel suchých jedincov
- TVP III: expozícia južná, sklon 36°, v polovici podrast *Prunus spinosa* do výšky 3 m, zdravotným výberom odstránené brezy a rakyty
- TVP IV: expozícia západná, sklon 46°, vysoká balvanitosť, prímes listnatých drevín v podúrovni aj v úrovni, často výmladkového pôvodu

Rozmery TVP sú 20 × 50 m, v závislosti od konfigurácie terénu sa menia pri súčasnom zachovaní rovnakej výmery TVP. Na každej TVP je tranzekt o šírke 3 radov stromov (5 m), na ktorom boli zisťované projekcia korún a výška nasadenia koruny (všetky jedince sú očíslované). TVP aj tranzekty sú v teréne riadne vyznačené bielymi pruhmi a linkami.

Biometrické znaky boli merané a evidované na všetkých jedincoch smreka (*Picea abies* [L.] Karst.) s výškou ≥ 1,3 m (nižšie jedince sa nevyskytujú). Listnaté dreviny boli evidované od $d_{1,3}$ > 2 cm. V teréne sme zisťovali tieto znaky:

- druh dreviny,
- hrúbka stromov ($d_{1,3}$) [cm] od evidovanej hodnoty 0,1 cm,
- kvalita koruny podľa veľkosti a symetrie; 5. stupňov: 1. st. – dostatočne dlhá symetrická, presahujúca 2/3 výšky; 2. st. – dostatočne dlhá asymetrická, presahujúca 2/3 výšky; 3. st. – priemernej dĺžky symetrická, 1/3–2/3 výšky; 4. st. – priemernej dĺžky asymetrická, 1/3–2/3 výšky; 5. st. – krátka nepravidelná chradnúca, menej ako 1/3 výšky (GUBKA 2011),

- kvalita kmeňa podľa stupňa poškodenia, deformácie a mechanického stavu; 4. stupne: 1 – kvalitné výrezy zvláštnej akosti, 2 – na piliarske výrezy, 3 – na úžitkové drevo v celých dĺžkach, 4 – na palivo a rovnané drevo (PRIESOL 1988),
- výška nasadenia koruny (presnosť 0,1 m); merané na tranzektoch,
- výška stromov (presnosť 0,5 m); merané na tranzektoch,
- parametre koruny (polomery korún v 4 smeroch – x_1-x_4 (x_1 proti spádnici, ďalšie v smere hodinových ručičiek po 90°; merané na tranzektoch), (presnosť 0,1 m),
- druh poškodenia stromov (Tab. 4, 5).

Kancelárskym spracovaním boli vypočítané:

- rozdelenie stromov do hrúbkových stupňov (hs) po 4 cm: prvý hs siaha od 0,1 do 4,0 cm, číslo v tabuľke udáva stred hs. Hs: 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26,
- početnosti stromov podľa hrúbkových stupňov a kvalitatívnych znakov (suché stromy neboli do početnosti zahrnuté),
- početnosti listnatých drevín v rámci stromových tried (POLANSKÝ 1955),
- vyhodnotenie vzťahov medzi veličinami a prostredím.

VÝSLEDKY

Z Tab. 1 vidíme, že hodnoty kvality kmeňa sú relatívne vyrovnané s priemernou hodnotou 2. Najlepšiu kvalitu dosahujú jedince na ploche č. III. Túto skutočnosť možno vysvetliť tým, že na časti plochy je výrazný podrast (*Prunus spinosa*). Vďaka svojej nedostupnosti je porast chránený pred zverou. Kvalita kmeňa v rámci hrúbkových stupňov (hs) je relatívne vyrovnaná.

Kvalitu koruny ovplyvňuje predovšetkým prímes listnatých drevín. Na ploche č. IV. sa kvalita s rastúcou hrúbkou zlepšuje a v hs 18 dosahuje hodnotu 1. Túto skutočnosť si vysvetľujeme tým, že listnaté dreviny spôsobujú úhyn jedincov smreka (kompetícia) a okolité koruny dokážu následne vytvárať rovnomernejšie koruny. Naopak, na plochách s hustejším zápojom badať zhoršovanie kvality koruny (Tab. 1, TVP I). Sklon svahu nemá signifikantný vplyv na kvalitu korún, rozhodujúca je hustota a drevinové zloženie. Zatienenie jedincov spodnej vrstvy (4. a 5.) sa prejavuje najnekvalitnejšími korunami.

Tab. 1: Priemerné hodnoty a hektárové početnosti kvality kmeňa a koruny smreka podľa hrúbkových stupňov.

Tab. 1: *Average values and tree numbers per hectar of stem and crown quality of Norway spruce according to DBH.*

hs[1]	počet [ks.ha^{-1}][3]				kmeň (priemer)[4]				koruna (priemer)[5]			
TVP[2]	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III	IV.	I.	II.	III	IV.
2	0	0	13	56	-	-	2	2	-	-	4	4
6	13	0	113	377	3	-	1	2	5	-	3	3
10	299	220	326	996	2	2	1	2	4	3	3	2
14	1 310	1 072	728	835	2	2	2	2	3	3	2	2
18	463	904	678	153	1	2	2	2	3	3	2	1
22	13	155	75	0	1	2	2	-	3	2	2	-
26	0	0	13	0	-	-	1	-	-	-	2	-
spolu[6]	2 098	2 351	1 946	2 417	2	2	1	2	3	3	2	2

[1]DBH, [2]permanent research plot, [3]tree number [pcs.ha^{-1}], [4]stem (average), [5]crown (average), [6]together

Presnejšie parametre koruny zobrazujeme v Tab. 2, v ktorej sú vyhodnotené rozmery (polomery) korún. Všeobecne nižšie polomery na ploche IV. sú spôsobené predovšetkým výskytom listnatých drevín, ktoré sa dostávajú do úrovne. Kompetícia týchto drevín spôsobuje skracovanie vetiev. Rovnako nízke hodnoty sú aj na ploche I. Možno povedať, že s rastúcim sklonom svahu sa koruny zoštíhľujú. Súvisí to samozrejme s tým, že na miernejších svahoch dosahujú jedince hrubších dimenzií (viď Tab. 1) a tým aj širšie koruny. Túto skutočnosť ale možno považovať aj za prirodzenú reakciu stromov pre udržanie vlastnej statickej stability.

Tab. 2: Priemerné hodnoty polomerov korún smreka podľa hrúbkových stupňov.

Tab. 2: *Average values of Norway spruce crown radius according tu DBH.*

hs[1]	x1 [m]				x2 [m]				x3 [m]				x4 [m]			
TVP[2]	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1,0	-	1,4	0,9	0,9	-	1,5	0,8	0,6	-	1,3	0,8	0,6	-	1,1	1,0
10	0,9	1,4	1,4	1,1	1,3	1,5	1,7	1,2	1,4	1,3	1,6	1,1	1,3	1,4	1,4	1,1
14	1,1	1,5	1,9	1,4	1,2	2,3	2,1	1,4	1,5	1,5	1,9	1,1	1,5	1,4	1,9	1,2
18	1,3	1,8	2,1	1,9	1,3	2,0	2,1	1,9	1,8	1,8	1,8	1,3	1,7	1,5	1,9	1,3
22	-	1,6	2,6	-	-	2,1	2,8	-	-	2,1	2,6	-	-	1,7	2,6	-
26	-	-	3,1	-	-	-	2,3	-	-	-	2,2	-	-	-	2,4	-
priemer[4]	1,1	1,6	2,1	1,4	1,2	2,0	2,1	1,3	1,3	1,7	1,9	1,1	1,3	1,5	1,9	1,1

[1]DBH, [2]Permanent research plot, [3]Crown radius, [4]Average

Najviac poškodených jedincov je v hs 14 (Tab. 3). Suché jedince sa nevyskytujú na TVP I. Počty poškodených smrekov sa zvyšujú s klesajúcim sklonom svahu, ako je vidieť v Tab. 4. Vzhľadom k tomu, že väčšina poškodení je spôsobená zverou, nedostupnosť lokalít je rozhodujúca. Najčastejším druhom poškodenia je lúpanie a vysoký počet takto poškodených stromov na TVP IV súvisí s prímesou listnáčov – vyššia potravová báza pre zver.

Častými sú aj hubové ochorenia kôry a lyka, viazané na mechanické poškodenie a lúpanie. Z deformácií kmeňa je to najmä vidla v korune. Na TVP IV je viditeľný nárast počtu suchých a vysychajúcich jedincov a výrazný pokles kmeňových deformácií. Najviac suchárov je v 5. stromovej triede, na TVP IV aj v 2. a 3. stromovej triede. Vzhľadom na početnosť jedincov je zrejmé, že v 2. stromovej triede je najviac poškodených jedincov (Tab. 5).

Tab. 3: Početnosť poškodených jedincov smreka podľa hrúbkových stupňov [ks.ha^{-1}].

Tab. 3: *Tree number of damage Norway spruce trees according to DBH [pcs.ha^{-1}].*

TVP[1]	I.			II.			III.			IV.		
hs[2]	N[3]	%TVP[4]	%spolu[5]	N	%TVP	%sp.	N	%TVP	%sp.	N	%TVP	%sp.
2	-	0,0	0,0	13	100,0	2,2	75	85,2	14,2	48	46,2	5,2
6	-	0,0	0,0	13	100,0	2,2	13	11,5	2,5	281	56,5	30,4
10	53	17,7	22,2	26	11,2	4,5	75	23,1	14,3	289	28,6	31,3
14	119	9,1	50,0	246	22,4	42,3	201	27,6	38,0	265	31,7	28,7
18	66	14,3	27,8	233	25,7	40,0	151	22,2	28,5	40	26,3	4,3
22	-	0,0	0,0	52	33,3	8,9	13	17,3	2,5	-	0,0	0,0
26	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
spolu[6]	238		100,0	582		100,0	528		100,0	923		100,0

[1]permanent research plot, [2]DBH, [3]tree number, [4]% from PRP, [5]% from together, [6]together

Tab. 4: Početnosť poškodených smrekov podľa druhu poškodenia [ks.ha^{-1}].

Tab. 4: *Tree number of damage Norway spruce according to kind of damage [pcs.ha^{-1}].*

TVP[1]	I.			II.			III.			IV.		
poškodenie[2]	**N[3]**	**%TVP[4]**	**% spolu[5]**	**N**	**%TVP**	**% s.**	**N**	**%TVP**	**% s.**	**N**	**%TVP**	**% s.**
mech. pošk.[6]	79	3,8	23,1	129	5,3	16,3	50	2,5	7,9	80	3,1	7,3
lúpanie[7]	132	6,3	38,5	78	3,2	9,9	88	4,4	14,0	410	15,8	37,5
šúchanie zverou	-	0,0	0,0	78	3,0	9,9	13	0,6	2,1	-	0,0	0,0
huby[9]	107	5,0	30,8	233	9,6	29,5	314	15,5	49,9	305	11,7	27,9
mraz. trhlina[10]	13	0,6	3,8	13	0,5	1,6	25	1,2	4,0	8	0,3	0,7
vidla[11]	13	1,0	3,8	155	6,4	19,6	38	1,9	6,0	40	1,5	3,7
ohnutý vrch.[12]	-	0,0	0,0	26	1,1	3,3	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
vrchol. zlom[13]	-	0,0	0,0	13	0,5	1,6	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
nádor[14]	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	13	0,6	2,1	8	0,3	0,7
rozštep[15]	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	13	0,6	2,1	-	0,0	0,0
schnúci[16]	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	56	2,2	5,1
suchý[17]	-	0,0	0,0	65	2,7	8,2	75	3,7	11,9	185	7,1	16,9
spolu[18]	344	16,8	100,0	790	32,5	100,0	629	31,0	100,0	1092	42,0	100,0

[1]permanent research plot, [2]damage, [3]tree number, [4]% from PRP, [5]% from together, [6]mechanical damage, [7]peeling by deer, [8]scraping by animals, [9]fungal damage, [10]frost craks, [11]fork, [12]bent top, [13]broken top, [14]tumor, [15]scission, [16]almost standing dead tree, [17]standing dead tree, [18]together

Tab. 5: Početnosť poškodených smrekov podľa stromových tried [ks.ha^{-1}].

Tab. 5: *Tree number of damage Norway spruce according to tree classes [pcs.ha^{-1}].*

TVP[1]	I.			II.				III.				IV.				
stromová trieda[2]	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**5**	**1**	**2**	**3**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
mech. poškodenie[3]	-	79	-	51	78	-	-	13	37	-	-	16	48	16	-	-
lúpanie[4]	25	94	13	39	39	-	-	-	88	-	-	16	322	64	8	-
šúchanie zverou[5]	-	-	-	-	78	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-
huby[6]	14	80	13	65	168		-	25	264	25	-	8	217	64	16	-
mrazová trhlina[7]	-	13	-	-	13	-	-	-	13	12	-	-	8	-	-	-
vidla[8]	13	-	-	13	116	26	-	-	38	-	-	8	32	-	-	-
ohnutý vrchol[9]	-	-	-	13	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
vrcholový zlom[10]	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nádor[11]	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	8	-	-	-
rozštep[12]	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-
suchý[13]	-	-	-	-	-	26	39	-	-	-	75	-	32	72	16	65
schnúci[14]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	32	-	-
spolu[15]	52	266	26	181	518	52	39	51	466	37	75	48	683	248	40	73

[1] permanent research plot, [2]tree class [3]mechanical damage, [4]peeling by deer, [5]scraping by animals, [6]fungal damage, [7]frost craks, [8]fork, [9]bent top, [10]broken top, [11]tumor, [12]scission, [13]almost standing dead tree, [14]standing dead tree, [15]together

Výška nasadenia koruny je dôležitý ukazovateľ stability porastu a predpokladaného budúceho vývoja. Ako ukazujú predošlé ukazovatele, aj tu sa potvrdilo, že smrekový porast v zmesi s listnatými drevinami má korunu nasadenú nízko, pretože listnáče siahajúce do 3. stromovej triedy porast presvetľujú, čo je pre prežívanie vetiev rozhodujúce. Naopak, v hustých smrečinách (TVP I) sú koruny výrazne redukované a už v mladom veku nedosahujú ani polovicu výšky stromov. Rozhodujúcim faktorom ovplyvňujúcim dĺžky korún je hustota porastu, kompetícia drevín a vertikálne postavenie jedincov.

Z Tab. 6 vidíme, že dĺžka koruny dosahuje spravidla polovicu výšky stromu, alebo len jej tretinu. Pomer medzi výškou stromov a dĺžkou koruny je najlepší na ploche č. IV. Najhorší pomer medzi výškou stromu a dĺžkou koruny je na plochách I. a II – najhustejšie porasty bez prímesi listnáčov. Hustota porastu sa javí ako rozhodujúci faktor ovplyvňujúci

dĺžku korún. Najkratšie koruny sú v hs 6, 10 a 14. V Tab. 7 je zobrazený podiel ostatných drevín na TVP IV. Výrazne sa uplatňuje najmä hrab obyčajný, lieska obyčajná a agát biely.

Tab. 6: Priemerná výška nasadenia koruny a výška jedincov smreka na TVP.

***Tab. 6**: Average height of crown beginning and height of Norway spruce on PRP.*

hs[1]	výška nasadenia koruny [m][3]				výška [m][6]			
TVP[4]	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
2	-	-	-	-	-	-	-	-
6	8,5	-	5,5	3,1	9,8	-	10,4	7,6
10	6,9	7,4	5,7	2,8	12,1	10,7	11,0	9,3
14	7,6	7,1	5,8	3,6	13,3	12,7	12,5	11,2
18	6,5	7,2	5,1	3,6	14,2	13,2	13,0	12,9
22	-	8,3	5,1	-	-	14,6	13,7	-
26	-	-	5,3	-	-	-	15,2	-
spolu[5]	8,2	7,2	5,5	3,2	13,2	12,5	12,3	10,0

[1]DBH, [2]tree number [pcs.ha^{-1}], [3]crown height, [4]permanent research plot, [5]together, [6]height

Tab. 7: početnosť drevín okrem smreka na TVP č. IV.

***Tab. 7:** Tree number of tree species except of Norway spruce on the PRP no. IV.*

	DC[3], DZ[4]	BK[5]	HB[6]	JD[7]	GJ[8]	lieska[9]	OS[10]	BR[11]	rakyta[12]	AG[13]
str. trieda[1]	početnosť [ks.ha^{-1}][2]									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
2	40	0	48	16	8	0	8	8	0	8
3	64	16	177	24	16	88	0	24	16	0
4	0	0	8	16	0	24	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[1]tree class, [2]tree number [pcs.ha^{-1}], [3]red oak, [4]sessile oak, [5]european beech, [6]hornbeam, [7]silver fir, [8]chestnut tree, [9]euroean hazel, [10]european aspen, [11]birch, [12]goat willow, [13]black locust (acacia)

DISKUSIA A ZÁVER

Kvalitatívne biometrické znaky stromov sa výrazne menia počas ich života. BÁTOR, SZEGHÖ (2012) udávajú početnosti stromov z TVP IV podľa jednotlivých kvalitových stupňov. Tiež dominuje stupeň kvality 2 (koruna), ale pri kmeni už kvalita 3. Celkovo sa v súčasnosti kvalita kmeňa aj koruny zlepšila. Dôvod vidíme v zníženej hustote porastu vplyvom výrubu časti listnatých drevín od obdobia merania autormi, ktoré vytvorili priestor pre rozvoj porastu. V priemere sa koruny skracujú, z uvádzaných 7,6 m na 6,8 m, avšak predlžujú sa koruny v 1. stromovej triede (z 8,2 do 9,3 m).

BÁTOR, GUBKA (2011) zistili na VN Málinec častý výskyt poškodenia lúpaním a kmeňové deformácie, najmä dvojak a vidla. Pri poslednej evidencii sme dvojak nezaznamenali. Zvýšil sa podiel hubových ochorení kmeňa. Podľa výsledkov, ktoré udávajú PITTNER, ŠPIŠÁK (2011) možno konštatovať, že v starších smrekových porastoch (45 r) je podstatne vyšší podiel suchých jedincov.

Ako sme spomínali, kvalita kmeňa a koruny sa vekom mení. PITTNER, ŠPIŠÁK (2011) udávajú, že v starších porastoch je priemerná kvalita koruny v 1. stromovej triede 1,8 a v 2. stromovej triede 3,3. Kvalita korún na VN Málinec je v týchto triedach podobná, avšak o stupeň lepšia v 3 – 4. stromovej triede (stupeň 3, na VN Hriňová 4). Omnoho lepšia je na VN Málinec kvalita kmeňa, ktorá sa rádovo pohybuje okolo stupňa 2 a nie stupňa 3–4,

ako uvádzajú autori. Usudzujeme, že včasné usmerňovanie štruktúry porastu vo fáze žrďovín a žrdkovín výrazne napomáha ku zlepšeniu kvalitatívnych znakov v staršom veku, čo potvrdzuje aj ŠTEFANČÍK (2004). PITTNER, ŠPIŠÁK (2011) robili výskum na VN Hriňová a možno povedať, že hoci sú kvalita koruny a kmeňa v starších porastoch zhoršené, na základe výskumu dvoch rôznych súborov vidíme, že tam, kde bol podiel listnatých drevín vyšší (18 %), sú kvalitatívne parametre lepšie. Priaznivý účinok listnáčov sa potvrdil.

V 30ročných porastoch na VN Klenovec zistili ŠPIŠÁK, PITTNER (2011), že pred zásahom v roku 2003 bolo 144–152 suchárov, čo je vzhľadom na vek porovnateľné so stavom na VN Málinec. Avšak na VN Klenovec sa sucháre nachádzali iba v 5. stromovej triede, na VN Málinec v úrovni, prípadne v 3. stromovej triede. Počet poškodených jedincov je 288 a 408 (podľa TVP), čo možno prirovnať ku TVP I. a III. na Málinci. Vzhľadom k tomu, že na VN Klenovec ide o miernejšie svahy (21°) a podiel smreka tvorí len 70 %, možno povedať, že hodnoty na VN Málinec sú zatiaľ (vzhľadom na vek) prijateľné. Na Klenovci ide chladnejšiu klimatickú oblasť. Koruna stromov je dlhá 62% výšky. Na Málinci dosahuje zväčša hodnoty pod 50%, čo je z pohľadu stability a funkčnej účinnosti negatívne. Dĺžky korún len 40% udáva GUBKA (2002) z 30 ročných porastov na Klenovci. Predpokladáme, že s vekom porastu, v prípade uplatnenia vhodných výchovných zásahov, dôjde k uvolneniu korún a možnosti ich lepšieho formovania.

Kvalita kmeňa a koruny je podľa autorov ŠPIŠÁK, PITTNER (2011) takáto: kmeň 2,4, koruna 2,7. Hodnoty sú porovnateľné s Málincom. Iné výsledky získali SÝKORA, PITTNER (2011) v smrekovom poraste veku 45 rokov. Porasty vo vyšších nadmorských výškach charakterizuje že dĺžka korún sa zvyšuje a dosahuje hodnoty 60–82 %. Je zjavné, že uvolnenie zápoja ovplyvňuje priaznivo dĺžku korún.

Podľa staršieho prieskumu ANTALÍKA (2009) na ploche so západnou expozíciou je poškodených 15 % jedincov, pričom počet narastá na súčasných 25 %. V súčasnosti sa zvýšil podiel suchých a vysychajúcich jedincov a tiež jedincov s ohnutým vrcholom. Stále dominuje poškodenie lúpaním zverou a mechanické škody na kmeni. Dĺžka koruny stromov sa nezmenila, čo svedčí o ich priaznivom vývoji. Kvalita kmeňa sa mierne zhoršila (zo stupňa 1 na stupeň 2). Kvalita koruny dosahuje podobné parametre. Porovnaním TVP I. so SIROTOM (2002) vidíme, že kvalita koruny sa zhoršila z 2 na 3, avšak v 1. a 2. stromovej triede si zachovala hodnotu 2. Od posledných meraní sa zhoršila kvalita koruny zo stupňa 2 na stupeň 3. Kvalita kmeňa je v súčasnosti v 1. a 2. stromovej triede lepšia (z 2 na 1). Len 1 % jedincov na TVP I. má vidlu v korune, čo je výrazné zlepšenie voči 15 %.

Výskumom sme zistili, že pre kvalitu koruny je rozhodujúca hustota porastu a prímes listnatých drevín. Šírka korún je ovplyvňovaná hustotou porastu a možno aj sklonom svahu, prípadne expozíciou. Pre kvalitu kmeňa a stupeň poškodenia má význam hustota porastu, výskyt podrastu a prímes listnatých drevín. V hustých porastoch dochádza k odumieraniu jedincov 4.–5. stromovej triedy, naopak v porastoch s vyšším stupňom vzájomnej kompetície drevín prevažne k odumieraniu jedincov 1.–3. stromovej triedy. Vplyv expozície na kvalitatívne znaky je pravdepodobne na tomto území nepodstatný.

LITERATÚRA

ANTALÍK, P. (2009): Štruktúra a pestovné opatrenia v mladom smrekovom poraste v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. TU Zvolen, 82 s.

BÁTOR, M. – GUBKA, K. (2011): Analýza štruktúry smrekového porastu v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží. Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 5–14.

BÁTOR, M. – SZEGHÖ, P. (2012): Analýza biometrických znakov koruny smreka obyčajného vo väzbe na výchovné opatrenia v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Pestovanie lesa v strednej Európe, Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 11–20.

GUBKA, K. (2002): Štruktúra a výchovné opatrenia v smrekovom poraste so západnou expozíciou v I. PHO vodárenskej nádrže Klenovec. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 44: 59–69.

GUBKA, K., 2011: Súčasný stav mladého smrekového porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí. Kacálek, D. et al. (eds.), Opočno, s. 173–183.

KANTOLA, A. – MÄKELÄ, A. (2004): Crown development in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Trees, 18: 408–421.

Kolektív (2003): Lesný hospodársky plán LHC Málinec na roky 2003–2013.

KUNCA, A. – ZUBRÍK, M. – NOVOTNÝ, J. et al. (2007): Škodlivé činitele lesných drevín a ochrana pred nimi. NLC, Zvolen, 208 s.

PACALAJ, M. – LONGAUER, R. – KRAJMEROVÁ, D. – GÖMÖRY, D. (2002): Effect of site altitude on the growth and survival of Norway spruce (*Picea abies* L.) provenances on the Slovak plots of IUFRO experiment 1972. Journal of Forest Science, 48: 1: 16–26.

PITTNER, J. – ŠPIŠÁK, J. (2011): Štruktúra porastu a navrhované výchovné opatrenia v ochrannom pásme I. stupňa vodárenskej nádrže Hriňová. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží. Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 89–98.

POLANSKÝ, B. (1955): Pěstění lesů II. SZN, Praha, 427 s.

PRIESOL, A. (1988): Hospodárska úprava lesov. ES VSLD, Zvolen, 417 s.

SIROTA, M. (2002): Štruktúra smrekových mladín v 1. pásme hygienickej ochrany vodárenskej nádrže Málinec. TU Zvolen, 38 s.

SOLBERG, S. – TØRSETH, K. (1997): Crown condition of Norway spruce in relation to sulphur and nitrogen deposition and soil properties in Southeast Norway. Environmental pollution, 96: 1: 19–27.

SPIECKER, H. (2000): Growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) under changing environmental conditions in Europe. In: Spruce monocultures in central Europe – problems and prospects. Klimo, E., Hager, H., Kulhavý, J. (eds.), s. 11–26.

SÝKORA, R. – PITTNER, J. (2011): Zmena početnosti a funkčnej účinnosti časti porastu v I. ochrannom pásme VN Hriňová. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží. Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 113–120.

ŠPIŠÁK, J. – PITTNER, J. (2011): Dynamika zmien kvalitatívnych znakov porastov v I. ochrannom pásme VN Klenovec. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží. Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 121–130.

ŠTEFANČÍK, I. (2004): Vplyv výchovy na vývoj kvalitatívnej produkcie zmiešaných smrekovo-bukovo-jedľových porastov. In: Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století. Peňáz, J., Martinek, J. (eds.), s. 221–234.

Adresa autora

Ing. MARTIN BÁTOR
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: xbator@tuzvo.sk

Variabilita kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) v Javorníkoch

Variability of qualitative features of trunks, crowns and the health state (damage) of grey alder populations (Alnus incana [L.] Moench.) in the Javorníky Mts.

MICHAL BUGALA – MIROSLAV BALANDA

Abstract

This paper presents knowledge obtained by investigation of variability of natural gray alder populations in the Javorníky Mts. The measurement was performed within the six permanent research plots. The variability was evaluated according to both the selected quantitative parameters of trunks and qualitative features of trunk, crown and bark. According to obtained results, we can state that in the evaluated research plots the prevailing representation of canopy trees with skew continuous growth, well pruned with thin branches and smooth bark and egg-shaped crowns occurred. The health status of the stand can be characterized as satisfactory, whereas almost 83% of the trees were healthy without significant marks of damage. Moreover, the health status of tree crowns was good, more than 57% of evaluated crowns showed no signs of damage. Investigated trees were categorized into four qualitative groups according to observed qualitative parameters. Almost 88% of evaluated trees were categorized in the A and B categories. Obtained knowledge is of high importance due to the quantitative selection of individual populations and their better consecutive industrial usage.

Keywords: *Alnus incana, gray alder, variability, qualitative parameters*

Abstrakt

V práci sú uvedené výsledky získané pri štúdiu premenlivosti prirodzených populácií jelše sivej v oblasti Javorníkov. Merania sa uskutočnili na šiestich výskumných plochách. Premenlivosť sa hodnotí na základe vybraných kvalitatívnych znakov kmeňa, koruny a borky. Z výsledkov vyplynulo, že na založených plochách prevládali úrovňové jedince so šikmým priebežným rastom, veľmi dobrým čistením, tenkými konármi, hladkým povrchom kmeňa a vajcovitým tvarom koruny. Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov možno celkovo hodnotiť veľmi priaznivo, pretože až 83 % kmeňov bolo zdravých, bez vonkajších známok poškodenia. Zdravotný stav korún bol tiež pomerne priaznivý, keď viac ako 57 % stromov malo koruny bez poškodenia. Na základe skúmaných kvalitatívnych znakov boli hodnotené jedince zaradené do štyroch kvalitatívnych tried, pričom do najvyšších tried A B bolo zaradených až 88 % všetkých jedincov. Získané informácie sú významné najmä z hľadiska kvalitatívnej selekcie jednotlivých populácií a následne ich lepšej hospodárskej využiteľnosti.

Kľúčové slová: *Alnus incana, jelša sivá, premenlivosť, kvalitatívne znaky*

ÚVOD

V posledných rokoch sa pozornosť lesníckeho výskumu v oblasti základných biologických disciplín venuje aj štúdiu populácií drevín dôležitých predovšetkým z hľadiska plnenia iných, celospoločenských funkcií. Patria k nim i porasty jelší, ktoré sa okrem prvoradej breho-ochrannej funkcie (JAKUBISOVÁ 2009; JAKUBISOVÁ 2011) v poslednom období stávajú zaujímavými aj z hospodárskeho hľadiska ako producent cennej drevnej suroviny najmä pre nábytkársky priemysel (LUKÁČIK 1999). Cenené sú predovšetkým rôzne technické formy (svalcovité, očkové), ktoré poskytujú kvalitné, farebne a esteticky vysoko hodnotné drevo. Pri správnom obhospodarovaní môžu jelše vytvárať rovné a plnodrevné kmene na stanovištiach, na ktorých by sa iné hospodárske dreviny len ťažko uplatnili (LUKÁČIK, BUGALA 2005). Jelše vo všeobecnosti patria k drevinám odolnejším voči vplyvu rôznych biotických i abiotických škodlivých činiteľov. Znášajú vyšší stupeň znečistenia, čo sa dá uplatniť v súčasnosti, kedy vplyvom nepriaznivých zmien v ovzduší, kvalite pôdy a čistote vôd dochádza k zhoršovaniu životného prostredia (LUKÁČIK 2002).

Jelša sivá patrí k významným zložkám brehových porastov s veľkou regulačnou a retenčnou schopnosťou pri vysokých vodných stavoch, ale aj k dôležitým melioračným drevinám, ktoré priaznivo pôsobia na vlastnosti pôd, na ktorých rastú. Ako rýchlorastúca drevina má skrátenú životnosť (LUKÁČIK 2000). Dožíva sa 60–80 rokov, zriedkavo semenné jedince presahujú 120 rokov veku (PAGAN 1999). Okrem biologických a ekologických aspektov sa zvýšená pozornosť začína venovať aj rastovým zákonitostiam a produkčným schopnostiam jelší s ohľadom ich lepšieho hospodárskeho využitia. Z hľadiska zachovania biologickej diverzity je však nevyhnutné venovať pozornosť aj menej kvalitným populáciám jelší, vyskytujúcich sa na extrémnych, často netypických stanovištiach (LUKÁČIK, BUGALA 2005).

MATERIÁL A METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu sa získal na 6 lokalitách v oblasti Javorníkov. Plochy boli vyberané a založené tak, aby čo najlepšie charakterizovali daný porast, jeho rastovú a vývojovú dynamiku a sledované znaky z hľadiska premenlivosti.

Celkovo bolo na plochách evidovaných a meraných 180 jedincov. Pri každom bola meraná výška, výška nasadenia koruny, hrúbka $d_{1,3}$. Ďalej bol hodnotený jeho pôvod a zisťovaný súbor základných kvalitatívnych znakov kmeňov a korún, nevyhnutných pre komplexné posúdenie celkovej kvality sledovaných populácií, vybraných na základe vlastných poznatkov podľa už overenej metodiky (LUKÁČIK 2000, LUKÁČIK, BUGALA 2005). Kvalitatívne triedy boli čiastočne upravené s ohľadom na hodnotený taxón.

Ďalšie znaky boli hodnotené podľa nasledovných stupníc:

Rast a priebeh kmeňa:

1. rovný priebežný, 2. šikmý priebežný, 3. pokrivený, 4. šabľovitý, 5. iný

Čistenie kmeňa:

1. veľmi dobré (bez adventívnych výhonkov)
2. dobré (1–4 adventívne výhonky na 1 m)
3. zlé (5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m)

Tvar koruny:

1. vajcovitý, 2. stĺpovitý, 3. dáždnikovitý, 4. metlovitý, 5. iný

Hrúbka konárov 1. stupňa:

1. tenké (v mieste nasadenia nepresahujúce 1/4 hrúbky kmeňa)
2. stredné (v mieste nasadenia od 1/4 do 1/2 hrúbky kmeňa)
3. hrubé (v mieste nasadenia presahujúce 1/2 hrúbky kmeňa)

Zdravotný stav kmeňa:

1. kmeň zdravý
2. kmeň poškodený (mechanicky, hnilobou, mrazom, hubami)
3. kmeň odumierajúci

Zdravotný stav korún:

1. koruna zdravá, plne olistená, s veľkými tmavozelenými listami a normálnymi prírastkami konárov, strata olistenia do 10 %

2. koruna slabo presvetlená, farba listov, niekedy aj ich tvar, vykazujú zmeny (najmä na obvode koruny), strata olistenia 11–25 %

3a. koruna stredne presvetlená, začínajú sa deformovať a skracovať bočné konáre, strata olistenia 26–40 %

3b. koruna výraznejšie presvetlená, konce bočných konárov začínajú odumierať, pravidelne dochádza k zmene sfarbenia a tvaru listov, strata olistenia 41–60 %

4. koruna silne presvetlená, okrem bočných konárov začínajú odumierať aj terminálne výhonky, často sa vyskytuje zmnoženie a zmenšenie listov, veľká časť listov je odumretá, strata olistenia 60–90 %

5. koruna odumierajúca, strata olistenia nad 90 %

Kvalita kmeňa:

A – kmene rovné, priebežné, plnodrevné, bez adventívnych výhonkov, zdravé, nepoškodené

B – kmene rovné, prípadne šikmé, priebežné, plnodrevné, s veľmi dobrým alebo dobrým čistením, s tenkými alebo stredne hrubými konármi, s priemerným počtom 1–4 adventívnych výhonkov na 1 m, bez poškodenia alebo s mechanickým poškodením

C – v porovnaní s kvalitatívnou triedou B môžu byť aj kmene rozkonárené alebo čiastočne pokrivené, so zbiehavým typom kmeňa, hrubými konármi, s výskytom 5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m, s mechanickým poškodením alebo mrazovými trhlinami

D – kmene šabľovité alebo výrazne pokrivené, vidlicovité alebo rozkonárené, so zlým čistením, hrubými konármi, s ktorýmkoľvek druhom poškodenia

Stručná charakteristika založených plôch

Plocha 1 – Kolárovice

Nadmorská výška: 450 m n. m., vek porastu: 40 r., expozícia: Z

Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 90 %, *Fraxinus excelsior* 5 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Alnus glutinosa*, *Coryllus avelana*, *Swida sanguinea*, *Padus avium*, *Sambucus nigra*, *Lonicera xylosteum*

Plocha 2 – Setechov

Nadmorská výška: 460 m n. m., vek porastu: 50 r., expozícia: JZ

Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 60 %, *Fraxinus excelsior* 20 %, *Acer pseudoplatanus* 10 %, *Acer platanoides* 10 %, *Alnus glutinosa, Populus tremula, Tilia cordata, Acer campestre, Euonymus europeus, Corylus avelana, Viburnum opulus, Swida sanguinea, Cerasus avium, Sambucus nigra*

Plocha 3 – Petrovice

Nadmorská výška: 370 m n. m., vek porastu: 45 r., expozícia: J

Zastúpenie drevín: *Ulmus leavis* 60 %, *Alnus incana* 30 %, *Fraxinus excelsior* 10 %, *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides, Acer campestre, Tilia cordata, Coryllus avelana, Cerasus avium, Euonymus europeus*

Plocha 4 – Štiavnik

Nadmorská výška: 480 m n. m., vek porastu: 50 r., expozícia: JV

Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 80 %, *Alnus glutinosa* 10 %, *Fraxinus excelsior* 10 %, *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Sambucus nigra*, *Coryllus avelana*, *Swida sanguinea*

Plocha 5 – Kotešová

Nadmorská výška: 340 m n. m., vek porastu: 40 r., expozícia: JV

Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 80 %, *Salix fragilis* 20 %, *Fraxinus excelsior, Acer platanoides, Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus, Alnus glutinosa, Swida sanguinea, Euonymus europeus, Coryllus avelana*

Plocha 6 – Potoky

Nadmorská výška: 510 m n. m., vek porastu: 55 r., expozícia: JZ

Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 80 %, *Fraxinus excelsior* 10 %, *Acer pseudoplatanus* 10 %, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos, Corylus avelana, Cerasus avium, Sambucus racemosa*

VÝSLEDKY

Rozbor kvalitatívnych znakov kmeňov

Z kvalitatívnych znakov kmeňa sa posudzovali najmä rast, priebeh, a čistenie od bočných výhonkov, ktoré sú rozhodujúcimi ukazovateľmi pre posúdenie ich celkovej kvality (LUKÁČIK 2000). Z hodnotenia rastu a priebehu kmeňa (Tab.1) je zrejmé, že na založených plochách prevládali jedince s rovným priebežným kmeňom, ktoré tvorili 50 %. Jedince so šikmým priebežným kmeňom tvorili 41 % z celkového počtu stromov. Najviac jedincov s rovným priebežným kmeňom bolo na ploche 6 – Potoky (73 %) a najmenej na ploche 4 – Štiavnik (10 %). Na tejto ploche boli najviac zastúpené jedince s kmeňom šikmým priebežným (73 %) a najmenej ich bolo zaznamenaných na ploche 1 – Kolárovice (20 %). Jedince so šabľovitým kmeňom sa vyskytovali na štyroch hodnotených plochách: 1 – Kolárovice, 2 – Setechov, 3 – Petrovice a 6 – Potoky, zhodne po 3 %. Jedince s pokriveným kmeňom sa nachádzali na všetkých plochách okrem plochy 6 – Potoky, no významnejšie zastúpenie mali najmä na ploche 4 – Štiavnik (17 %).

Tab. 1: Rast, priebeh a čistenie kmeňa jelše sivej.

Tab. 1: *Growth and stem form and pruning of grey alder.*

Plocha[1]	Počet kmeňov[2]	Rast a priebeh kmeňa[3]								Čistenie kmeňa[8]					
		rovný priebežný[4]		šikmý priebežný[5]		pokrivený [6]		šabľovitý[7]		veľmi dobré[9]		dobré[10]		zlé[11]	
	[ks]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]
1	30	20	67	6	20	3	10	1	3	15	50	13	43	2	7
2	30	16	53	11	37	2	7	1	3	14	47	12	40	4	13
3	30	18	60	10	34	1	3	1	3	19	63	10	34	1	3
4	30	3	10	22	73	5	17	-	-	15	50	12	40	3	10
5	30	11	37	18	60	1	3	-	-	19	63	10	34	1	3
6	30	22	73	7	24	-	-	1	3	23	77	7	24	-	-
∑	180	90	50	75	41	12	7	3	2	105	58	64	36	11	6

[1]plot, [2]number of stems, [3]course of the stem, [4]straight, [5]skewed, [6]distorted, [7]sabre-shaped, [8]pruning, [9]very good, [10]good, [11]bad

Na založených plochách výrazne dominovali jedince s veľmi dobrým čistením kmeňa (58 %) a jedincov s dobrým čistením bolo 36 %. Je potešiteľné, že jedincov, so zlým čistením bolo celkovo zaznamenaných len 6 %. Najviac jedincov s veľmi dobrým čistením bolo na ploche 6 – Potoky (77 %) a naopak najmenej na ploche 2 – Setechov, kde ich zastúpenie dosiahlo v priemere len 47 %.

Z analýzy uvedených výsledkov možno konštatovať, že na založených plochách jednoznačne prevládali jedince s rovným priebežným a šikmým priebežným kmeňom (92 %) s veľmi dobrým až dobrým čistením kmeňa (94 %), čo dáva predpoklad zaradenia hodnotených jedincov do vyšších kvalitatívnych tried.

Rozbor kvalitatívnych znakov korún

Zo znakov korún sa hodnotil najmä ich tvar a hrúbka konárov 1. stupňa. Ide o znaky, ktorým sa v odbornej literatúre i lesníckej praxi pripisuje dôležitá úloha pri posudzovaní celkovej kvality populácií (LUKÁČIK 2000). U jelší sú najviac cenené jedince s vajcovitými, alebo stĺpovitými korunami s tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom.

Z hodnotenia tvaru korún (Tab. 2) vyplynulo, že na skúmaných plochách dominovali jedince s vajcovitými korunami (52 %), najviac na ploche 1 – Kolárovice (74 %) a najmenej na ploche 5 – Kotešová (37 %).

Jedince so stĺpovitou korunou tvorili v priemere 34 % z celkového počtu stromov, najviac na ploche 5 – Kotešová (53 %) a najmenej na ploche 1 – Kolárovice (13 %). Metlovitý tvar malo celkovo 14 % zo všetkých hodnotených jedincov a vyskytovali sa v menšom zastúpení na všetkých skúmaných plochách.

Veľmi priaznivo možno v sledovanej oblasti hodnotiť vývoj hrúbky konárov 1. stupňa. Pri skúmaní tohto znaku bolo zistené, že výrazne prevažovali jedince s tenkými konármi a to až 72 %. Najviac takýchto jedincov bolo zaznamenaných na plochách 2 – Setechov a 6 – Potoky (po 80 %) a najmenej na ploche 5 – Kotešová (57 %).

Jedincov so stredne hrubými konármi bolo v priemere 22 %. Najviac boli zastúpené na ploche 5 – Kotešová (33 %) a najmenej na ploche 2 – Setechov (13 %).

Jedince s hrubými konármi 1. stupňa sa na všetkých plochách nachádzali len vo veľmi malom množstve a ich zastúpenie nepresiahlo 10 %.

Tab. 2: Tvar korún a hrúbka konárov 1. stupňa jelše sivej.

Tab. 2: *Crown forms and branch thickness of grey alder.*

Plocha[1]	Počet kmeňov[2]	Tvar koruny[3]						Hrúbka konárov 1. stupňa[7]					
		vajcovitý[4]		stĺpovitý[5]		metlovitý[6]		tenké[8]		stredné[9]		hrubé[10]	
	[ks]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]
1	30	22	74	4	13	4	13	23	77	6	20	1	3
2	30	14	47	11	36	5	17	24	80	4	13	2	7
3	30	20	66	5	17	5	17	22	73	7	23	1	3
4	30	12	40	13	43	5	17	20	67	7	23	3	10
5	30	11	37	16	53	3	10	17	57	10	33	3	10
6	30	14	47	12	40	4	13	24	80	6	20	-	-
∑	180	93	52	61	34	26	14	130	72	40	22	10	6

[1]plot, [2] number of stems, [3]shape of crown, [4]egg-shaped, [5]columnar, [6] broom-shaped, [7]branch thickness, [8] thin, [9]medium, [10] thick

Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov a korún

Na základe hodnotenia zdravotného stavu kmeňov (Tab. 3) možno konštatovať, že sledované populácie na založených plochách majú veľmi priaznivý zdravotný stav, pretože až 83 % kmeňov bolo zdravých bez vonkajších známok poškodenia.

Tab. 3: Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov a korún jelše sivej.

Tab. 3: *Health state (damage) of stems and crowns of grey alder.*

Plocha[1]	Počet kmeňov[2]	Zdravotný stav[3]								
		kmeň[4]				koruna[5]				
		a	b	c	d	1	2	3a	3b	4
	[ks]	[%]								
1	30	83	10	7	-	26,7	60,0	3,3	6,7	3,3
2	30	80	13	7	-	56,7	26,7	3,3	10,0	3,3
3	30	93	7	-	-	66,7	26,7	3,3	3,3	-
4	30	80	10	7	3	53,3	30,0	10,0	6,7	-
5	30	70	7	23	-	66,7	23,3	3,3	6,7	-
6	30	90	-	10	-	73,3	23,4	3,3	-	-
∑	180	82	8	9	1	57,2	31,7	4,4	5,6	1,1

[1] plot, [2] number of stems,[3] health state, [4] stem, [5] crown

kmeň (stem):

a – zdravý, nepoškodený (healthy)

b – poškodený hnilobou (rot damaged)

c – mechanické poškodenie (mechanically damaged)

d – iné (mrazová trhlina ap.), (frost damaged)

koruna (crown):

1 – zdravá (healthy)

2 – slabo presvetlená (weakly damaged)

3a – stredne presvetlená (medium dam.)

3b – výraznejšie presvetlená (strongly dam.)

4 – silne presvetlená (extensively damag.)

Z hodnotených druhov poškodenia sa vyskytlo predovšetkým poškodenie mechanické (9 %) a poškodenie hnilobou (8 %). Najviac jedincov poškodených hnilobou bolo zaznamenaných na ploche 2 – Setechov (13 %), mechanické poškodenie kmeňov bolo najviac zaznamenané na ploche 5 – Kotešová (23 %). Poškodenie mrazom bolo nepatrné (1 %) a vyskytlo sa len na ploche 4 – Štiavnik. Jedince na sledovaných plochách sa vyznačovali tiež dobrým zdravotným stavom korún, pretože až 57 % jedincov malo koruny zdravé, nepoškodené. Najväčší výskyt korún slabo presvetlených bol zaznamenaný na ploche 1 – Kolárovice (60 %) a najmenej na plochách 5 – Kotešová a 6 – Potoky (23 %). Jedince so slabo presvetlenými korunami tvorili celkovo 32 %. Koruny stredne a výraznejšie presvetlené (stupeň 3a, 3b) boli na plochách zaznamenané v menšej miere a tvorili 10 % z celkového počtu stromov. Jedince so silne presvetlenými korunami boli zaznamenané v celkovom zastúpení len 1 %.

Hodnotenie celkovej kvality populácií

Z výsledkov hodnotenia celkovej kvality populácií (Tab. 4) vyplynulo, že z celkového počtu sledovaných kmeňov spĺňalo kritéria pre zaradenie do najvyššej kvalitatívnej triedy A 54 %. Najväčšie zastúpenie kmeňov tejto kvalitatívnej triedy bolo na ploche 6 – Potoky (70 %). Do kvalitatívnej triedy B bolo zaradených 33 % kmeňov. Najviac jedincov tejto kvalitatívnej triedy bolo na ploche 2 – Setechov (40 %), najmenej na ploche 5 – Kotešová (27 %). Kritériá pre zaradenie do kvalitatívnej triedy C spĺňalo 7 % jedincov a do kvalitatívnej triedy D len 6 % z celkového počtu hodnotených kmeňov.

Tab. 4: Zastúpenie kmeňov jelše sivej v kvalitatívnych triedach.

***Tab. 4**: Share of quality classes of grey alder.*

Plocha[1]	Počet kmeňov[2]	Kvalitatívne triedy[3]							
		A		B		C		D	
	[ks]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]
1	30	14	47	11	37	3	10	2	6
2	30	13	43	12	40	2	7	3	10
3	30	19	64	9	30	1	3	1	3
4	30	12	40	11	37	3	10	4	13
5	30	19	63	8	27	3	10	-	-
6	30	21	70	9	30	-	-	-	-
∑	180	98	54	60	33	12	7	10	6

1 plot, [2] number of stems, [3] quality of stem

DISKUSIA A ZÁVER

Jelša sivá sa vyskytuje takmer na celom území Slovenska, čo je podmienené tým, že jej semeno je vodnými tokmi zanášané aj do dolných povodí väčších riek, chýba len v údoliach horných tokov, v oblastiach stredohôr, prípadne vyššie položených pahorkatín (BLATTNÝ, ŠŤASTNÝ (1959). Priemerná horná hranica jej prirodzeného rozšírenia na Slovensku prebieha v nadmorskej výške 940 m n. m. Rastie najmä pozdĺž horských bystrín, na horských prameniskách s prúdiacou vodou, ale nájdeme ju aj na suchých svahoch a suťoviskách (PAGAN 1999).

Okrem podmienok prostredia jej rastové vlastnosti a kvalitatívne znaky ovplyvňuje mnoho iných faktorov. Je to predovšetkým vek a pôvod jedincov, ich genetické vlastnosti, sociologické postavenie v poraste (KREMER 1984, LUKÁČIK 2000). Z kvalitatívneho hľadiska sú najviac cenené jedince s rovným, priebežným kmeňom, bez adventívnych výhonkov. Podľa DÉRERA (1970) je šikmý priebežný rast jedincov spôsobený skutočnosťou, že koruny sa odkláňajú za svetlom k voľnejším priestorom. Môžu tak predstavovať nebezpečenstvo vzniku fenotypov s dedičnou dispozíciou ku krivosti. Na založených plochách prevládali jedince s rovným priebežným (50 %) a šikmým priebežným kmeňom (42 %). V menšej miere bol zaznamenaný aj výskyt jedincov s pokriveným (7 %) a šabľovitým rastom (2 %). Ako dôležitý faktor vplývajúci na celkovú kvalitu kmeňa jelše sivej je v odbornej literatúre uvádzané i čistenie kmeňa. Podľa viacerých autorov (SVOBODA 1957, DÉRER 1970) vytváranie adventívnych výhonkov je podmienené predovšetkým geneticky. Príčinou však môže byť aj nerovnomerné zakmenenie porastov a následný prienik bočného svetla, či výškové postavenie jedincov, kedy podúrovňové stromy zabezpečujú dobré čistenie kmeňov úrovňových stromov od adventívnych výhonkov (LUKÁČIK 1999). Na skúmaných plochách prevládalo veľmi dobré (58 %) a dobré (36 %) čistenie kmeňa.

Dôležitými ukazovateľmi pri hodnotení kvality každého jedinca sú aj znaky koruny. Je to predovšetkým jej tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Jedince so stĺpovitou alebo vajcovitou korunou, nasadenou v hornej štvrtine, s tenkými konármi, sú z hľadiska produkcie a kvality dreva vysoko cenené, lebo aj čistenie kmeňa je v takomto prípade rýchlejšie (PAGAN 1999, LUKÁČIK 2000). Vývoj kvalitatívnych znakov korún v skúmanej oblasti je veľmi priaznivý, pretože na založených plochách výrazne prevládali jedince s vajcovitými korunami (52 %) a tenkými konármi (72 %).

Pri posudzovaní celkovej kvality porastov sledovaného taxónu zohráva dôležitú úlohu aj ich zdravotný stav a poškodenie. Z literatúry je známe, že jelša sivá patrí k drevinám, ktoré sú pomerne málo poškodzované abiotickými činiteľmi a biotickými škodcami (VANÍK et al. 1999). Táto skutočnosť sa potvrdila i na založených plochách, keď z celkového počtu jedincov na všetkých plochách bolo až 83 % zdravých, bez vonkajších známok poškodenia. Z poškodení sa najviac prejavila hniloba (8 %) a poškodenie mechanické (9 %), minimálne je poškodenie mrazom (1 %). Zdravotný stav korún sa hodnotil na základe straty asimilačných orgánov a stupňa ich odfarbenia. Zdravú, takmer plne olistenú korunu malo (57 %) posudzovaných jedincov, slabo presvetlené koruny sa zaznamenali v 31,7 % prípadov. Na piatich plochách (plocha 1–6) sa nachádzali aj jedince s výraznejšie presvetlenými korunami (6 %) a len na dvoch plochách (1 a 2) i jedince so silne presvetlenými korunami (1 %). Príčiny prerieďovania korún sú veľmi variabilné. Jančařík (1993) uvádza, že prvotné príznaky sa objavujú na koncových výhonkoch tenkých konárov v korunách, ktoré vykazujú znížený prírastok a strácajú olistenie. Následne sa môžu objaviť malé lístky, čo je spôsobené nedostatkom živín vzhľadom k poruchám funkcií vodného režimu a vedenia živín v odumierajúcich stromoch, ale zrejme aj vplyvom odumierania koreňového systému.

Analýza kvalitatívnych znakov kmeňov a korún poukazuje na pomerne vysoký výskyt kvalitných populácií jelše sivej v oblasti Javorníkov, pretože do najvyšších kvalitatívnych tried A a B bolo zaradených až 87 % hodnotených kmeňov. Do kvalitatívnej triedy C bolo zaradených 7 % a do najhoršej kvalitatívnej triedy D len 6 % kmeňov.

Okrem podmienok prostredia kvalitatívne znaky hodnoteného taxónu ovplyvňuje mnoho iných faktorov. Je to predovšetkým vek a pôvod jedincov, sociologické postavenie v poraste, čo vo väčšej miere potvrdili aj výsledky tejto práce.

Poznámka

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

LITERATÚRA

BLATTNÝ, T. – ŠŤASTNÝ, T. (1959): Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. SVPL, Bratislava, 402 s.

DÉRER, L. (1970): Pestovanie jelší. Príroda, Bratislava, 162 s.

JAKUBISOVÁ, M. (2009): Význam brehovej vegetácie v protieróznej ochrane krajiny. In: Venkovská krajina 2009. Zborník zo 7. ročníka medzinárodnej medziodborovej konferencie, Dreslerová, J. (ed.), LDF MZLU v Brně, s. 70–77.

JAKUBISOVÁ, M. (2011): Výskum pôdoochrannej funkcie brehových porastov. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 159 s.

JANČAŘÍK, V. (1993): Usychání olší. Lesnícka práce. 72: 1: 14–16.

KREMER, B. P. (1984): Bäume. Mosaik Verlag, München, 287 s.

Kolektív autorov (1979): Encyklopédia Slovenska III. Zväzok, J–M. Veda – vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 652 s.

LUKÁČIK, I. (1999): Premenlivosť a zdravotný stav prirodzených populácií jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v Podunajskej nížine. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 41: 67–79.

LUKÁČIK, I. (2000): Premenlivosť, rastová charakteristika a ekológia drevín *Alnus glutinosa* [L.] Gaertn., *Pinus mugo* Turra a *Taxus baccata* L. v lesných porastoch Slovenska. Habilitačná práca, TU Zvolen, 131 s.

LUKÁČIK, I. (2002): Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen – Banská Bystrica. In: Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen – Banská Bystrica. Benčať, T., Soroková, M. (eds.), Partner, z. p., Banská Bystrica, s. 103–108.

LUKÁČIK, I. – BUGALA, M. (2005): Premenlivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) na Slovensku. Vedecké štúdie. Technická univerzita Zvolen, 68 s.

PAGAN, J. (1999): Lesnícka dendrológia. Technická univerzita, Zvolen, 378 s.

SVOBODA, P. (1957): Lesní dřeviny a jejich porosty III. SZN, Praha, 573 s.

Adresa autorov

Ing. MICHAL BUGALA, PhD.

Ing. MIROSLAV BALANDA, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra pestovania lesa

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: bugala@tuzvo.sk miroslav.balanda@tuzvo.sk

Původ a historie narušení horských smrčin Šumavy – předběžné výsledky

Origin and disturbance history of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest – preliminary results

VOJTĚCH ČADA – MIROSLAV SVOBODA – PAVEL JANDA – JAN REJZEK – RADEK BAČE

Abstract

The knowledge about the history of mountain Norway spruce in the Bohemian Forest and its natural changes during time is critical for proper and effective forest management. Today, very contrasting opinions often exist. One opinion states the forest as harvested and then planted in the past. However, the second opinion presents the forest as fully natural. This work focused on the description of the origin and disturbance history of the mountain spruce forest in the Bohemian Forest using tree-ring analysis. 30 plots were established across the landscape. For the analysis, at least 35 stems were cored at each plot. The growth series were surveyed for events indicative of past tree mortality: 1) rapid early growth rates (gap origins) and 2) abrupt, sustained and rapid increases in growth (releases from suppression). Only a part of results is presented in the preliminary form. Main population waves were initiated in association with severe disturbances during a relatively short period. The disturbances were synchronized among localities and accounted for by historically known windstorms or bark beetle outbreaks.

Keywords: *forest dynamics, dendrochronology, Picea abies, windstorm, bark beetle*

Abstrakt

Poznání historie horských smrčin Šumavy a toho, jak se přirozeně v čase mění, je kritické pro nastavení správného a efektivního managementu zdejších lesů. V současnosti existují často kontrastující názory. Jeden názor uvádí, že se jedná o kulturní lesy v minulosti vytěžené a následně vysázené člověkem. Opačný názor předpokládá minimální vliv člověka. Cílem příspěvku je pomocí letokruhové analýzy poodkrýt to, jak v minulosti vznikaly porosty horských smrčin na Šumavě a popsat jejich historii narušení. Za tímto účelem bylo založeno 30 ploch v rámci krajiny. Na každé ploše byly odebrány vývrty minimálně z 35 kmenů. Na letokruhových sériích byly hledány dva typy událostí, které indikují minulá narušení: 1) rychlý počáteční růst a 2) uvolnění – náhlé, setrvalé a výrazné zvýšení přírůstu. V této práci je prezentována část výsledků předběžnou formou. Bylo zjištěno, že porosty vznikaly během krátké doby po silných narušeních. Narušení byla synchronizována mezi různými lokalitami a byla vysvětlitelná historicky známými vichřicemi a gradacemi lýkožrouta.

Klíčová slova: *dynamika lesa, dendrochronologie, Picea abies, vichřice, lýkožrout smrkový*

ÚVOD

Poznání historie horských smrčin Šumavy a toho, jak se přirozeně v čase mění bez lidských zásahů, je kritické pro nastavení správného a efektivního managementu zdejších lesů. V současnosti existují často dosti kontrastující názory na historii horských smrkových lesů na Šumavě. Jeden názor uvádí, že se jedná o kulturní lesy v minulosti vytěžené a následně vysázené člověkem. Opačný názor předpokládá minimální vliv člověk v jejich historii. Oba popsané názory často vycházejí z nedostatečných podkladů, případně pouze z hodnocení struktury porostů v současnosti.

Prvním zdrojem informací o historii a původu lesů na Šumavě představují archivní materiály. Z těch vychází velká část současných znalostí o historii šumavských lesů. První detailní lesnické porostní mapy však pochází až z poloviny 19. století a byly zpracovány JELÍNKEM (2005). Problém je, že poměrně velká část porostů horských smrčin je starší než 150 let, takže jejich vznik není přímo popsán v těchto detailních porostních mapách. V nich je zachycen pouze jejich hrubý obraz v době vzniku mapy. Z období před polovinou 19. století pocházejí pouze hrubé a nepřesně lokalizované popisy lesa a způsobu hospodaření.

Druhý, a pro naše poznání zřejmě nezbytný, zdroj informací o historii a původu lesů na Šumavě představuje přirozený archiv v letokruzích stromů. V nich je zachycena doba vzniku stromu (věk), a také způsob jeho dalšího vývoje. Pokud takový strom rostl pomalu, často to znamená, že trpěl nedostatkem světla v podrostu mateřského porostu. Pokud posléze dochází k odumření stromů v okolí, stromy obvykle reagují náhlým a setrvalým zvýšením rychlosti růstu (uvolnění). Na druhou stranu pokud strom netrpěl nedostatkem světla, rostl od počátku intenzivně. To znamená, že rostl od počátku v porostní mezeře. Takto se dá rekonstruovat minulá dynamika porostů od doby jejich vzniku po současnost. Dají se odhalit i minulá narušení (disturbance), která se v porostu vyskytla. Jeden z problémů tohoto zdroje informací je zachycení pouze jedné generace lesa.

Druhá polovina dvacátého století přinesla zásadní změnu v chápání dynamiky vegetace a potažmo přirozených lesů (WHITE 1979; WU, LOUCKS 1995). Původní představa byla reprezentována například teorií klimaxu a popisovala přirozený les jako vysoce stabilní samoregulující se entitu (CLEMENTS 1916). V tomto pojetí byly disturbance chápány jako vzácné externí události, které vychylují systém z rovnováhy a iniciují sukcesi směřující ke klimaxu. Teorie klimaxu byla zavržena na základě zjištění, že věková, druhová a prostorová struktura lesa je v dominantní míře formována variabilními typy narušení (HENRY, SWAN 1974; OLIVER, STEPHENS 1977; PICKETT, WHITE 1985; JOHNSON, MIYANISHI 2007) a že existují typy krajin, ve kterých les v důsledku rozsáhlých narušení nedosahuje rovnovážného stavu ani na velkých prostorových škálách (TURNER et al. 1993). Výsledkem pionýrských dendrochronologických prací (VINŠ 1961; HENRY, SWAN 1974; OLIVER, STEPHENS 1977) bylo zjištění, že přírodní disturbance jsou přirozenou a nedílnou součástí dynamiky lesa, protože 1) existuje gradient od slabých po silné události, které formují strukturu lesa, a 2) některé disturbance jsou iniciovány nebo podporovány biotickými komponenty systému (WHITE 1979).

V současnosti se pomocí konceptu narušení popisuje historický vývoj porostu. Koncept režimu disturbancí se, ve finále, stal velice užitečným pro definici celkového charakteru, dynamiky a rozsahu variability lesa v krajině (FRELICH 2002, KULAKOWSKI, BEBI 2004). Narušení je „jakákoliv relativně samostatná událost v čase, která poruší strukturu

ekosystému, společenstva nebo populace a změní zdroje, dostupnost substrátu nebo fyzikální prostředí“ (PICKETT, WHITE 1985). Výhodou tohoto konceptu je jeho jednoduchost a obecná použitelnost. Narušení je možné kvantifikovat poměrně jednoduše s minimalizací subjektivního přístupu. Teze, že narušení se vyskytuje v každém lese, je obdobná té, že stromy umírají. Narušení se vyskytne v čase izolovaně, tj. jedná se z pohledu vývoje lesa o událost; poruší předchozí stav, tj. jedná se o relativní změnu; ale také podnítí další vývoj (PICKETT, WHITE 1985; FRELICH 2002). Koncept režimu narušení je popis všech typů narušení, které se v krajině vyskytují (tj. popis faktoru narušení, frekvence výskytu, síly a rozsahu; FRELICH 2002). Odpovědí na režim narušení je rozsah variability, tj. struktura lesa v krajinném měřítku, která je výsledkem působení narušení (KULAKOWSKI, BEBI 2004). Retrospektivní analýza pomocí letokruhových sérií hraje nezastupitelnou roli při studiu dynamiky lesa, neboť ta se odehrává v daleko delších časových měřítkách, než které lze zachytit studiem na trvalých výzkumných plochách či dokonce lidskou pamětí (VINŠ 1961; HENRY, SWAN 1974).

Cílem tohoto příspěvku je poodkrýt to, jak v minulosti vznikaly porosty horských smrčin na Šumavě a analyzovat jejich historii narušení. Práce se soustřeďuje na shrnutí dosavadních (předběžných) výsledků z letokruhových analýz a z analýz historických lesnických porostních map.

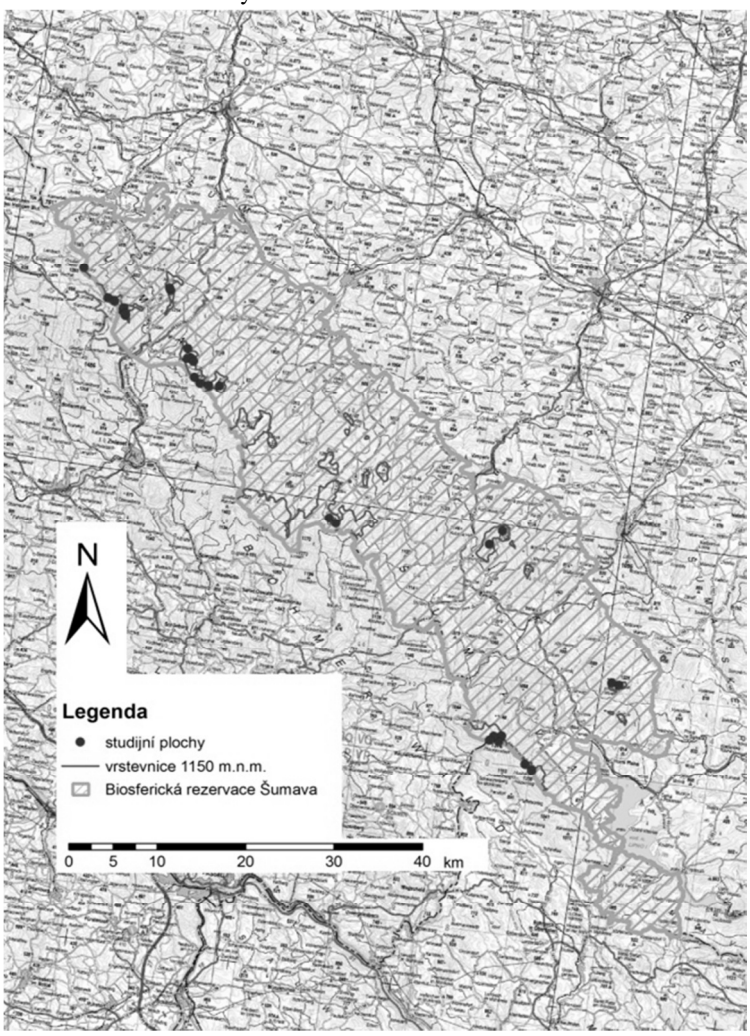
Studijní oblast

Práce je zaměřena na oblast horských smrčin NP a CHKO Šumava. Přirozené horské smrčiny se vyskytují ve vrcholových partiích hor v nadmořské výšce nad cca 1150 m n. m. (Obr. 1). Ve stromovém patře výrazně převládá smrk ztepilý (*Picea abies*), s téměř stoprocentním zastoupením, s malou příměsí dalších dřevin (*Sorbus aucuparia, Acer pseudoplatanus, Abies alba, Fagus sylvatica* a další; NEUHÄUSLOVÁ, MORAVEC 1998).

Geologicky Šumava patří ke krystaliniku Českého masivu (Moldanubikum) s poměrně pestrým zastoupením hornin. Převažujícími horninami jsou ruly, svory a diority (CHÁB et al. 2007). Půdy jsou slabě vyvinuté s převažujícími podzoly a rankery (KOZÁK 2010). Klima je studené s průměrnou roční teplotou asi 4 °C. Kontinentalita podnebí se zvyšuje od západu k východu. Zatímco v západní části (např. Jezerní hora) dosahují roční srážkové úhrny přes 1400 mm.rok^{-1}, ve východní části (např. Boubín) je to pouze 800–1000 mm.rok^{-1} (TOLASZ 2007).

V pohoří Šumavy byly vytipovány staré porosty horských smrčin, které vznikaly před rokem 1850. Výběr probíhal na podkladě historických lesnických map (které na Šumavě vznikaly po roce 1860; JELÍNEK 2005, Státní oblastní archiv Plzeň), literatury, leteckých snímků a současných lesnických map. Biotop horské smrčiny byl rámcově ohraničen vrstevnicí 1150 m n. m. Následně však byly zahrnuty i některé další lokality s neznámou minulostí, pro něž neexistovaly historické mapy (Můstek, Knížecí Stolec), nebo porosty relativně mladší (Prameny Vltavy). Zde je nutné upozornit, že vybrané lokality pokrývaly většinu horských smrčin Šumavy. Devět (z jedenácti) lokalit bylo vybráno pro tuto studii (Obr. 1, postupně od severozápadu k jihovýchodu): Ostrý, Jezerní hora, Můstek, Polom-Ždánidla, Prameny Vltavy, Boubín, Plechý, Hraničník a Knížecí Stolec. Dvě zbývající lokality byly shledány jako nevhodné, neboť se zde vyskytovaly pouze mladší porosty. Byly to lokality Březník a Poledník.

Většina starých porostů horských smrčin Šumavy se postupně rozpadala od 80. let 20. století vlivem vichřic, žíru lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a asanačních těžeb, což kulminovalo vichřicí Kyrill z ledna 2007.



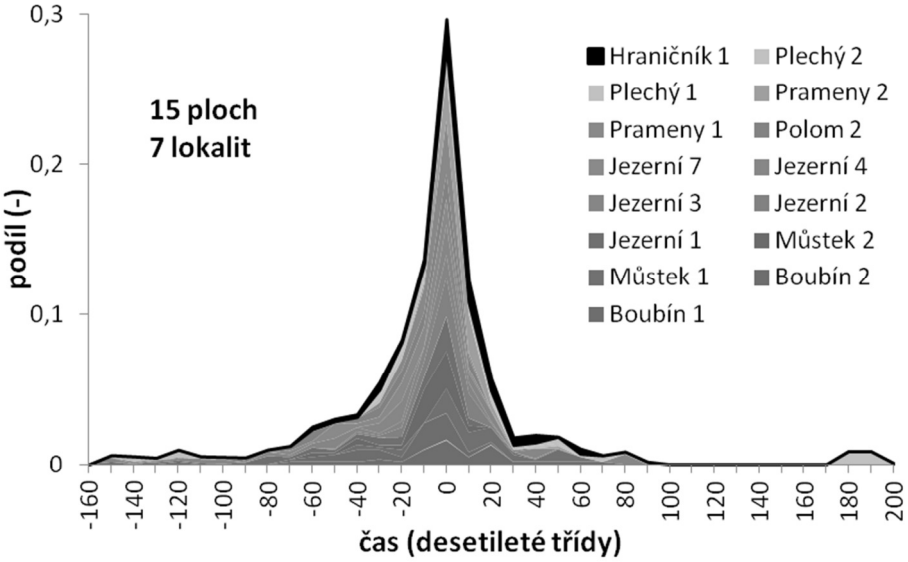
Obr. 1: Lokalizace studijních ploch na Šumavě. Vrstevnice 1150 m n. m. rámcově ohraničuje studijní oblast (horskou smrčinu). Studijní plochy byly založeny na devíti z jedenácti lokalit horských smrčin na Šumavě (Ostrý, Jezerní hora, Můstek, Polom-Ždánidla, Prameny Vltavy, Boubín, Plechý, Hraničník a Knížecí Stolec). Důraz byl kladen zejména na porosty starší 150 let a porosty s neznámou historií. Z toho důvodu nebyly analyzovány dvě zbývající lokality (Březník a Poledník). Počet ploch na každé lokalitě odpovídal její rozloze.

Fig. 1: *Localisation of study plots in the Bohemian Forest. 1150 m a. s. l. contours roughly delineate the study area (mountain spruce forest). Study plots were established in 9 out of 11 localities of mountain spruce forest in the Bohemian Forest. Attention was focused on stands older than 150 years or of unknown history. That is why 2 localities were eliminated. Number of plots on each locality is proportional to its area.*

METODIKA

Celkem 30 studijních ploch bylo na Šumavě založeno pro studium krajinného měřítka disturbancí (Obr. 1). Počet ploch na každé lokalitě (v rozsahu od jedné do osmi) závisel na rozloze lokality. Plochy byly vybírány tak, aby pokryly co největší variabilitu porostů. Byly zakládány v místech, která se rozpadla v důsledku vichřice Kyrill, nebo později tak, aby bylo možné z ještě nezetlelých kmenů odebírat vzorky. Na každé ploše byly odebrány vývrty minimálně z 35 kmenů ve výšce pařezu (30–40 cm). V laboratoři byly vývrty vysušeny, nalepeny do dřevěných prken s drážkami a seříznuty žiletkou. U takto připravených vývrtů byl pod binolupou počítán počet letokruhů a měřena jejich šířka pomocí posuvného stolku LINTAB připojeného na počítač s programem TsapWin (RINNTECH, Inc., Heidelberg, Germany, www.rinntech.com) s přesností na 0,01 mm.

Letokruhové série a věk byly využity k analýze toho, jak porost vznikl a jak se dále vyvíjel. Pro potenciálně stinné lesy mírného pásma, které nejsou pod vlivem silných požárů, platí, že distribuce věků nemusí dobře vypovídat o vzniku porostu, protože stromy mohou existovat dlouhou dobu v podrostu. Lepší charakteristikou proto bývá okamžik, kdy strom začal intenzivně odrůstat (OLIVER 1980/81). Takové okamžiky je možné nalézt na přírůstových sériích. Začátek intenzivního růstu indikuje otevřené podmínky pro růst stromu, které bývají vytvořeny úmrtím stromů v okolí. Tímto způsobem se dají odhalit minulá narušení, která se v porostu vyskytla. Na letokruhových sériích byly hledány dva typy událostí: 1) rychlý počáteční růst – strom začal růst v otevřených podmínkách, 2) uvolnění – náhlé, setrvalé a výrazné zvýšení přírůstu. Pokud jsou takovéto události v čase synchronizovány u více stromů, značí to důležité narušení, které se v porostu v minulosti vyskytlo (FRELICH 2002; FRAVER, WHITE 2005; JÖNNSON et al. 2009; SVOBODA et al. 2011).



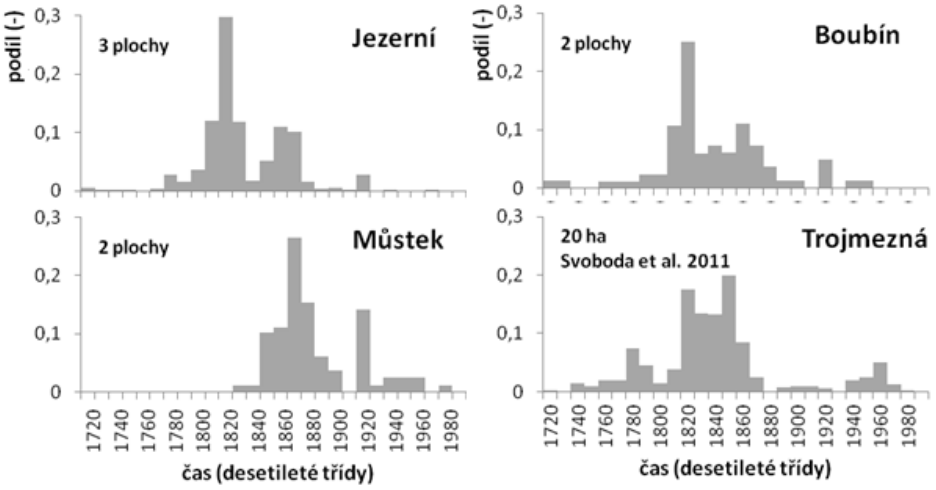
Obr. 2: Průměrná věková struktura porostů na studijních plochách. Věková distribuce na každé ploše byla posunuta do bodu 0, což je dekáda s největším množstvím stromů.

Fig. 2: *Mean age distribution of stands on study plots. The age distributions were moved to the point 0, what is the decade with the highest number of trees.*

PŘEDBĚŽNÉ VÝSLEDKY A DISKUSE

V současnosti jsou hotové analýzy pouze na části studijních ploch. Na 15 plochách a 7 studijních lokalitách jsou k dispozici předběžné informace o věkové struktuře porostu (Obr. 2). A na 7 plochách a 3 lokalitách byl již analyzován i vznik porostu a historie narušení. K dispozici je navíc studie SVOBODY et al. (2011), kteří sledovali vznik a historii narušení na 20 hektarové ploše v pralesovitém porostu na Trojmezné (Obr. 3).

Většina dosud studovaných ploch byla výrazně stejnověká (Obr. 2). V průměru 30 % stromů na plochách pocházelo z jednoho desetiletí a 70 % všech stromů se obnovilo v rozmezí třiceti let. Takto nevyrovnané věkové složení bývá důsledkem silné disturbance, která odstranila většinu stromů předchozího porostu a dala vzniknout porostu současnému. Zjištěný rychlý vznik nového porostu také kontrastuje s tvrzením o pomalé obnově (či dokonce neschopnosti obnovy) horských smrčin, neboť je známo, že umělá obnova se v centrální Šumavě začala používat až od druhé poloviny 19. století (JELÍNEK 2005). Vrcholy ve věkové struktuře se vyskytovaly v období 1790–1890 (medián 1830), přičemž v období 1880–1890 se jednalo pouze o dvě plochy na lokalitě Prameny Vltavy.



Obr. 3: Rozdělení událostí (na přírůstových sériích), které indikují narušení, v čase podle lokalit. Období se zásadními narušeními se vyskytovala na Šumavě synchronizovaně mezi lokalitami asi dvakrát za století. Z historických materiálů zároveň víme, že se v té době na Šumavě vyskytly silné vichřice.

Fig. 3: *Time distribution of events (on growth series), which indicate past disturbance, according to the locality. The periods of significant disturbances occurred in the Bohemian Forest cca twice per century and were synchronized between localities. Based on written evidence, we know that intense windstorms occurred in same periods in the Bohemian Forest.*

Tab. 1: Přehled historicky známých vichřic a gradací lýkožrouta smrkového (*Ips typograhpus*) na Šumavě. Informace byly získány z prací ZATLOUKALA (1998); BRÁZDILA et al. (2004) a JELÍNKA (2005).

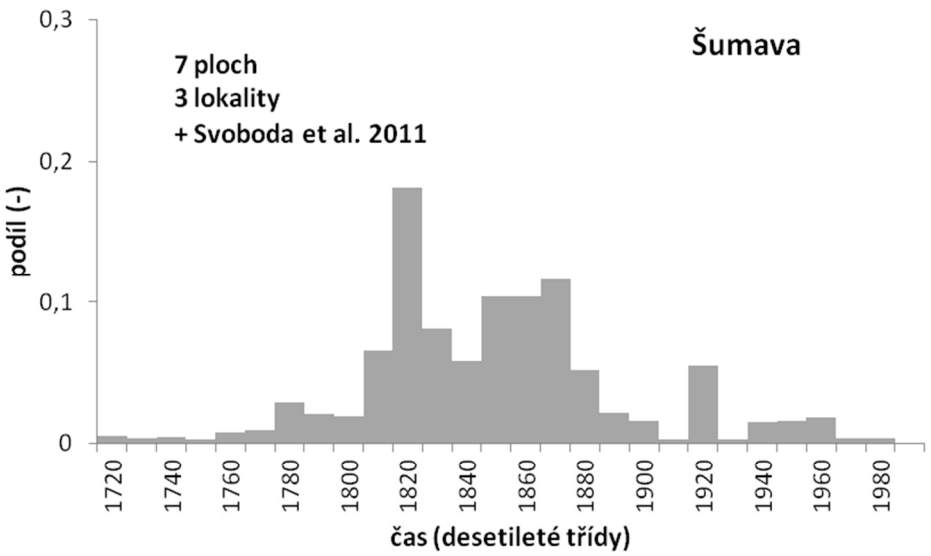
Tab. 1: *Overview of historical windstorms and bark beetle (Ips typographus) outbreaks known from written evidence in the Bohemian Forest. Information was taken from works of ZATLOUKAL (1998); BRÁZDIL et al. (2004) and JELÍNEK (2005).*

období	typ disturbance	období	typ disturbance
1710	vichřice	1868–1877	vichřice a gradace lýkožrouta
1720–1730	vichřice a gradace lýkožrouta	1903–1906	vichřice
1740	vichřice	1921–1922	vichřice
1778	vichřice	1929	vichřice
1801	vichřice	1939–1940	vichřice
1812–1813	vichřice	1946–1954	gradace lýkožrouta
1818	vichřice	1955	vichřice
1821–1822	vichřice	1957	vichřice
1830	vichřice	1960	vichřice
1833–1840	vichřice a gradace lýkožrouta	1967	vichřice
1853	vichřice	1976	vichřice
1859–1863	vichřice	1983–1989	vichřice a gradace lýkožrouta

Faktorem, kterým způsobil zmíněná silná narušení, může být v horské smrčině na Šumavě vichřice, gradace lýkožrouta smrkového nebo těžba. Uvolnění z kompetice mohou poměrně přesně datovat výskyt narušení, protože jejich zpoždění po disturbanci bývá pouze několik let. V práci ČADA, SVOBODA (2011) bylo ukázáno, že je to skutečně možné i na Šumavě. Uvolnění byla na plochách synchronizována do období asi pěti let. Byla také synchronizována mezi studijními plochami i mezi různými lokalitami. Navíc bylo zjištěno, že vrcholy v obnově se vyskytly v době, kdy došlo k silnému narušení (ČADA, SVOBODA 2011; SVOBODA et al. 2011; ČADA et al. 2013).

Na Obr. 3 jsou sumarizovány první události (rychlý počáteční růst a uvolnění) na letokruhových sériích, které indikují narušení. Ty označují dobu, kdy stromy začaly intenzivně odrůstat do korunové klenby (viz metodika). Ačkoliv na jednotlivých plochách většinou dominovala jedna populační vlna, v širším měřítku lokality existují již minimálně dvě takové vlny. Nicméně opět se vyskytují výrazné vrcholy, které indikují výskyt silných narušení. Tyto vrcholy jsou synchronizovány mezi lokalitami a projevují se i v průměrné distribuci pro Šumavu (Obr. 4). Nejzásadnější období, kdy vznikaly porosty na Šumavě, jsou v dekádách 1780–1790, 1810–1830 a 1850–1880. Později se vyskytla narušení také v dekádách 1920 a 1940–1960.

Narušení jsou nejen synchronizována mezi plochami a lokalitami na Šumavě, ale také vysvětlitelná historickou evidencí výskytu vichřic a kůrovcových gradací pro oblast Šumavy (Tab. 1). Jedná se zejména o vichřice z let 1778, 1812–1813, 1821–1822, 1859–1863 a 1868–1877. Na základě studia starých porostních map lze navíc odvodit, že rekonstruovaná narušení odstranila souvislé plochy porostů v řádu desítek hektarů (ČADA et al. 2011).



Obr. 4: Rozdělení událostí, které indikují narušení. Obrázek popisuje období, ve kterém vznikaly staré porosty horských smrčin na Šumavě. Těmto porostům dala vzniknout silná narušení, která se v té době vyskytla.

Fig. 4: *Distribution of events indicating past disturbances. The figure shows periods, when old stands of mountain Norway spruce originated in the Bohemian Forest. The causes of its origin were severe disturbances, which occurred in those times.*

ZÁVĚR

Bylo zjištěno, že, podobně jako v současnosti, také v minulosti hrála silná a rozsáhlá narušení důležitou roli ve struktuře a dynamice horských smrčin na Šumavě. Porosty, které se v současné době rozpadly po orkánu Kyrill z ledna 2007, vznikaly po obdobných vichřicích před 150–230 lety. Po větrném polomu a při vhodných klimatických podmínkách dochází často k navýšení početnosti lýkožrouta smrkového tak, že je schopný napadnout i živé stromy. Výsledný rozsah narušení může být pak daleko větší než původní polom. Naše data částečně potvrzují, že v minulosti docházelo k odumírání porostů vlivem žíru lýkožrouta, vliv větru však byl pravděpodobně důležitější. Období se silnými narušeními se na Šumavě vyskytla minimálně dvakrát za století. V takových podmínkách jsou porosty starší 150 let velmi citlivé na disturbanci a je poměrně málo pravděpodobné jejich dlouhodobé přežití v neporušeném stavu. Nicméně mnoho druhů organismů, které žijí v horských smrčinách, v popsaných podmínkách prosperují (MÜLLER et al. 2008). Přísun světla, tepla, množství mrtvého dřeva nejrůznějších forem i narušení půdního drnu jsou dědictvím disturbance. V chráněných územích, která jsou vytvářena proto, aby zde našly prostor pro život druhy vázané na přirozený vývoj lesa, je nutné pochopit roli přirozených narušení a jejich vlivu na strukturu lesa a populace chráněných organismů, a zjištěné informace zakomponovat do způsobu managementu.

Oproti stavu horských smrčin na Šumavě v minulosti byly nalezeny také některé odlišnosti, které mohly zapříčinit intenzivnější průběh současného rozpadu lesa: 1) krajinná mozaika lesa mohla být zjednodušena těžebními aktivitami na přelomu 19. a 20. století,

2) fitness lýkožrouta smrkového může být v současnosti vyšší díky klimatické změně a vyšším teplotám a 3) obranyschopnost smrku může být nižší v důsledku znečištění ovzduší a měnícímu se klimatu (ŠANTRŮČKOVÁ et al. 2007).

LITERATURA

BRÁZDIL, R. – DOBROVOLNÝ, P. – ŠTEKL, J. – KOTYZA, O. – VALÁŠEK, H. – JEŽ, J. (2004): History of weather and climate in the Czech Lands VI: Strong winds. Masaryk University, Brno, 377 s.

ČADA, V. – SVOBODA, M. (2011): Structure and origin of mountain Norway spruce in the Bohemian Forest. Journal of Forest Science 57:12: 523–535.

ČADA, V. – BAČE, R. – JANDA, P. – SVOBODA, M. (2011): Historie šumavských pralesů. Šumava 2011 (zima), 12–15.

ČADA, V. – SVOBODA, M. – JANDA, P. (2013): Dendrochronological reconstruction of the disturbance history and past development of the mountain Norway spruce in the Bohemian Forest, central Europe. Forest Ecology and Management, 295: 59–68.

CLEMENTS, F. (1916): Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington, Washington.

FRAVER, S. – WHITE, A. S. (2005): Identifying growth releases in dendrochronological studies of forest disturbance. Canadian Journal of Forest Research, 35: 7: 1648–1656.

FRELICH, L. E. (2002): Forest dynamics and disturbance regimes. Cambridge University Press, Cambridge, 266 s.

HENRY, J. D. – SWAN, J. M. A. (1974): Reconstructing forest history from live and dead plant material – an approach to the study of forest succession in Southwest New Hampshire. Ecology, 55: 772–783.

CHÁB, J. – STRÁNÍK, Z. – ELIÁŠ, M. (2007): Geological map of the Czech Republic 1 : 500 000. Czech Geological Survey, Prague.

JELÍNEK, J. (2005): Od jihočeských pralesů k hospodářským lesům Šumavy. MZe ČR, ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 124 s.

JOHNSON, E. A. – MIYANISHI, K. (2007): Disturbance and succession, In: Plant disturbance ecology: the process and the response. Johnson, E. A., Miyanishi, K. (eds.), Elsevier, Amserdam, 1–13 s.

JÖNSSON, M. T. – FRAVER, S. – JONSSON, B. G. (2009): Forest history and the development of old-growth characteristics in fragmented boreal forests. Journal of Vegetation Science, 20: 1: 91–106.

KOZÁK, J. (ed.), (2010): Soil atlas of the Czech Republic. Czech University of Life Sciences Prague, Prague, 150 s.

KULAKOWSKI, D. – BEBI, P. (2004): Range of variability of unmanaged subalpine forests. Forum für Wissen 2004, 47–54.

MÜLLER, J. – BESSLER, H. – GOßNER, M. – RETTELBACH, T. – DUELLI, P. (2008): The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species. Biodiversity and Conservation 17: 12: 2979–3001.

NEUHÄUSLOVÁ, Z. – MORAVEC, J. (eds.), (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha, 341 s.

OLIVER, C. – STEPHENS, E. (1977): Reconstruction of a mixed-species forest in central New England. Ecology, 58: 3: 562–572.

OLIVER, C. D. (1980/1981): Forest development in North America following major disturbances. Forest Ecology and Management, 3: 153–168.

PICKETT, S. T. A. – WHITE, P. S. (eds.), (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego, 472 s.

ŠANTRŮČKOVÁ, H. – SANTRŮČEK, J. – SETLÍK, J. – SVOBODA, M. – KOPÁČEK, J. (2007): Carbon isotopes in tree rings of Norway spruce exposed to atmospheric pollution. Environmental Science & Technology, 41: 16: 5778–5782.

SVOBODA, M. – FRAVER, S. – JANDA, P. – BAČE, R. – ZENÁHLÍKOVÁ, J. (2010): Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. Forest Ecology and Management, 260: 5: 707–714.

SVOBODA, M. – JANDA, P. – NAGEL, T.A. – FRAVER, S. – REJZEK, J. – BAČE, R. (2011): Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. Journal of Vegetation Science, 23: 1: 86–97.

TOLASZ, R. (ed.), (2007): Climate atlas of Czechia. Czech Hydrometeorological Institute and Palacký University, Prague, Olomouc, 255 s.

TURNER, M. G. – ROMME, W. H. – GARDNER, R. H. – O`NEILL, R. V. – KRATZ, T. K. (1993): A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability on scaled landscapes. Landscape Ecology, 8: 3: 213–227.

VINŠ, B. (1961): Struktura a vývoj přirozených porostů s jedlí (příspěvek k metodice výzkumu pralesů). Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR, 23: 64–159.

WHITE, P. S. (1979): Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. The Botanical Review, 45: 3: 229–299.

WU, J. – LOUCKS, O. (1995): From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. The Quarterly Review of Biology, 70: 4: 439–466.

ZATLOUKAL, V. (1998): Historické a současné příčiny kůrovcové kalamity v Národním parku Šumava. Silva Gabreta, 2: 327–357.

Adresa autorů

Ing. VOJTĚCH ČADA

doc. Ing. MIROSLAV SVOBODA, Ph.D.

Ing. PAVEL JANDA, Ph.D.

Ing. JAN REJZEK

Ing. RADEK BAČE, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Kamýcká 1176

165 21 Praha 6 – Suchdol

e-mail: cada@fld.czu.cz vojcada@seznam.cz

Fagus sylvatica L. and *Abies alba* Mill. response in different silvicultural systems of Slovenian high Dinaric karst

MATJAŽ ČATER

Abstract

Most changes among all the silver fir forests types in Slovenia are evident in the Dinaric silver fir and beech forests, where ageing and withdraw of silver fir population is evident compared to the one of European beech. The situation is worsened by environmental changes, high browsing rate and the decline of abundance in fir's spatio-temporal distribution.

On sites with applied single selection method (A), group selection method (B) and old growth during three consecutive vegetation periods (2009, 2010, 2011), physiological and morphological response in young beech and fir to shade was compared. On every site three plots were established, each with comparable light conditions according to ISF (%) under mature shelter, forest edge and open light conditions. Structure of forest edge was compared in both systems in different altitude.

In the old growth, beech and fir expressed more shade-tolerance, reaction of different light categories to light was bigger compared to managed forest sites. Physiological and morphological responses of fir and beech under single selection method were more shade tolerant. Analysis of forest edge proved that both silvicultural systems created similar structural form of forest stands with increasing altitude as the area of represented categories became almost identical in altitudes above 700 m ASL.

To establish conditions where fir would be able to compete with beech, longer regeneration periods should be applied with gradual opening of the mature canopy, similar to the conditions in old growth. In our study, group selection approach proved to be more effective in the present environmental conditions.

Keywords: *Fagus sylvatica, Abies alba, photosynthesis, morphology, growth response, Dinaric silver fir and beech forests, silviculture*

INTRODUCTION

Slovenian beech (*Fagus sylvatica* L.) and Silver fir (*Abies alba* Mill.) forests grow between 600 and 1200 m above sea level where submediterranean, atlantic and continental climate regions mix and ensure sufficient humidity and water availability (RUBNER 1953). Those sites represent the best Slovenian natural forest resources with longest forest management planning tradition and different silvicultural systems (BONČINA et al. 2009). Lately, much attention was oriented in the decline of firs during the last decades (ELLING et al. 2009) and difficulties with natural regeneration because of severe deer browsing (AMMER 1996; MOTTA 1996; HEUZE et al. 2005a, 2005b). Today's situation is accompanied by environmental changes (KUTNAR, KOBLER 2011), causing the decline of abundance and shift in spatio-temporal distribution of the species. Breast diameter structure changed most in the Dinaric forests, where decline in small diameter (–9.6 $m^3.ha^{-1}$) and increase in large diameter

trees (16.2 $m^3.ha^{-1}$) is observed. Almost 50% of living stock is accumulated in trees with DBH bigger than 50 cm, while first diameter class is represented with only 12% (BONČINA et al. 2009). Situation is worsened by high browsing rate as well as evidenced smallest share of fir saplings in the regeneration, especially in higher elevations.

Crown morphological plasticity has been found to be an important in shade-tolerant species (CANHAM 1988, 1989). Plagiotropism, the least useful and most unwanted effect with respect to future forest products, increases with the degree of shade in beech (LÜPKE et al. 2004), while absence of forest canopy causes variation and fluctuation of annual growth rate and formation of forked branches – an unwanted effect in terms of future stem quality (NICOLINI, CARAGLIO 1994).

To evaluate responses of both predominant species in the Dinaric silver fir and beech forests, physiologic and morphologic responses in young beech and fir forests were compared on sites with single selection and group selection method (1). Physiological and morphological responses of managed forests were compared with old growth remnant (2). Structures of forest edge – the abundance of different light categories on forest edge were compared in both silvicultural systems over different altitudes (3).

METHODS

Research was performed at three different natural forest locations of the same forest complex in the Kočevski Rog, high karst Dinaric complex in the southwestern Slovenia. Forest type – Omphalodo-Fagetum with homogenous Rendzic Leptosol (KUTNAR, URBANČIČ 2008) was present on all plots which were located higher than 750 m above sea level (Tab. 1). Beech and fir responses were studied on sites with applied silvicultural single tree selection method (A), sites with group selection method (B, all managed forests) and compared with responses from Rajhenav old growth without applied management (ČATER, LEVANIČ 2013) during 2009, 2010 and 2011.

Tab. 1: Research plots characteristics.

Plots	Elevation [m]	Lat. [°]	Long. [°]	Annual precipitation [mm]	Annual average air T [°C]	Growing stock [$m^3.ha^{-1}$]
Single tree selection method (A)	835	N 45°42'44"	E 14°56'03"	1520	6.5	482
Group selection method (B)	750	N 45°36'37"	E 15°05'33"	1485	7.2	490
Old growth (C)	860	N 45°39'36"	E 15°03'36"	1530	6.2	992

- With potential light environment, estimated with hemispherical photos (ČATER 2010), we defined three major groups: stand conditions (ISF < 20), edge (20 < ISF < 25) and open area conditions, without the sheltering effect of a mature stand (ISF > 25). Height of trees on the plots ranged from 15–30 cm under the stand conditions, from 25–70 cm under the edge conditions and from 65–200 cm in the open area conditions. In each light group, eight trees from total 24 were randomly selected for physiological measurements on each plot. Light saturation curves were established to define comparable ecophysiological response of net assimilation (A_{max}) curves in young beech and fir (ČATER, LEVANIČ 2013).

- For the morphological response of beech, the quotient between length (l) and height of the trees (h) was used, which increased in the case of plagiotropic growth. A threshold value of l/h ≥ 1.1 (110%) was chosen to separate plagiotropic from orthotropic growth. For fir maximal distance from the stem to the furthest branch tip (d) was measured and compared with tree height (h) in all light conditions (ISF%) with cm accuracy; a threshold 2d/h ≥ 1.15 (115%) was used accordingly. The limiting value of light was defined after measurements of the ratio for all three consequential vegetation periods (ČATER, LEVANIČ 2013).
- Forest edge was defined as the 20 m wide belt below dense tree canopies on both studied areas. Light categories below forest edge were classified into different groups according to the prevailing combinations of direct and diffuse radiation components as described by DIACI (2002) for the both silvicultural systems (KOBLER, ČATER 2011). Different light categories were defined as „a“ – high diffuse, low direct, „c“ – low diffuse, low direct and „d“ – low diffuse and high direct light component. Category „b“ with both high direct and diffuse light was not included into the analysis, as it represented open area conditions out of the forest edge. On sites with applied single tree selection system 12,011.47 ha were analyzed and 19 391.17 ha on sites with predominating group selection system, respectively (KOBLER, ČATER 2011). Abundances of different light categories of forest edge in different altitude belts: 100–400 m, 401–700 m and 701–1100 m ASL were studied with 4m resolution accuracy to evaluate the effects of a silvicultural system on the forest structure.
- Analysis of variance (ANOVA) and post hoc LSD analysis were used after data testing to meet conditions of normality.

RESULTS

The nitrogen amount in the same categories was comparable, as well as the water use efficiency and photosynthetic nitrogen use efficiency (ČATER, LEVANIČ 2013).

Light response

The highest values for the maximum assimilation rate (A_{max}) were measured in the open (gap) on plots B, while the lowest values for both beech and silver fir in all light categories on plots A. Differences between canopy, edge and open area responses were confirmed with high significance on all plots (P ≤ 0.0000,***).

Under the same light conditions maximal assimilation rate for fir was in all light categories higher than in beech on all sites with applied group selection method (B). In old growth and on the A plots beech expressed higher rates only in the gap light category, while plots B and in other light categories plots A and old growth (edge, canopy) fir proved its better shade tolerance and higher A_{max} rates over beech. Fir proved more shade tolerant, as its quantum yield (Φ) below 25% ISF decreased by light intensity and reached 0.4 at ISF values below 15%, contrary to the beech which expressed much lower yield in the shade, but gradually increased with increasing light intensity. Both species responses were equal at 25% ISF (Fig. 1).

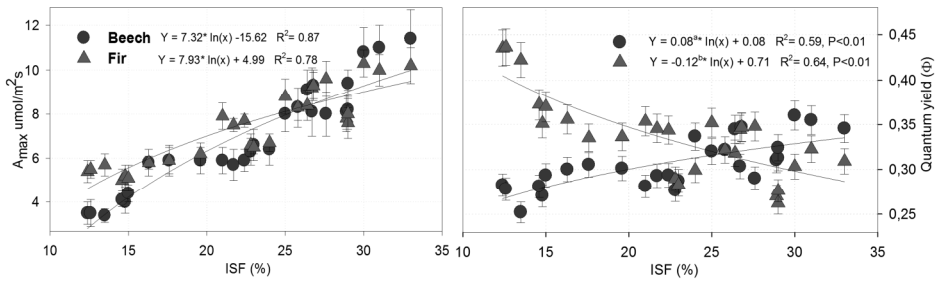


Fig. 1: Maximal assimilation rates for beech and fir in all light categories and sites (2009, 2010, 2011 – left) and quantum yield for beech and fir indicating better assimilation efficiency of silver fir in lower light environment, below 25% ISF (right); bars are standard errors. Different letters in the equations indicate significantly different slopes between species at P < 0.001.

Morphological response

Young beech showed plagiotropic growth below 17% ISF on all plots, while limiting or inflection point was lowest according to ISF (%) values in old growth (13.5), followed by those on plots A (14.9), and plots B (17.9). For the fir similar response was observed on all sites, with bigger dispersion in the canopy light conditions than in the other categories. Measured values were the lowest in old growth (13.8) without pronounced difference (NS) between plots A (14.2) and B (14.8). Relations remained the same for all observed vegetation periods (Fig. 2).

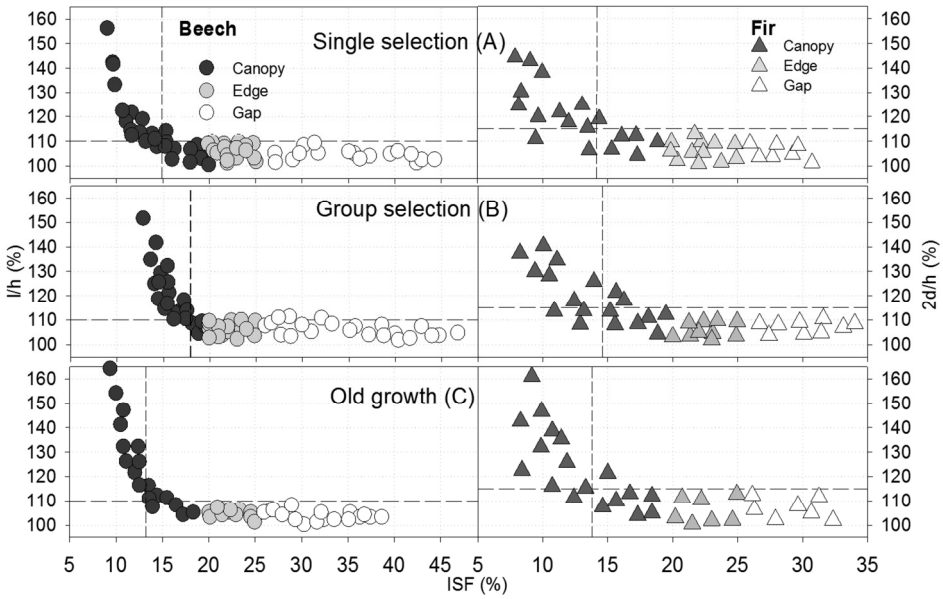


Fig. 2: Morphological response – relation between tree length and height (l/h in %) for beech (left) and longest branch and height (2d/h in %) for fir (right) in different light categories and different sites. The vertical dashed line mark inflection points. Horizontal line at 110% for beech and at 115% for fir separate plagiotropic from orthotropic growth.

Forest edge – abundance of light categories

Abundance of light categories in both analyzed systems showed differences in lower altitude parts which became smaller with increasing altitude. To our surprise, the area of different light categories was in highest altitude belt in both silvicultural systems almost identical (Tab. 1), (KOBLER, ČATER 2011).

Tab. 1: Abundance of different forest edge-light categories according to DIACI (2002): „a" – high diffuse, low direct, „c" – low diffuse, low direct and „d" – low diffuse and high direct light component in different altitudes. Category „b" with both high direct and diffuse light was not included into analysis.

	Altitude category ASL [m]					
	Single-tree selection system			Group-selection system		
Light category [ha]	100–400	400–700	700–1100	100–400	400–700	700–1100
„a"	5,37	26,10	**7,95**	47,19	29,96	**9,15**
„c"	29,33	125,40	**48,08**	233,36	154,11	**48,09**
„d"	20,23	92,73	**35,20**	149,00	116,28	**32,70**
Total	54,94	244,24	**91,21**	429,56	300,37	**89,94**

DISCUSSION

The response of beech and fir on sites with single-tree selection method (DIACI et al. 2010) was compared with the response from sites with group selection method and also with the old growth remnant.

Physiological response

Well expressed shade tolerance in fir and better plasticity in beech was confirmed on all sites. Analysis confirmed the differences in assimilation response to light between beech under shelter, at the forest edge and in the open on all plots and sites. The highest assimilation rates were measured on the research plots with group selection system (B) and the lowest on the plots with single selection system (A). The response was also different between managed forest sites and old growth, where maximal assimilation rates (A_{max}) were measured in all categories for both species.

Both species response equalized around 25% ISF. Better adaptation to shelter (sites A) might be in connection with prolonging of the rotation periods. According to lower maximal assimilation rates, smaller compensation point for the light intensity in our study confirms aged forests response on sites A. Different structure in old growth and managed forest may also be the reason for the observed differences in average air temperatures between managed and old growth sites (ČATER, LEVANIČ 2013).

Morphological response

According to deflection point, beech on sites B is adapted to higher light intensities than on sites A. Maximal shade tolerance was confirmed in the old growth. Dispersion of observed parameter was more homogenous in beech than in fir (Fig. 2). For fir, values between sites were distributed in the same way as for beech, indicating the highest shade adaptation in the old growth. Reaction in young trees indicated different and yet homogenous response within studied sites to different light. Under conditions with lower light intensities, under dense canopies, in which the diffuse light component predominates, plagiotropic growth is more present (LÜPKE et al. 2004) and also influenced by the forest management approach (GRALLA et al. 1997, PAMPE 2000; PAMPE et al. 2003; SPELLMANN,

WAGNER 1993). Below 10% a plagiotropic growth and a strong reduction in the number of seedlings were evident, while at 8% of relative light biomass production dropped to 50%; seedlings survived for 2 years at 1% light intensity (RÖHRIG 1967). In our study, the plagiotropic growth responses of trees to different light intensity were non-linear. Plagiotropic shape increased exponentially, after canopy density (ISF %) decreased below 15%.

Forest edge and abundance of light categories

Forest edge analysis confirmed that in the extreme conditions of the highest altitude category, the abundance of different light and therefore the functional structure of forest edge conditions in different silvicultural systems did not differ. Relations between abundance of defined light categories also did not change if the width of defined forest edge conditions was to 30 or 40 m (KOBLER and ČATER 2011).

Silvicultural aspects

Management system has been reported as a key influence for the distribution of tree species (e.g. HEUZE et al. 2005a; MANETTI, CUTTINI 2006). A study by VRŠKA et al. (2009) showed that human influence plays an important role in the replacement of beech by fir. The proportion of fir artificially increased in Dinaric silver fir and beech forests from the end of the 19th century for the economic reasons and different forest management (MLINŠEK 1964). Today's situation is indicating ageing of fir population as the share of higher DBH classes increases and the proportion of lower DBH classes is reduced. The reasons are insufficient fir recruitment or prolonged rotation periods because of unsuccessful natural regeneration (BONČINA et al. 2009), also seen in old growth remnants (DIACI et al. 2010). Disappearing in abundance of fir is higher in areas with smaller average cut, where mean annual temperatures are higher and where mean annual precipitation is smaller.

We may expect the proportion of beech to rise in the future, as it is the predominating species in the natural regeneration layer (30–150 cm) of most forests (BONČINA et al. 2003b). Beech population regarding diameter structure is also substantially younger than populations of fir on sites where both species cohabit (POLJANEC et al. 2010). Better regeneration of beech than silver fir may therefore be connected to shifts in natural disturbances, changes of silver fir natural distribution and not only to the grazing of ungulates.

Extreme weather events without precipitation and increase in average air temperature certainly do not favour silver fir, so the reduced abundance of silver fir in natural regeneration may also affect the future tree species composition. Climate change on vegetation and forests might induce deep transformations in natural resources by changing productivity and composition of forest ecosystems (SERRA-DIAZ et al. 2012), landscape structure, posing a consequent challenge to biodiversity and habitats (THOMAS et al. 2004; BOTKIN et al. 2007; NOGUÉS-BRAVO et al. 2007). According to alternation of beech and silver fir it is not certain if silver fir would be able to recover in environment predominated by beech as the former expresses more plasticity than silver fir, especially in faster changes of light conditions, which silver fir is not able to follow to such an extent. It is not clear if reduction of current targeted proportion of fir in the growing stock would considerably benefit and conserve fir in high karst forests in the future or just prolong the problems,

according to evidenced environmental changes. Should changes continue to progress with such amount (ANIĆ et al. 2009) 85% of area where fir predominated in 1950–2000 period would be decreased by the end of the century.

CONCLUSIONS

Both physiological and morphological responses of young beech and fir on the studied sites were in accordance with light intensity. Responses for both species were the highest in old growth, smaller on sites with applied group selection method (B) and the lowest on plots with single tree selection method (A) in the same light categories. Beech and fir express bigger shade tolerance on sites A than on sites B. Responses in managed and old growth forest are different: in the old growth young beech is more shade-tolerant, compared to managed forest sites.

Our findings suggest more intensive opening of the mature stands (10–15% increase) on sites with applied single tree selection method with emphasis on the preservation of the uneven aged stand structure. Tending activities in young silver fir and beech forests with same rotation (10 years) should be applied with bigger intensities to stimulate the adaptation. Special emphasis should be given to the preservation of silver fir – particularly in younger phases to ensure the future balance with beech and in cases of vital adult individual trees. Strict regulation of the ungulate population on sites with successful fir regeneration or fencing is a basic precondition for the future establishment of those forests.

According to our findings, single tree selection method may be also well suitable with slightly higher intensity of thinning after the culmination of the radial increment to assure lower goal stem densities and consequently bigger target diameter with respect to specific site conditions.

ACKNOWLEDGEMENT

Presented research was financially supported by the research grant by the Slovenian Research Agency V4-0539 to M.Č., Man-For C. BD. (LIFE 09 ENV/IT/000078) project, program research group „Forest Biology, Ecology and Technology P4-0107“ at Slovenian Forestry Institute and „Coppice forests as the production and biological alternative for the future“ (No. CZ.1.07/2.3.00/20.0267).

REFERENCES

AMMER, C. (1996): Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. Forest Ecology and Management, 88: 43–53.

ANIĆ, I. – VUKELIĆ, J. – MIKAC, S. – BAKŠIĆ, D. – UGARKOVIĆ, D. (2009): Utjecaj globalnih klimatskih promjena utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj [Effects of global climate change on the ecological niche of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Croatia]. Šumarski list 3–4: 135–144.

BATTIPAGLIA, G. – SAURER, M. – CHERUBINI, P. – SIEGWOLF, R. T. W. – COTRUFO, M. F. (2009): Tree rings indicate different drought resistance of native (*Abies alba* Mill.) and a nonnative (*Picea abies* [L.] Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy. Forest Ecology and Management 257: 820–828.

BONČINA, A. – DIACI, J. – JONOZOVIĆ, M. (2003): Verjüngungssituation im Bergwald Sloweniens. BFW–Berichte, 130: 23–30.

BONČINA, A. – FICKO, A. – KLOPČIČ, M. – MATIJAŠIĆ, D. – POLJANEC, A. (2009): Gospodarjenje z jelko v Sloveniji [Management of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Slovenia]. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 90: 43–56.

Botkin, D. B. – Saxe, H. – Araujo, M. B. – Betts, R. – Bradshaw, R. H. W. – Cedhagen, T. – Chesson, P. – Dawson, T. P. – Etterson, J. R. – Faith, D. P. – Ferrier, S. – Guisan, A. – Hansen, A. S. – Hilbert, D. W. – Loehle, C. – Margules, C. – New, M. – Sobel, M. J. – Stockwell, D. R. B. (2007): Forecasting the effects of global warming on biodiversity. Bioscience, 57: 227–236.

CANHAM, C. D. (1988): Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. Ecology, 69: 786–795.

CANHAM, C. D. (1989): Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. Ecology, 70: 548–550.

ČATER, M. (2010): Shoot morphology and leaf gas exchange of *Fagus sylvatica* as a function of light in Slovenian natural beech forests. Dendrobiology, 64: 3–11.

ČATER, M. – LEVANIČ, T. (2013): Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. Forest Ecology and Management, 289: 278–288.

DIACI, J. (2002): Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. Forest Ecology and Management, 161: 27–38.

DIACI, J. – ROŽENBERGAR, D. – BONČINA, A. (2010): Stand dynamics of Dinaric old-growth forest in Slovenia: are indirect human influences relevant? Plant Biosystems, 144: 194–201.

ELLING, W. – DITTMAR, C. – PFAFFELMOSER, K. – RÖTZER, T. (2009): Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. Forest Ecology and Management, 257: 1175–1187.

GRALLA, T. – MÜLLER-USING, B. – UNDEN, T. – WAGNER, S. (1997): Über die Lichtbedürfnisse von Buchenvoranbauten in Fichtenbaumhölzern des Westharzes. Forstarchiv, 68: 51–58.

HEUZE, P. – SCHNITZLER, A. – KLEIN, F. (2005a): Consequences of increased deer browsing winter on silver fir and spruce regeneration in the Southern Vosges mountains: Implications for forest management. Annals of Forest Science, 62: 175–181.

HEUZE, P. – SCHNITZLER, A. – KLEIN, F. (2005b): Is browsing the major factor of silver fir decline in the Vosges Mountains of France? Forest Ecology and Management, 217: 219–228.

KUTNAR, L. – KOBLER, A. (2011): Prediction of forest vegetation shift due to different climate-change scenarios in Slovenia. Šumarski list, 135: 113–126.

KUTNAR, L. – URBANČIČ, M. (2008): Influence of site and stand conditions on diversity of soil and vegetation in selected beech and fir-beech forests in the Kočevje region (In Slovene with English abstract). Zbornik gozdarstva in lesarstva 80: 3–30.

KOBLER, A. – ČATER, M. (2011): Vplivno območje gozdnega rba znotraj jas in vrzeli. In: Zvrsti gojenja gozdov in sobivanje jelke in bukve (In Slovene), Čater, M., Diaci, J. (eds.), Silva Slovenica, Ljubljana, s. 11–13.

MANETTI, M. C. – CUTTINI, A. (2006): Tree-ring growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in two stands under different silvicultural systems in central Italy. Dendrochronologia, 23: 145–150.

MLINŠEK, D. (1964): Sušenje jelke v Sloveniji – prvi izsledki (In Slovenian). Gozdarski vestnik, 26: 145–159.

MOTTA, R. (1996): Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the western Italian Alps. Forest Ecology and Management, 88: 93–98.

NICOLINI, E. – CARAGLIO,Y. (1994): L'influence de divers caracteres architecturaux sur l'apparition de la fourche chez le *Fagus sylvatica*, en function de l'absence ou de la presence d'un couvert. Canadian Journal of Botany, 72: 1723–1734.

NOGUÉS-BRAVO, D. – ARAÚJO, M. B. – ERREA, M. P. – MARTÍNEZ-RICA, J. P. (2007): Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st century. Global Environmental Change, 17: 420–428.

PAMPE, A. (2000): Zur Konkurrenz von Buche und Fichte in der montanen Stufe des Harzes. Tagungsbericht der Sektion Waldbau 2000 in Dessau/Klieken, s. 95–109.

PAMPE, A. – SPELLMANN, H. – SCHMIDTKE, H. – RIECKMANN, P. (2003): Jugendwachstum und Differenzierung von Fichtennaturverjüngungen – Konsequenzen für die waldbauliche Behandlung. Forst und Holz, 58: 390–394.

POLJANEC, A. – FICKO, A. – BONČINA, A. (2010): Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970–2005. Forest Ecology and Management, 259: 2183–2190.

RÖHRIG, E. (1967): Wachstum junger Laubholzpflanzen bei untersciedlischen Lichtverhältnissen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 138: 224–239.

RUBNER, K. (1953): Die pflanzengeographische Grundlagen des Waldbaues, Berlin.

SERRA-DIAZ, J. M. – NINYEROLA, M. – LLORET, F. (2012): Coexistence of *Abies alba* (Mill.) – *Fagus sylvatica* (L.) and climate change impact in the Iberian Peninsula: A climatic-niche perspective approach. Flora, 207: 10–18.

SPELLMANN, H. V. – WAGNER, S. (1993): Entscheidungshilfen für die Verjüngungsplanung in Fichtenbeständen zum Voranbau der Buche im Harz. Forst und Holz, 48: 483–490.

THOMAS, C. D. – CAMERON, A. – GREEN, R. E. – BAKKENES, M. – BEAUMONT, L. J. – COLLINGHAM, Y. C. – ERASMUS, B. F. N. – SIQUEIRA, M. F. D. – GRAINGER, A. – HANNAH, L. – HUGHES, L. – HUNTLEY, B. – V. JAARSVELD, A. S. – MIDGLEY, G. F. – MILES, L. – ORTEGA-HUERTA, M. A. – PETERSON, A. T. – PHILLIPS, O. L. – WILLIAMS, S. E. (2004): Extinction risk from climate change. Nature, 427, 145–148.

V. LÜPKE, B. – AMMER, C. – BRUCIAMACCHIE, M. – BRUNNER, A. – CEITEL, J. – COLLET, C. – DEULEUZE, C. – DI PLACIDO, J. – HUSS, J. – JANKOVIC, J. – KANTOR, P. – LARSEN, J. B. – LEXER, M. J. – LÖF, M. – LONGAUER, R. – MADSEN, P. – MODRZYNSKI, J. – MOSANDL, R. – PAMPE, A. – POMMERENING, A. – ŠTEFANČÍK, I. – TESAŘ, V. – THOMPSON, R. – ZIENTARSKI, J. (2004): SILVICULTURAL STRATEGIES FOR CONVERSION. IN: NORWAY SPRUCE CONVERSION – OPTIONS AND CONSEQUENCES. SPIECKER, H., HANSON, J., KLIMO, E., STERBA, H., SKOVSKAARD, J.-P., V. TEUFFEL, K. (eds.), Brill Academic Publishers, Leiden, s. 121–164.

VRŠKA, T. – ADAM, D. – HORT, L. – KOLAR, T. – JANÍK, D. (2009): European beech (*Fagus sylvatica* L.) and fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – A developmental cycle or a linear trend induced by man? Forest Ecology and Management, 258: 347–356.

Corresponding Author:
doc. dr. MATJAŽ ČATER
Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia
Mendel University, Department of Silviculture, Zemědělská 3, 613 00 Brno
Tel.:++386 (0)1 200-78-32 e-mail: matjaz.cater@gozdis.si

Kvalita odtékajících vod z lesního a zemědělského povodí na základě porovnání vyplavování dusíku

Comparison of nitrogen leaching impact on water quality from forested and agricultural catchment

VLADIMÍR ČERNOHOUS – VLADIMÍR ŠVIHLA

Abstract

It is known that nitrogen output may be significantly lower from a forested land compared to arable land. Nitrogen is usually leached from soil as nitrate; 90% of nitrogen output is nitrate. The intensity of leaching and output of nitrogen is not related to periods of the highest contents. There is a hypothesis that the leaching intensity depends on water exchange between non-capillary and capillary pores since nitrate prevails in capillary and semi-capillary pores. To evaluate the nitrate leaching, a dependence of output on runoff was used. The method is based on certain amounts of substances being dissolved in certain amounts of runoff water that are carried away from a watershed. As for arable land, dependence of nitrogen output on runoff increased six times faster compared to forest. Mean daily nitrogen output from arable land amounted to seven times higher value compared to the output from forest.

Keywords: *catchment, forest, agriculture, water quality, nitrogen output*

Abstrakt

Obecně je známo, že odnos dusíku z lesa může být v téže lokalitě až o celý řád nižší než je tomu z orné půdy. Převážná většina (90 %) dusíku se z půd vyplavuje jako dusičnany. Vyplavování a odnos dusíku probíhá nerovnoměrně a jeho největší intenzita se zpravidla nekryje s obdobími nejvyšších obsahů. Nabízí se pracovní hypotéza, že intenzita vyplavovacího procesu je závislá na výměně vody mezi nekapilárními a kapilárními póry, protože dusičnanový dusík se v procesu nitrifikace tvoří především v kapilárních, popřípadě semikapilárních pórech. Jako nástroj hodnocení vyplavovacího procesu bylo využito závislosti odtok – odnos. Metoda spočívá v tom, že určité množství odtékající vody odnáší z odtokové plochy (resp. z povodí) určité množství rozpuštěných látek, tedy i minerálního dusíku. Na orné půdě závislost odnosu dusíku na odtoku rostla šestkrát rychleji ve srovnání s lesem. Průměrný denní odnos dusíku z orné půdy činil více jak sedminásobek odnosu z lesa.

Klíčová slova: *povodí, les, zemědělství, kvalita vody, odnos dusíku*

ÚVOD

Dosavadní výzkum koloběhu dusíku v krajině a v jejích jednotlivých komponentách byl z větší části zaměřen vedle vlivu bodových či difúzních znečišťovatelů (obce, živočišná výroba, průmysl, doprava, skládky a zpracování odpadů apod.) především na plošnou kontaminaci podzemních a povrchových vod ze zemědělských půd. V tomto směru existuje

v tuzemsku i v zahraničí velké množství dílčích i komplexnějších poznatků, které jsou pak různým způsobem interpretovány.

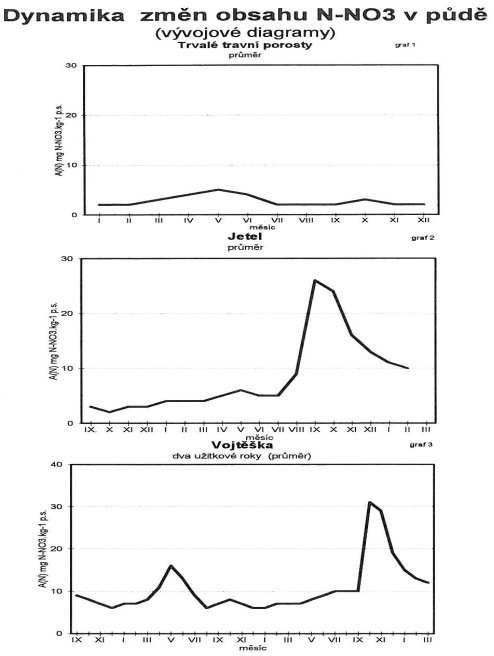
Otázka vlivu lesů, respektive z nich vytékajících vod, na výsledný stav vodní komponenty v krajině byla zatím řešena ponejvíce na úrovni pozorování a jednoduchých hodnocení, takže konečným efektem těchto prací je především konstatování zjištěných skutečností pro rozmanité lokality a různá období sledování. Obecně je známo, že odnos dusíku ze zdravého a dobře pěstovaného lesa může být v téže lokalitě až o celý řád nižší než je tomu z orné půdy.

Poněkud jiná situace může nastat u lesů poškozených či zcela zničených vnějšími činiteli či škůdci. V 80. letech minulého století bylo například zjištěno, že zátěže vodních toků a nádrží v Podkrušnohoří z tamních lesů odpovídají zátěži z orné půdy. Hlavní příčinou tohoto jevu byla rychlá mineralizace organických látek ve svrchním humusovém horizontu po odlesnění, respektive po úhynu lesních dřevin.

Při hodnocení stavu podzemních a povrchových vod, plánování v oblasti vod a jejich ochraně (viz ustanovení § 21 až 36 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění – "vodní zákon") se až dosud s vlivem lesních porostů obvykle počítá jako s víceméně zlepšující konstantou.

ROZBOR A METODIKA

Pro zemědělské půdy byla již v 80. a 90. letech minulého století popsána dynamika pohybu a přeměny půdního dusíku v závislosti na pěstovaných plodinách, hnojení, technologických operacích, konzervativních a progresivních přírodních činitelích. Ukázalo se, že hlavním faktorem, který tuto dynamiku formuje, je kultura a plodina (resp. skupina plodin), ostatní činitelé však jsou výrazně modifikující. Z dlouhodobých měření VÚMOP Praha-Zbraslav, VÚV Praha-Ruzyně a ÚKZÚZ Praha byly zpracovány hlavní ideotypy dynamiky dusičnanového dusíku v ornici pro ozimy, jařiny, okopaniny, víceleté pícniny, kukuřice a trvalé travní porosty (ilustrace v Obr. 1). Nutno podotknout, že účelem hodnocení výsledků v ideotypech bylo řešení ochrany vodních zdrojů před plošným zemědělským znečištěním dusičnany, nikoliv výzkum výživy a hnojení polních plodin. V zemědělských (zejména v orných) půdách bylo za více let měření vypozorováno, že amonný dusík se zde povětšinou poměrně snadno a rychle nitrifikuje a přeměňuje v dusičnanový. Například v Ovesné Lhotě u Světlé nad Sázavou bylo po aplikaci síranu amonného před výsevem hořčice na zelené hnojení v měsíci srpnu změřeno, že za pouhý jeden týden mikroorganismy v ornici znitrifikovaly více jak 80 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NH_4$ na $N\text{-}NO_3$. Za jeden rok zde dokázaly nitrifikační bakterie v průměru přeměnit až 300 kg dusíku, který pak byl zčásti odebrán pěstovanými plodinami, zčásti imobilizován do organických vazeb, jeho menší podíl byl jednak vyplaven do podzemních či podpovrchových vod a následně do sledovaného vodního toku, jednak unikl do ovzduší ve formě N_2 či N_2O v důsledku bakteriální denitrifikace. Nejinak tomu bylo i na jiných lokalitách, kde byla podobná měření prováděna. Lze tedy konstatovat, že nitrifikační proces v zemědělských půdách probíhá z různých důvodů velmi intenzivně, čehož důsledkem je zmíněný úzký poměr $N\text{-}NH_4 : N\text{-}NO_3 = 0{,}3$ až $1{,}5 : 1$.



Obr. 1: Dynamika změn obsahu N-NO_3 v půdě (vývojové diagramy) pod trvalými travními porosty, jetelem a vojtěškou.

Fig. 1: *N-NO_3 changes of dynamics in soil covered with perennial grass, clover and lucerne; X axis – months.*

Obdobná dynamika dusíku v půdách lesních porostů není dosud v plném rozsahu prozkoumána. V minulosti byla sice pořízena řada dat i souvislejších měření, které však čekají na podrobnější vyhodnocení. Pro ilustraci uvádíme v Tab. 1 údaje porovnávající kvalitu vody v lese, orné půdě a travním porostu (HLADNÝ 1998; ŠVIHLA 2000).

Měření atmosférické depozice dusíku na pokusné ploše U Dvou louček probíhalo v minulých letech a probíhá dále. Obdobné podklady lze získat z řady dalších lokalit. Problémem, na který je nezbytné v daném případě upozornit, je riziko systémové chyby, která vzniká v důsledku změn složení vodních vzorků za období jejich akumulace (obvykle za dva týdny) v záchytné nádobě mezi jednotlivými odběry. Změna koncentrace amonného i dusičnanového dusíku ve vzorku závisí na výši a časovém rozložení srážek, na teplotě, na přítomnosti některých látek (mezi nimi též pryskyřic či terpenů ze smrkového jehličí) a podobně. Korekce této systémové chyby je možná matematicko-statistickým postupem, který byl vyvinut před pěti lety v podmínkách Českého krasu. K provedení korekce je nezbytné mít k dispozici dostatečně dlouhou řadu měření a přesné rozdělení srážek podle jednotlivých dní. Metoda umožňuje odseparovat vlivy výše srážky (obecně platí, že čím je srážka vyšší, tím nižší bývají koncentrace rozpuštěných látek) a teplot (čím je vzorek více tepelně exponován, tím rychleji mění své složení). Je až překvapivé, jak velké množství vázaného dusíku se ze vzorků ztrácí; na volném prostranství za dva týdny až 50 %, v podkorunových srážkách v jehličnatém lese „jen“ 25 %. Důležitým podkladem pro další úvahy a výpočty se v budoucím období řešení stanou výsledky analýz odebíraných půdních

vzorků a data ze systému Geomon (FOTTOVÁ 1995). Další problematikou, která dosud nebyla blíže řešena, je mechanizmus vyplavovacího procesu přímo v půdním profilu. Na konstatování, že převážná většina dusíku z půd se vyplavuje jako dusičnany, není nic nového. Vyplavování a odnos dusíku probíhá nerovnoměrně a jeho největší intenzita se zpravidla nekryje s obdobími nejvyšších obsahů. Toto bylo prokázáno zvláště na orné půdě, kde nejvyšší hodnoty zejména N-NO3 (v závislosti na plodině) jsou dosaženy ponejvíce od května do července, zatímco nejvyšší odnosy připadají na prosinec až březen. Nabízí se zajímavá pracovní hypotéza, že intenzita vyplavovacího procesu je závislá na výměně vody mezi nekapilárními a kapilárními póry.

Tab. 1: Porovnání ukazatelů kvality vody – les, orná půda a travní porosty.

Tab. 1: *Comparison of water quality – forest, arable land and grass land.*

Lokalita Locality	**Období sledování** *Investigation period*	**Les** *Forest*		**Orná půda** *Arable land*		**Travní porost** *Grass*	
		K_{NO3}	ON	K_{NO3}	ON	K_{NO3}	ON
VN Znojmo-levý břeh (Podyjí)	1992–98	4	1	66	9	8	1
VN Bojkovice (Bílé Karpaty)	1992–97	15	6	31	17	16	7
VN Štítná (Bílé Karpaty – Podvláří)	1997–99	3	1	36	28	14	13
VN Koryčany (Chřiby)	1993–97	8	3	31	17	11	3
VN Vír (Českomoravská vysočina)	1992–97	6	4	83	59	35	29
VN Hubenov (Českomoravská vysočina)	1989–94	10	5	62	39	24	13
VN Nová Říše (Českomoravská vysočina)	1993–97	9	3	82	29	27	8
Bubovický potok (Český kras)	1993–97	14	3	82	18	14	4
Švarcava (Český kras)	1993–98	5	1	54	13	14	3
Cerhovický potok (Podbrdsko)	1986–91	14	3	123	35	43	7
Průměr / *Mean*		9	3	65	26	21	9

VN – vodní nádrž / *water reservoir*

K_{NO3} – průměrná roční koncentrace dusičnanů ($mg.l^{-1}.NO_3$) / *mean annual concentration of nitrate*

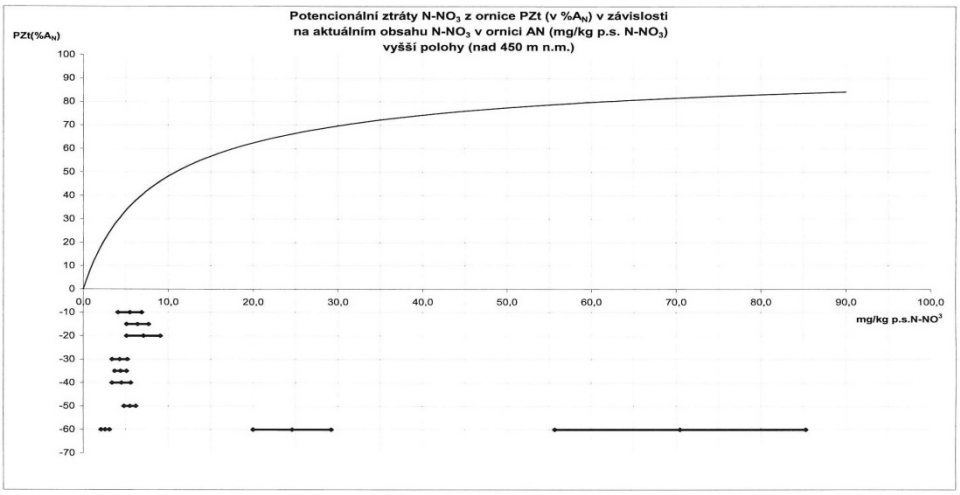
ON – roční odnos dusíku ($kg.ha^{-1}.rok^{-1}.N$) /*annual loss of nitrogen*

Dusičnanový dusík se v procesu nitrifikace tvoří především v kapilárních, popřípadě semikapilárních pórech. Je to logický důsledek jednak jejich rozhodujícího podílu na celkové pórovitosti půdy a v důsledku toho na vnitřním povrchu půdního tělesa, jednak mnohem větší stability teplotních, vodních a vzdušných poměrech v kapilárách ve srovnání s nekapilárami. Z hlediska oživení půdy představují prostory uvnitř kapilár a na vnitřním povrchu půdních částic cosi jako „prales“, v případě semikapilár „savanu“. Nekapilární póry,

které z hlediska oživení půdy přirovnejme k „poušti“, se naopak rozhodující mírou podílejí na odtoku vody.

Pokud je půda suchá, kapilární síly pevně vážou vodu v pórech, zatímco v nekapilárách se voda takřka nevyskytuje. K vyplavování látky z půdy proto nedochází. Za toto období zaznamenaný odnos je důsledkem setrvačnosti, nahromadění $N\text{-}NO_3$ ve zvodních či v podpovrchových vrstvách půdy z minulého období. Pokud je naopak půda vodou nasycena, dojde-li ke kontaktu mezi kapilární a nekapilární vodou, rozpuštěné látky difundují nebo ve formě vodního roztoku přímo odtékají do nekapilár a posléze z půdního profilu.

Ze známých podkladů byly v roce 1995 sestrojeny A-G diagramy potenciální vyplavitelnosti $N\text{-}NO_3$ (ilustrace Obr. 2). Z A-G diagramu lze odvodit, že o výši odnosu dusíku (a tím i o zátěži vod z plošných zdrojů) rozhodují dva činitelé – obsah vyplavitelného dusíku v půdě ke kritickému datu (zvolen konec listopadu, označeno písmenem A) a následné srážkově odtokové poměry zimního období až do dalšího kritického data (zvolena polovina března, označeno písmenem G). Na vodorovné ose diagramu jsou uvedeny obsahy $N\text{-}NO_3$ k datu A, na svislé pak procentický podíl z těchto obsahů, který se může vyplavit za příznivých srážkově odtokových poměrů (tj. za velmi vlhké a mírně teplé zimy) za období mezi daty A G. Pod vodorovnou osou diagramu pak nalezneme rozpětí běžná pro různé skupiny plodin na orné půdě a pro travní porosty. Tyto úsečky názorně vyjadřují míru rizikovosti plodin. Nezodpovězenou otázkou zůstává, kam v A-G diagramu zařadit jehličnaté, listnaté či smíšené lesní porosty různého věku a na různých stanovištích.



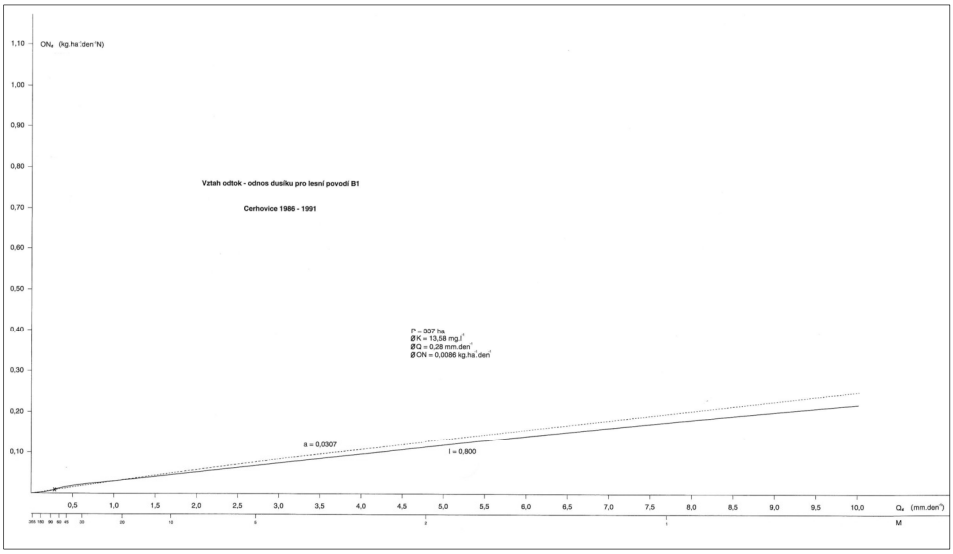
Obr. 2: A-G diagram potenciální vyplavitelnosti pro vyšší polohy nad 450 m n. m. za velmi vlhké a mírně teplé zimy.

Fig. 2: *Potential $N\text{-}NO_3$ output at higher altitudes (> 450 m) under conditions of very wet and moderatly warm winter.*

Jako nástroje pro bližší hodnocení vyplavovacího procesu jsme využili závislosti odtok – odnos. Pro další úvahy je důležité, že 90 % a více dusíku je z půdy vyplavována právě ve formě dusičnanů. Stanovení vztahu mezi odtokem vody z povodí a odnosem dusičnanového dusíku ($N\text{-}NO_3$) je jedním z více způsobů popisu procesu vyplavování dusíku z půdy, který

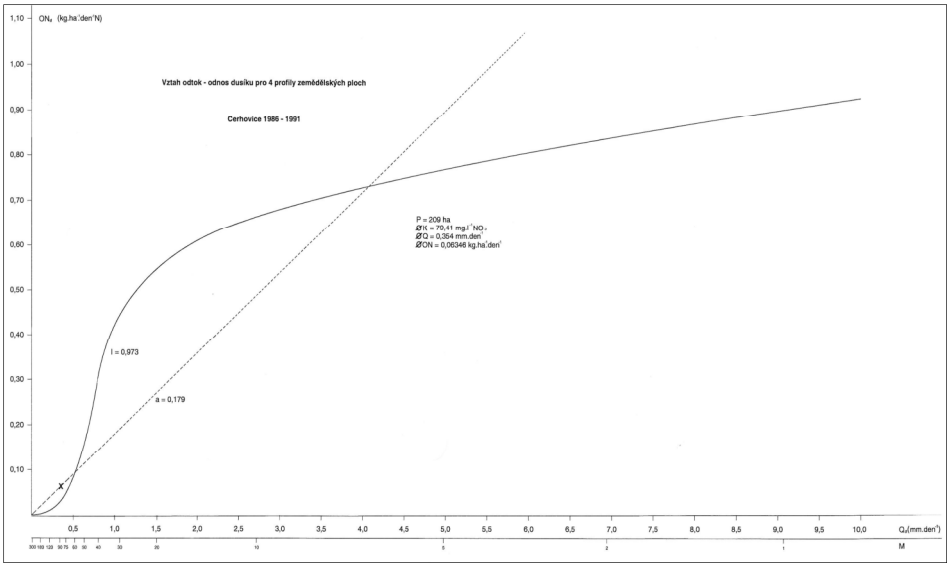
je příčinou plošného znečištění. V principu lze tento vztah stanovit pro kterýkoliv vodní tok, odvodňovací systém nebo pramenný vývěr. Hlavní myšlenka metody spočívá v tom, že určité množství odtékající vody odnáší z odtokové plochy (resp. z povodí) určité množství rozpuštěných látek, tedy i minerálního dusíku. Koncentrace $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_4$, případně dalších forem různě vázaného celkového dusíku, fungují v tomto vztahu jako derivace funkce. Závislost odtok – odnos není kontinuální, skládá se z více částí oddělených od sebe inflexními body. Tyto části odpovídají odlišným srážkově – odtokovým situacím a je možné je vymezit též na ose M-denních vod. Závislost odtok – odnos lze obecně vypočítat a sestrojit pro malé i velké povodí stejně tak jako pro povodí monokulturní či smíšené. Z diagramu lze stanovit kritický interval odtoků, kdy je vyplavovací proces nejintenzivnější, což by bylo možné využít pro řízení manipulace ve vodárenských nádržích.

Provedeno bylo vyhodnocení vztahu „odtok – odnos“ z výsledků měření prováděných Výzkumným ústavem meliorací v letech 1986 a 1991 v okolí městečka Cerhovice na západě okresu Beroun. Vztahy „odtok – odnos“ byly sestrojeny samostatně pro lesní profil (Obr. 3), pro souhrn 4 profilů charakterizujících zemědělskou (převážně ornou) půdu (Obr. 4) a pro závěrečný profil celého zájmového povodí.



Obr. 3: Vztah odtok – odnos pro lesní povodí (Cerhovice).

Fig. 3: *Runoff-output relationship in forested catchment, Cerhovice; X axis – runoff (mm.day^{-1}), Y axis – N output (kg.ha^{-1}.day^{-1}).*



Obr. 4: Vztah odtok – odnos pro čtyři závěrné profily zemědělských ploch (Cerhovice).

Fig. 4: *Runoff-output relationship in four agricultural sites, Cerhovice; X axis – runoff (mm.day^{-1}), Y axis – N output (kg.ha^{-1}.day^{-1}).*

Na Obr. 3 a 4 jsou na vodorovných osách vyneseny hodnoty denních odtoků Q_d (mm.den^{-1}), na svislých osách pak hodnoty denních odnosů dusičnanového dusíku ON_d (kg.ha^{-1}.den^{-1}). Vlastní vztah je vyjádřen plnou křivkou, zatímco přerušovaná čára znázorňuje referenční polopřímku. Pod vodorovnou osou jsou znázorněny polohy bodů odpovídajících hodnotám M-denních vod.

Pro konstrukci referenční polopřímky je podstatná skutečnost, že její počátek je totožný s počátkem souřadné soustavy, protože při nulovém odtoku není odnášena žádná látka. Druhý pro sestrojení referenční polopřímky nezbytný bod je dán souřadnicemi průměrného denního odtoku a průměrného denního odnosu za sledované období. Tento bod je v grafu zvlášť vynesen jako X. Platí, že pokud by odnos dusičnanového dusíku závisel na odtoku lineárně, vyjadřovala by tuto závislost referenční polopřímka, koncentrace dusičnanů by se pak v závislosti na odtoku neměnila. Body nacházející se nad referenční polopřímkou charakterizují nadprůměrné koncentrace dusičnanů, pod polopřímkou pak koncentrace podprůměrné.

Vlastní závislost byla vypočtena na principu nelineární regrese. Uspořádané dvojice (Q_{d-i}; ON_{d-i}) jsou tvořeny hodnotami denních odtoků Q_d (mm.den^{-1}) přepočtených z průměrných denních průtoků a denních odnosů dusičnanového dusíku ON_d stanovených na podkladě naměřených koncentrací dusičnanů ve vzorcích vody a k nim přiřazených průměrných denních průtoků. Křivka závislosti „odtok – odnos“ se skládá ze tří zvlášť stanovených úseků pro nízké, střední a vysoké průtoky, které jsou spojeny ve dvou inflexních bodech.

Směrnice tečen sestrojené k regresní křivce charakterizují trendy změn koncentrace dusičnanů v závislosti na průtoku v odpovídajících bodech. Vztah lze obecně vyjádřit jako $K_{N\text{-}NO3} \sim dON/dQ$. Platí-li, že směrnice tečny a_t křivky závislosti (tj. hodnota derivace této závislosti) je větší než směrnice referenční polopřímky a ($a_t > a$), je odvozená závislost

koncentrace dusičnanů na odtoku v bodě dotyku rostoucí, v opačném případě (a_t < a) je uvedená závislost klesající.

VÝSLEDKY

Již více jak sto let je všeobecně známo, že amonný dusík v nehnojené půdě je převážně produktem mineralizačního procesu, zatímco dusičnanový dusík vzniká přeměnou dusíku amonného v procesu nitrifikace. Amonné kationty se dobře váží na půdní sorpční komplex a jsou proto ve vodě méně rozpustné a pohyblivé. Dusičnanové anionty se na sorpční komplex neváží a snadno se pohybují spolu s půdní vodou, ve které se rozpouštějí. Výsledky půdních rozborů U Dvou louček naznačují, že převážná část minerálního dusíku pod smrkovým porostem zůstává v amonné formě. Z humusového horizontu se posouvá do horizontu A a posléze B. Dusičnanový dusík, kterého se zde sice vytváří ve srovnání se zemědělskými půdami jen omezené množství, se přesouvá snadněji. Poměr obou forem minerálního dusíku $N\text{-}NH_4$: $N\text{-}NO_3$ se proto s rostoucí hloubkou zužuje a současně i stabilizuje (Tab. 2).

Všechny vyšší rostliny přijímají dusík jak ve formě amonné tak i dusičnanové. V případě smrkového porostu U dvou louček bude pravděpodobně hlavní živinou dusík amonný. Odebraný dusík využijí stromy ke svému růstu (jedná se o mladý dvacetiletý porost), zčásti jej však vrací zpět ve formě opadu jehličí do humusového horizontu. Zde pak probíhá jeho pozvolná mineralizace s omezenou nitrifikací, což je doloženo širokým poměrem obou forem minerálního dusíku (Tab. 2).

Amonný iont při svém přebytku, zejména v povrchové vrstvě humusového horizontu, uniká ve formě plynného čpavku (NH_3). Odhadnout, v jakém se tak děje množství, by bylo možné jen na podkladě kvalitně provedené dlouhodobé kvantitativní bilance dusíku.

V případě podkladů z lokality U Dvou louček zatím krátké období 3 měsíců sledování v roce 2011 (experiment pokračuje) ještě neumožňuje plně popsat dynamiku pohybu a přeměn půdního dusíku pod smrkovým porostem. Tím méně provést jeho charakteristiku obdobně jako je tomu u zemědělských kultur či skupin plodin.

Pod smrkovým porostem se v období od 27. 4. do 26. 7. 2011 minerální dusík v půdě choval zcela jinak než je tomu v zemědělských půdách. Dále uvedené výsledky hodnocení jsou uvedeny v Tab. 2. Zcela patrný je zatím vysoký obsah $N\text{-}NH_4$ v humusovém horizontu smrkového porostu o hloubce 15 cm a nízké objemové hmotnosti redukované 0,5 $t.m^{-3}$. Průměrná hodnota obsahu amonného dusíku v hrabance ze šesti měření dosahuje 19 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NH_4$ v sušině, což v přepočtu na plochu představuje 14,4 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NH_4$. Naproti tomu obsah dusičnanového dusíku v humusovém horizontu dosahuje jen 2,5 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NO_3$ v sušině, čili 1,9 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NO_3$. Poměr obsahu $N\text{-}NH_4$: $N\text{-}NO_3$ ve smrkové hrabance ve sledovaném období činil 7,6 : 1. Pokračujeme-li dále do hloubky, pak v horizontu A (hloubka pouze 10 cm, objemová hmotnost redukovaná 1,33 $t.m^{-3}$) bylo za výše uvedené období zjištěno v průměru 6,7 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NH_4$ a 1,6 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NO$ v sušině, tj. 8,9 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NH_4$ a 2,2 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NO_3^-$ (poměr $N\text{-}NH_4$: $N\text{-}NO_3$ = 4,0 : 1). V horizontu B, ve kterém byly odebírány vzorky z 25 cm mocné vrstvy o objemové hmotnosti, pak činily průměrné obsahy 3,9 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NH_4$ a 1,4 $mg.kg^{-1}.N\text{-}NO_3$ v sušině, v přepočtu 14,7 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NH_4$ a 5,2 $kg.ha^{-1}$ $N\text{-}NO_3^-$ (poměr $N\text{-}NH_4$: $N\text{-}NO_3$ = 2,8 : 1).

Sečtemeli v předchozím odstavci uvedené hodnoty, zjistíme, že v půdě pod smrkovým porostem se nacházelo v průměru 52,5 $kg.ha^{-1}$ minerálního dusíku. Jde překvapivě

o množství srovnatelné s hnojenou a obdělávanou méně úrodnou zemědělskou půdou, ale při zcela odlišném poměru $N\text{-}NH_4 : N\text{-}NO_3 = 4{,}1 : 1$, než tomu bývá u orných půd ($N\text{-}NH_4 : N\text{-}NO_3 =$ 0,3 až 1,5 : 1). Srovnání obou poměrů svědčí o zcela jiných charakteristikách biochemických a mikrobiálních procesů na obou typech stanovišť.

Z Tab. 2 je patrné, že nitrifikační proces v půdě pod smrkovým porostem probíhal jen velmi omezeně. V zemědělské půdě, obzvláště v půdách typu hnědá půda či hnědá půda kyselá, by se takovéto poměry $N\text{-}NH_4 : N\text{-}NO_3$ v žádném případě delší dobu neudržely. Příčin může být hned několik a pravděpodobně působí vzájemně synergicky. Jedná se o silně kyselou reakci půdy, nepříznivé prostředí v lesní půdě způsobené baktericidními látkami pocházejícími z jehličí, menší vstupy dusíku do půdy (menší intenzita hnojení) a méně výkonné nitrifikační bakterie.

Tab. 2: Obsahy amonného a dusičnanového dusíku v půdě pod smrkovým porostem U Dvou louček za období od 27. 4. do 26. 7.2011.

Tab. 2: *Contents of NH_4-N and NO_3-N in soil under Norway spruce stand (UDL catchment) over April 27th – July 26th 2011.*

Horizont *Layer*	**Charakteristika**	**Obsah minerálního dusíku v půdě [kg.ha^{-1}]**			**Poměr** / *Ratio* **$N\text{-}NH_4 : N\text{-}NO_3$**
		$N\text{-}NH_4$	**$N\text{-}NO_3$**	**$\sum N_{min}$**	
Humusový mocnost 15 cm 0,5 t.m^{-3}	průměr	14,4	1,9	16,3	7,6 : 1
	minimum 26.7.	3,60	1,2	4,80	3,0 : 1
	maximum 11.5.	25,30	3,0	28,3	8,4 : 1
A mocnost 10 cm 1,33 t.m^{-3}	průměr	8,90	2,2	11,1	4,0 : 1
	minimum 27.4.	5,10	2,0	7,10	2,6 : 1
	maximum 26.7.	16,4	3,5	19,9	4,7 : 1
B mocnost 25 cm 1,5 t.m^{-3}	průměr	14,7	5,2	19,9	2,8 : 1
	minimum 14.6.	11,7	4,8	16,5	2,4 : 1
	maximum 26.7.	18,2	5,7	23,9	3,2 : 1
$\sum$ půdní profil mocnost 50 cm	průměr	38,0	9,3	47,3	4,1 : 1
	minimum 30.6.	32,2	8,1	40,3	4,0 : 1
	maximum 11.5.	49,2	10,3	59,4	4,8 : 1

Vzhledem ke skutečnosti, že les se na rozdíl od zemědělské půdy hnojí pouze omezeně, existují zde jen dva zdroje, atmosférická depozice a biologická fixace vzdušného dusíku. Proto bude nezbytné co možná nejpřesněji stanovit hodnoty dusíku vstupující do lesního prostředí.

Následující část je věnována výsledkům závislosti odnosu dusíku na odtoku. Obr. 3 dokumentuje odnos dusičnanového dusíku z čistě lesního povodí na horním toku Cerhovického potoka za období 1986–1991. Průměrný denní odtok z povodí činil v letech sledování 0,28 mm.den^{-1}, průměrný denní odnos dusičnanového dusíku pak 0,0086 kg.ha^{-1}.rok^{-1}, což odpovídá průměrné koncentraci 13,56 mg.l^{-1} NO_3. Závislost je charakterizována nízkou hodnotou směrnice referenční polopřímky (a = 0,0307), od které se ani příliš neliší hodnoty

směrnic tečen ke křivce závislosti. Slabě nadprůměrné koncentrace se nejčastěji vyskytovaly při odtocích v intervalu 0,25–0,8 mm.den^{-1}, což odpovídá přibližně 90 až 25denním průtokům, při vyšších odtocích byly koncentrace dusičnanů převážně podprůměrné. Křivka závislosti „odtok – odnos“ pro lesní povodí je plochá a jen málo se liší od referenční polopřímky.

Na Obr. 4 je sestrojena závislost „odtok – odnos“ pro 4 profily zemědělsky využívaných ploch. Celkem 572 uspořádaných dvojic bylo spojeno do jednoho souboru, který charakterizuje území o výměře 209 ha se 4 odtokovými místy. Průměrný denní odtok z orné půdy činil v letech sledování 0,354 mm.den^{-1}, průměrný denní odnos dusičnanového dusíku pak 0,06346 kg.ha^{-1}.rok^{-1} (více jak sedminásobek odnosu z lesa), což odpovídá průměrné koncentraci 79,41 mg.l^{-1} NO_3. Směrnice referenční přímky a = 0,179 znamená, že závislost odnosu dusíku na odtoku rostla na orné půdě téměř šestkrát rychleji ve srovnání s lesem. V úseku od počátku po inflexní bod (cca 0,3 mm.den^{-1} – odpovídá 90denní vodě, to znamená, že tento stav trvá přibližně 275 dní v roce) roste odnos dusíku v závislosti na odtoku jen pomalu a nevýrazně. Za inflexním bodem nastala prudká změna průběhu závislosti; směrnice tečen zde dosahují výrazně vyšších hodnot než směrnice referenční polopřímky, což znamená nárůst koncentrací dusičnanů v odvozené závislosti na odtoku. Tento stav odpovídá období mezi cca 90 až 40denními průtoky, trval tudíž přibližně 50 dní v roce. Od druhého inflexního bodu pak koncentrace dusičnanů v odvozené závislosti na odtocích po cca 40 dnů v roce klesaly. Koncentrace dusičnanů převážně (připomeňme, že jde o závislost statistickou) nabývaly nadprůměrných hodnot při odtocích odpovídajících 60 až cca 8denním průtoků, tj. 52 dní v roce, po zbylých 317 dní pak byly převážně podprůměrné.

Rozdílnost v průběhu závislostí „odtok – odnos“ pro lesní a zemědělské povodí je z přiložených grafů a výše uvedeného hodnocení více než patrná. Ukazuje se, že proces vyplavování dusičnanů z půdního profilu není kontinuální, závisí zejména na charakteru pohybu půdní vody a na stupni nasycenosti kapilárních i nekapilárních půdních pórů. U zemědělských půd se ukazuje jako nejrizikovější období středně velkých odtoků charakterizovaných v daném případě 90 až 40denní vodou. Při nižších odtocích nejsou dusičnany buď vůbec vyplavovány, nebo jsou vyplavovány v mnohem menší míře. Jejich odnos je tvořen látkou vyplavenou již dříve a akumulovanou v zadržené podzemní či podpovrchové vodě. Při odtocích vyšších, než odpovídá cca 40denním průtokům, pak již voda nestačí rozpouštět a odnášet více látky, koncentrace proto klesají v důsledku ředění.

Vztah „odtok – odnos“ popisuje jen jednu stránku vyplavovacího procesu. Druhou stránkou je množství vyplavitelných dusičnanů v půdním profilu, zejména v době rizikových odtoků. Z tohoto důvodu je při výzkumu problematiky plošného znečištění dusičnany nezbytné věnovat se nejen měření kvality a odtoku vody, ale též procesu vzniku, přeměny a odběru dusičnanů v půdě jak na zemědělských plochách, tak i v lesích. Pro zemědělské půdy byly již dříve odvozeny charakteristiky dynamiky půdního dusíku v závislosti na čase. Dále na druzích a růstu pěstovaných plodin, prováděných agrotechnických operacích, statkovém a průmyslovém hnojení, průběhu povětrnosti a dalších činitelích. Známa je rovněž závislost vyplavitelnosti dusičnanů na jejich obsahu v ornici za zimní a předjarní období, kdy ztráty této živiny dosahují rozhodujících hodnot (A-G diagram). Pro lesní půdy však takovéto charakteristiky zatím k dispozici nejsou.

ZÁVĚR

Otázkám koloběhu dusíku a plošného znečištění podzemních, podpovrchových a povrchových vod i jejich samočištění na zemědělských půdách byla v minulosti věnována velká pozornost. Výsledkem je řada vědeckých prací, výzkumných zpráv, metodických postupů a rovnic popisujících uvedené procesy. Problematice bilance a látkové přeměny v lesích se však věnovala menší pozornost, respektive zatím získané podklady nebyly dosud v plné míře využity. Navazující řešení této problematiky by tak mělo přispět k objasnění úlohy lesů jakožto zlepšujícího faktoru jakosti vod, což je jejich cenná mimoprodukční funkce.

Poděkování

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe ČR výzkumného záměru č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a projektu NAZV QI 112A174 „Lesnické a zemědělské aspekty řízení vodní komponenty v krajině“.

LITERATURA

FOTTOVÁ, D. (1995): Regional Evaluation of Mass Element Fluxes: GEOMON Network of Small Catchments. Enviromental Monitoring and Assessment, 34: 215–221.

HLADNÝ, J. et al. (1998): Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu. MŽP ČR, ČHMÚ Praha, 163 s., 51 tab.

ŠVIHLA, V. et al. (2000): Hodnocení dosavadních výsledků monitoringu VN Vír, vlastní návrh monitoringu. In: Studie řešení plošného zemědělského znečištění vodárenské nádrže Vír. VÚMOP Praha, oddělení pozemkových úprav Brno, s. 21–55.

ŠVIHLA, V. et al. (2000): Řešení zemědělského hospodaření a otázek koloběhu a bilance živin. In: Podklady pro revizi ochranných pásem části „Pravý břeh“ povodí nádrže Vír. VÚMOP Praha, oddělení pozemkových úprav Brno, 72 s., 9 příloh.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění.

Adresy autorů

Ing. VLADIMÍR ČERNOHOUS, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550
517 73 Opočno

doc. Ing. VLADIMÍR ŠVIHLA, DrSc.
privat
Fügnerova 809
266 01 Beroun

Mŕtve drevo v zmiešanom prírodnom lese Sitno

Dead wood accumulation in mixed unmanaged natural forest Sitno

LUCIA DANKOVÁ

Abstract

The study focuses on standing and lying dead wood in mixed unmanaged natural forest Sitno. Data were collected in a 2.5ha research plot (800–900 m a. s. l., Tilieto-Aceretum and Querceto-Fagetum tiliosum forest community). We measured diameter of dead wood and classified it into four degrees of decomposition according to tree species. The mean volume of lying dead wood was 106.6 $m^3.ha^{-1}$, amounting to 18.9% of the total volume of all trees. The proportion of standing dead wood was 1.4% of the total volume. Higher relative abundance of oak in lying dead wood than in living stand volume and more oak in older debris than in fresh debris suggests the oak drop-out from natural forest. Density of maple is increasing, therefore we are expecting structural and tree species changes.

Keywords: *standing and lying dead wood, natural forest*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Mŕtve drevo pozostávajúce zo stojacich suchých stromov a ležiacich kmeňov a vetiev je jedným z najdôležitejších komponentov lesných ekosystémov (HARMON et al. 1986). Formuje životné prostredie pre mnoho druhov organizmov, ktoré sú závislé na existencii odumretého dreva ako zdroja potravy alebo úkrytu (CHRISTENSEN et al. 2005). Ovplyvňuje mikroklímu lesa, môže zohrávať dôležitú úlohu ako zásobáreň vody v období sucha (HARMON et al. 1986). Je dodávateľom uhlíka do lesného ekosystému (HARMON 2001) a cez humifikačný proces aj ostatných organických látok do pôdy (SCHAETZL et al. 1989).

Produkcia mŕtveho dreva je v princípe zabezpečená dvoma skupinami procesov: na jednej strane je to prirodzené (fyzické) starnutie, kompetícia medzi druhmi a jedincami, odumretie spôsobené chorobami, hubami, suchom a pod. a veľkoplošnými disturbanciami (napr. vietor, lykožrút) na strane druhej (VANDEKERKHOVE et al. 2009). Funkčná dôležitosť odumretého dreva nezávisí len od jeho množstva, ale aj od hrúbkovej štruktúry, stupňa rozkladu, druhu dreviny, pozície (stojace vs. ležiace) a priestorovej distribúcie (SIITONEN 2001). Z časového hľadiska môžeme priebeh hromadenia odumretého dreva opísať nasledovne: bezprostredne po vzniknutej disturbancie je objem mŕtveho dreva vysoký, postupne dochádza k jeho úbytku v procese rozkladu, pričom sa k nemu pridáva ďalšia nekromasa z obnovujúceho sa porastu. Ďalšia vlna zvyšovania obsahu mŕtveho dreva nastáva v čase dozrievania a starnutia stromov, zvyšuje sa ich mortalita.

Prác zaoberajúcich sa mŕtvym drevom v prírodných lesoch Severnej Ameriky a boreálnych lesoch Európy je pomerne dosť (HARMON et al. 1986; SIITONEN 2001; NILSSON et al. 2002), rovnako ako štúdií z temperátnych európskych prírodných lesov (BOBIEC 2002, SANIGA, SHUTZ 2002; CHRISTENSEN et al. 2006; OHEIMB et al. 2007; VANDEKERKHOVE et al. 2009). Tieto práce sa zaoberali predovšetkým zhodnotením štruktúry, diverzity a dynamiky

odumretého dreva. Ich výsledky potvrdzujú, že nárast mŕtveho dreva je výrazne ovplyvnený typom lesa, disturbančným režimom, prípadne predchádzajúcim obhospodarovaním (časová perióda od ukončenia hospodárskych zásahov).

Cieľom predkladanej práce bolo zhodnotiť súčasnú štruktúru ležiacich a stojacich mŕtvych stromov, porovnanie relatívnej zásoby a početnosti živých a mŕtvych stromov v zmiešanom listnatom prírodnom lese Národnej prírodnej rezervácie (NPR) Sitno. NPR Sitno je tvorené 8 druhmi listnatých drevín, a to: javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.), javor mliečny (*Acer platanoides* L.), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), buk lesný (*Fagus sylvatica* L.), dub zimný (*Quercus petraea* [Matusch.] Liebl.), lipa malolistá (*Tilia cordata* Mill.), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.), brest horský (*Ulmus glabra Huds.*) a občasným výskytom jedle bielej (*Abies alba* Mill.).

METODIKA

Charakteristika územia

NPR Sitno (N 48°23'55"S; E 18°52'54") sa nachádza v orografickom celku Štiavnické vrchy patriaceho do oblasti Slovenského stredohoria, juhozápadne od Banskej Štiavnice, v katastrálnom území Ilja. Rezervácia bola vyhlásená v roku 1951 s výmerou 45,49 ha, neskôr v roku 1983 bola rozšírená na súčasných 93,68 ha. Nadmorská výška NPR sa pohybuje od 770–940 m n. m. prevažne južnej a juhovýchodnej expozície. Územie patrí do oblasti mierne chladnej a veľmi vlhkej s priemernou teplotou 14 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 907 mm. Geologické podložie rezervácie je tvorené komplexom amfibolicko-pyroxenického andezitu s biotitom. Prevažujúcim lesným typom je kambizem (Kolektív 2004).

Najrozšírenejšou skupinou lesných typov je *Querceto-Fagetum* (70 %) s výrazným zastúpením lipovo-javorových sutinových lesov. Okrem nich sa na území nachádzajú aj bukovo-jedľové kvetnaté lesy.

Zber a vyhodnotenie údajov

Pre potreby výskumu bola v roku 2011 založená výskumná plocha (VP) s rozmermi 250 × 100 m (2,5 ha) v centrálnej časti NPR Sitno, ktorá predstavuje najzachovalejšiu a najstaršiu časť rezervácie s lesnými ekosystémami prírodného charakteru. Výskumná plocha sa nachádza v nadmorskej výške 800–900 m n. m. a prechádza cez skupinu lesných typov *Tilieto-Aceretum* a *Querceto-Fagetum tiliosum*.

Na ploche boli pozične zamerané všetky živé stromy, ktoré dosiahli hrúbku vo výške 1,3 m viac ako 4 cm (d1,3 ≥ 4 cm) pomocou technológie Field-Map. Zaznamenávala sa hrúbka ($d_{1,3}$), výška a druh dreviny. Mŕtve drevo (nekromasa) bolo evidované rovnako pomocou technológie Field-Map na celej VP. Pozične sa zameriavali ležiace stromy, ktoré dosiahli dĺžku aspoň 2 m s minimálnou hrúbkou 20 cm na hrubšom konci (d_0) a stojace odumreté stromy s výškou viac ako 2 m a hrúbkou $d_{1,3}$ min. 8 cm. Meraním sa zisťovala hrúbka padnutej nekromasy na obidvoch koncoch, pri stojacich stromoch $d_{1,3}$ a klasifikovali sa podľa druhu dreviny a stupňa rozkladu.

Nekromasa bola zatrieďovaná do štyroch stupňov rozkladu podľa ALBRECHTA (1990):

1. čerstvo odumreté stromy,
2. začínajúci rozklad: uvoľnená kôra, po použití sekery drevo ešte pevné, hniloba jadra do 1/3 priemeru,
3. pokračujúci rozklad: beľ mäkká, jadro ešte miestami pre sekeru pevné, hniloba jadra je väčšia ako 1/3 priemeru,
4. silná hniloba: drevo po celej hrúbke mäkké, hlavné znaky nie sú viditeľné.

Hodnotili sme nasledujúce charakteristiky:

- pre živé stromy:
- objem kmeňa s kôrou podľa druhu dreviny [$m^3.ha^{-1}$], (PETRÁŠ, PAJTÍK 1991)
- kruhovú základňu stromov

$$g = \frac{\pi . d_{1,3}^2}{4}, \sum g = G$$

kde:

g – kruhová základňa jednotlivého stromu[m^2]

$d_{1,3}$ – hrúbka stromu vo výške 1,3 m [m]

G – celková kruhová základňa lesa [$m^2.ha^{-1}$]

- objemu stojacich mŕtvych stromov (podobne ako živé stromy, PETRÁŠ, PAJTÍK 1991)
- objemu ležiacich mŕtvych stromov (pomocou Smalianovho vzorca):

$$V = \frac{\pi}{4} . \frac{(d_0 + d_n)}{2} . L$$

kde:

V – objem ležiaceho stromu [m^3]

d_0 – hrúbka stromu na hrubšom konci

d_n – hrúbka na tenšom konci

L – dĺžka kmeňa [m]

Porovnávali sme relatívnu početnosť (objem) nekromasy a relatívnu početnosť (objem kmeňov) živých stromov.

VÝSLEDKY

Charakteristika prírodného lesa

Na výskumnej ploche bolo celkovo zameraných 1557 stromov ($d_{1,3} \geq 4$ cm), z toho 1458 stromov živých (t. j 583 jedincov na hektár). Dominantné zastúpenie mali druhy javor horský (34,0 %), buk lesný (22,9 %) a jaseň štíhly (16,5 %). Ostatné druhy drevín nedosahovali zastúpenie ani 10 %. Celkový objem stromov bol 450,2 $m^3.ha^{-1}$. Objem hrubiny javora horského dosahoval hodnotu iba 84,3 $m^3.ha^{-1}$ (18,7 %), kým pri buku tvoril viac ako 40 %. Napriek nízkemu zastúpeniu duba zimného, jeho podiel na celkovom objeme hrubiny dosahoval takmer 10 % (v porovnaní s ostatnými druhmi drevín s podobným zastúpením). Objem hrubiny zvyšných šiestich druhov drevín na ploche neprekračoval 10 %. Kruhová základňa stromov predstavovala spolu 38,4 $m^2.ha^{-1}$.

Kruhová základňa najpočetnejších druhov drevín (javor horský, buk a jaseň) tvorila prevažný podiel (81,6 %) z celkovej kruhovej základne. Ostatné druhy drevín nepresahovali hodnotu kruhovej základne 5 %.

Tab. 1: Základné charakteristiky živých stromov ($d_{1,3} \geq 4$ cm) na výskumnej ploche.

Tab. 1: *Basic characteristics of living trees (DBH ≥ 4 cm) on research plot.*

drevina[1]	Hustota[2]		Zásoba[3]		Kruhová základňa[4]	
	[N.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]
Acer platanoides	17	2,9	22,6	5,0	1,5	4,0
Acer pseudoplatanus	198	34,0	84,3	18,7	12,2	31,8
Fraxinus excelsior	96	16,5	38,2	8,5	5,3	13,9
Fagus sylvatica	134	22,9	192,6	42,8	13,8	35,9
Tilia cordata	54	9,3	32,5	7,2	1,5	4,0
Ulmus scabra	16	2,8	7,0	1,6	1,8	4,8
Carpinus betulus	45	7,7	12,5	2,8	0,9	2,3
Quercus petraea	20	3,5	43,7	9,7	1,0	2,7
Abies alba	3	0,5	16,8	3,7	0,2	0,6
Spolu[5]	583	100,0	450,2	100,0	38,4	100,0

[1]tree species, [2]density, [3]growing stock, [4]basal area, [5]total

Štruktúra mŕtveho dreva

Spolu sa na ploche nachádzalo 251 ks ležiacich odumretých stromov, čo predstavuje 100 ks. ha^{-1}. Priemerný objem mŕtveho ležiaceho dreva bol 106,6 m^3.ha^{-1}. Najväčší podiel tvorili kmene, ktorých vysoký stupeň rozkladu neumožňoval ich identifikáciu (52,5 %). Z ostatných drevín mali vyššie zastúpenie len dub zimný a buk. Najmenej sa na ploche nachádzalo ležiaci odumreté drevo jaseňa, hraba a jedle (Tab. 2).

Tab. 2: Objem ležiacich mŕtvych stromov (v m^3.ha^{-1} a v %) v závislosti od stupňa rozkladu a druhu dreviny na VP.

Tab. 2: *The volume of lying dead wood (m^3 per hectare, %) according to the degree of decomposition and tree species on RP.*

drevina[1]	stupeň rozkladu[2]								Spolu[3]	
	1		2		3		4			
	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]
Acer pseudopl.	0,00	0,0	0,00	0,0	5,00	8,5	0,00	0,0	5,00	4,7
Fagus sylvatica	2,44	41,6	4,02	92,7	7,36	12,5	3,78	10,1	17,59	16,5
Quercus petraea	2,12	36,1	0,00	0,0	16,62	28,2	1,87	5,0	20,61	19,3
Tilia cordata	0,66	11,2	0,21	4,8	4,32	7,3	0,00	0,0	5,18	4,9
Fraxinus excelsior	0,37	6,4	0,00	0,0	0,29	0,5	0,00	0,0	0,66	0,6
Carpinus betulus	0,28	4,8	0,11	2,5	0,36	0,6	0,12	0,3	0,87	0,8
Abies alba	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,68	1,8	0,68	0,6
neurčené[4]	0,00	0,0	0,00	0,0	24,94	42,4	31,05	82,8	55,99	52,5
Spolu[3]	5,87	100,0	4,33	100,0	58,88	100,0	37,50	100,0	106,58	100,0

[1]tree species, [2]degree of decomposition, [3]total, [4]undetermined

Viac ako 58 m^3.ha^{-1} ležiacej nekromasy bolo zatriedených do tretieho stupňa rozkladu, čo predstavuje 55,2 % z celkového objemu. V danom stupni objemovo dominovali kmene neurčených listnatých drevín (42,36 %), duba zimného a buka (28,23 % a 12,49 %). Mŕtve drevo javora horského sa nachádzalo len v treťom stupni rozkladu (4,7 % z celkového objemu nekromasy). Vo štvrtom stupni rozkladu najväčší podiel tvorila nekromasa neurčených druhov drevín. Z ďalších identifikovateľných druhov sa v pokročilom štádiu

rozpadu nachádzali dreviny buk a dub zimný. Objem čerstvo padnutých stromov a stromov so začínajúcim rozkladom (stupne 1 a 2) tvoril takmer 10 % z celkového objemu ležiacej nekromasy. V prvom stupni najväčší podiel tvorili kmene buka a duba zimného. V druhom stupni rozkladu objemovo dominoval buk (92,7 %), (Tab. 2).

Celkový objem stojacich odumretých stromov bol 8,3 $m^3.ha^{-1}$. Najväčší podiel na objeme tvorili buk a dub zimný, podobne ako u mŕtvych ležiacich kmeňov. Viac ako 56 % z celkového objemu zaberali kmene zatriedené do prvého stupňa rozkladu – čerstvo odumreté. V tomto stupni dominovali predovšetkým dreviny buk a dub zimný. Stojace odumreté stromy lipy a jaseňa sa na objeme podieľali 24 %. Javor horský tvoril len 3,7 % z celkového objemu v danom stupni. Objem kmeňov drevín zatriedených do druhého a tretieho stupňa rozkladu bol spolu 3,4 $m^3.ha^{-1}$.

Tab. 3: Objem stojacich mŕtvych stromov (v $m^3.ha^{-1}$ a v %) v závislosti od stupňa rozkladu a druhu dreviny na VP.

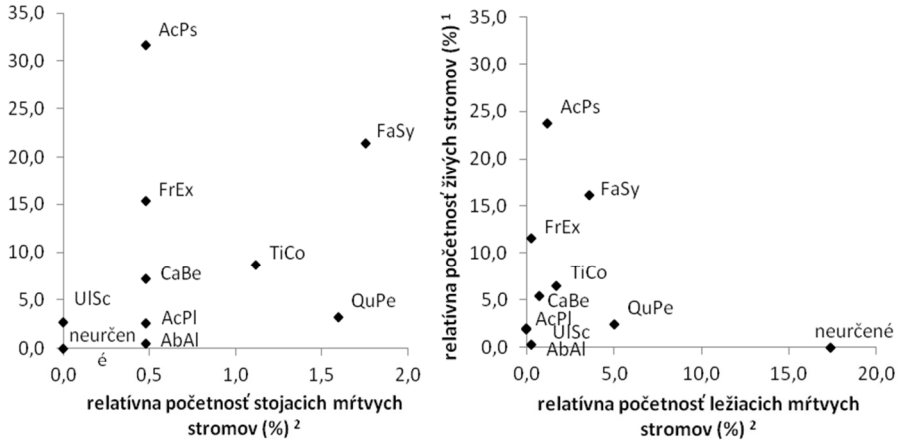
Tab. 3: *The volume of standing dead wood (m^3 per hectare, %) according to the degree of decomposition and tree species on RP.*

drevina[1]	stupeň rozkladu[2]						Spolu[3]	
	1		2		3			
	[$m^3.ha^{-1}$]	[%]	[$m^3.ha^{-1}$]	[%]	[$m^3.ha^{-1}$]	[%]	[$m^3.ha^{-1}$]	[%]
Acer pseudoplatanus	0,18	3,7	0,00	0,0	0,00	0,0	0,18	2,2
Fagus sylvatica	1,94	39,9	0,23	12,7	0,26	16,6	2,43	29,4
Quercus petraea	1,52	31,3	1,53	82,6	0,46	29,6	3,51	42,4
Tilia cordata	0,64	13,2	0,00	0,0	0,00	0,0	0,64	7,7
Fraxinus excelsior	0,53	10,9	0,00	0,0	0,00	0,0	0,53	6,4
Carpinus betulus	0,05	1,0	0,06	3,4	0,00	0,0	0,11	1,3
Abies alba	0,00	0,0	0,00	0,0	0,84	53,8	0,84	10,2
Ulmus scabra	0,00	0,0	0,03	1,4	0,00	0,0	0,03	0,4
Spolu[3]	4,86	100,0	1,85	100,0	1,56	100,0	8,27	100,0

[1]tree species, [2]degree of decomposition, [3]total

Čo sa týka porovnania relatívnej početnosti živých a odumretých stromov, môžeme si všimnúť nasledovné. Z celkového počtu stromov (živých a mŕtvych ležiacich) tvorili živé stromy takmer 70 % podiel. Podiel ležiacej nekromasy najpočetnejších druhov drevín (javor horský, jaseň a buk) je porovnateľný s ostatnými menej zastúpenými druhmi živých stromov. Dub zimný, ktorého početnosť nepresahuje 2,4 %, je pomerne vysoko zastúpený v ležiacom odumretom dreve. Hlavnú zložku ležiacej nekromasy tvorili až 17,4 % z celkového počtu stromov neurčené druhy drevín v pokročilom štádiu rozkladu (Obr. 1).

Trochu odlišná situácia je v prípade porovnania relatívnej početnosti živých a stojacich odumretých z celkového počtu stojacich stromov. Živé stromy tvorili 93,1 % podiel z celkovej početnosti biomasy a nekromasy. Živé stromy buka boli zastúpené 21,4 %, kým stojace suché stromy predstavovali len 1,8 % z celkového počtu. V porovnaní s dubom, ktorého početnosť živých stromov dosahovala 3,5 % bol jeho podiel na stojacej nekromase vysoký (1,6 %). Pomerne vysoké zastúpenie má, v porovnaní s početnosťou živých jedincov, odumreté stojace drevo lipy.



Obr. 1: Relatívna početnosť živých a mŕtvych (stojacich a ležiacich) stromov [%].

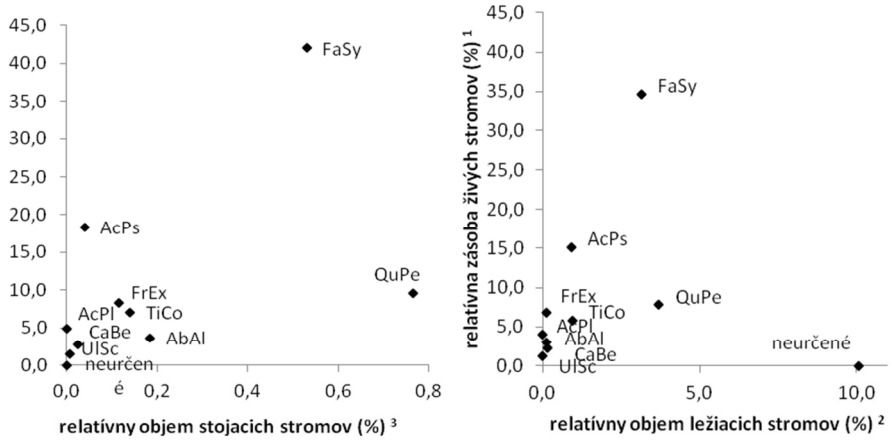
Fig. 1: *Relative abundance of living mature trees and standing (left graph) and lying (right) dead wood [%].*

[1]relative abundance of living trees, [2]relative abundance of lying dead wood, [3] relative abundance of standing dead wood, AbAl – *Abies alba*, AcPl – *Acer platanoides*, AcPs – *Acer pseudoplatanus*, CaBe – *Carpinus betulus*, FaSy – *Fagus sylvatica*, FrEx – *Fraxinus excelsior*, TiCo – *Tilia cordata*, QuPe – *Quercus petraea*, UlSc – *Ulmus scabra,* neurčené – *undetermined.*

Porovnanie relatívneho objemu hrubiny živých stromov a objemu odumretých ležiacich stromov je znázornené na Obr. 2. Nakoľko kmene padnutých stromov v pokročilom štádiu rozkladu prevažovali v celkovom objeme ležiacej nekromasy, rovnako aj ich podiel na celkovom objeme je vysoký (10,1 %). Objem hrubiny živých stromov buka tvoril takmer 35 % z celkového množstva. Podiel jeho ležiacej nekromasy na celkovej objeme dosahoval 3,2 %, čo je porovnateľné s hodnotami nekromasy duba zimného (Obr. 2). Napriek tomu, že objem kmeňov živých stromov javora horského predstavoval 15,1 %, podiel nekromasy sa ukázal nízky (0,9 %). Objem hrubiny ostatných živých drevín nepresahoval 10 %, množstvo ich nekromasy neprekračovalo 1 % z celkového objemu.

Objem hrubiny živých stromov tvoril dominantný podiel na celkovom objeme živých a odumretých stojacich stromov (98,2 %), z toho najväčšie množstvo pripadalo na drevinu buk (Obr. 2). Podobne ako v prípade ležiacej nekromasy (okrem neurčených druhov drevín), stojace odumreté stromy duba tvorili výrazný podiel na celkovom objeme kmeňov.

Vzťah medzi hrúbkou, príp. objemom mŕtvych ležiacich stromov a druhom dreviny sa nepotvrdil (Kruskal-Wallisov test, p = 0,299, resp. 0,133). Rovnako sa nepotvrdila závislosť medzi hrúbkou stojacej nekromasy a druhom dreviny (Kruskal-Wallisov test, p = 0,076).



Obr. 2: Relatívna zásoba živých a mŕtvych (stojacich a ležiacich) stromov [%].

Fig. 2: *Relative volume of living mature trees and standing (right graph) and lying (left graph) dead wood [%].*

[1]relative volume of living trees, [2]relative volume of lying dead wood, [3] relative volume of standing dead wood, AbAl – *Abies alba*, AcPl – *Acer platanoides*, AcPs – *Acer pseudoplatanus*, CaBe – *Carpinus betulus*, FaSy – *Fagus sylvatica*, FrEx – *Fraxinus excelsior*, TiCo – *Tilia cordata*, QuPe – *Quercus petraea*, UlSc – *Ulmus scabra,* neurčené – *undetermined.*

DISKUSIA

Zhodnotením štruktúry a rastových procesov zmiešaného listnatého prírodného lesa v NPR Sitno sa zaoberal SANIGA (2001). Na sledovaných trvalých výskumných plochách sa za časovú periódu 20 rokov udiali nasledovné zmeny: dochádzalo k znižovaniu priemerného počtu živých stromov (z 685 ks.ha^{-1} v roku 1978 na 426 ks.ha^{-1} v roku 1998), rovnako aj objemu hrubiny (rozdiel predstavoval 130 m^3.ha^{-1}). Podľa našich výsledkov, priemerný počet stromov bol 583 ks. ha^{-1} a celková zásoba 450,2 m^3.ha^{-1}, čo korešponduje so zisteniami na sledovaných plochách a poukazuje na stálosť a vyrovnanosť štruktúry prírodného lesa. Množstvo nekromasy na trvalých plochách za sledované obdobie kolísalo, bol zaznamenaný nárast padnutých stromov (z 95,5 m^3.ha^{-1} v roku 1987 na 125,8 m^3.ha^{-1} v roku 1989) spôsobený vetrovou kalamitou. Objem stojacich suchých stromov dosahoval hodnotu 25,1 m^3.ha^{-1} (SANIGA 2001).

Výsledky nášho výskumu nepoukázali na výrazné zmeny v kvantite nekromasy, vysoký podiel padnutých stromov v poslednom stupni rozkladu poukazuje na dlhšiu časovú periódu procesu rozkladu a možný disturbančný jav v minulosti. Na druhej strane, rýchlosť rozpadu dreva je ovplyvnená mnohými faktormi, a to predovšetkým druhom dreviny, klimatickými faktormi a fyziologickým stavom dreviny (ROUVINENM, KOUKI 2002). Priemerný čas rozkladu u buka je 25–50 rokov v závislosti od stanovišťa, u duba môže tento proces trvať aj 150 rokov, hlavne u jedincov so značnou hrúbkou a vysokým podielom jadrového dreva (SCHOWALTER et al. 1998). Porovnanie zastúpenia nekromasy v štruktúre zmiešaných prírodných lesov tvorených viac ako piatimi druhmi drevín je pre ich zriedkavý výskyt problematické. V prírodnom zmiešanom lese Suserup Skov s dominantným zastúpením buka lesného a jaseňa štíhleho dosahuje zásoba živých stromov hodnotu 674 m^3.ha^{-1} a objem

mŕtvych stromov hodnotu 163 $m^3.ha^{-1}$, z toho stojace suché stromy tvoria 5 % (CHRISTENSEN et al. 2005). Pomer celkovej nekromasy k zásobe živých stromov predstavuje 25 %, podobne ako v NPR Sitno. V prírodnom bukovom lese Rožok ležiaca nekromasa tvorila len 8,9 % z celkovej zásoby, pričom dominovali kmene v pokročilom štádiu rozpadu (BUGOŠOVÁ 2011). Vysoké hodnoty ležiacej nekromasy boli zaznamenané v zmiešanom prírodnom lese Hrončecký Grúň, kde v časti s dominanciou jaseňa v hornej vrstve lesa dosahovali hodnotu 248,3 $m^3.ha^{-1}$. V tomto prípade sa pod to podpísal vysoký produkčný potenciál stanovišťa, ktorý je odrazom aj zásoby živých stromov – 1228,5 $m^3.ha^{-1}$ (BALANDA 2010).

ZÁVER

Výsledky analýzy nekromasy (ležiacej a stojacej) na výskumnej ploche v NPR Sitno poukazujú na nasledovné:

- vysoký podiel mŕtveho ležiaceho dreva v pokročilom štádiu rozkladu poukazuje na prítomnosť disturbancie v minulosti, príp. dlhodobý proces rozkladu odumretého dreva,
- v porovnaní s nízkym zastúpením a objemom kmeňov živých stromov vo väzbe na nedostatočnú obnovu (SANIGA 2001), kmene duba zimného tvoria výrazný podiel na celkovej nekromase, a to predovšetkým v 3. stupni rozkladu, čo naznačuje prítomnosť prírodného lesa v záverečnej (konečnej) fáze odumierania duba.

Poďakovanie

Táto práca vznikla s finančnou podporou APVV-0286-10.

LITERATÚRA

ALBRECHT, L. (1990): Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schiftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik, Band 1, München, 221 p.

BALANDA, M. (2010): Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. Polish Journal of Ecology 59: 4: 699–708.

BOBIEC, A. (2002): Living stands and dead wood in the Białowieża forest: suggestions for restoration management. Forest Ecology and Management, 165: 125–140.

BUGOŠOVÁ, L. (2011): Štruktúra, textúra, produkcia a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok. Diplomová práca, 111 s.

CHRISTENSEN, M. – HAHN, K. – MOUNTFORD, E. P. et al. (2005): Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. Forest Ecology and Management, 210: 267–282.

HARMON, M. E. – FRANKLIN, J. F. – SWANSON, F. J. et al. (1986): Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research, 15: 133–302.

HARMON, M. E. (2001): Carbon sequestration in forests: addressing the scale question. Journal of Forerstry, 24–29.

Kolektív (2004): Plán starostlivosti o SKUEV 0216 Sitno/Holík.

NILSSON, S. G. – NIKLASSON, M. – HEDIN, J. et al. (2002): Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. Forest Ecology and Management, 161: 189–204.

OHEIMB, G. – WESTPHAL, C. – HÄRDTLE, W. (2007): Diversity and spatio-temporal dynamics of dead wood in a temperate near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*). European Journal of Forest Research, 126: 359–370.

PETRÁŠ, R. – PAJTÍK, J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37: 1: 49–56.

ROUVINEN, S. – KOUKI, J. (2002): Spatiotemporal availability of dead wood in protected old-growth forests: a case study from boreal forests in eastern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research, 17: 317–329.

SANIGA, M. (2001): Štruktúra, rastové a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v národnej prírodnej rezervácii Sitno. Ochrana prírody, 19: 121–136.

SANIGA, M. – SCHÜTZ, J. P. (2002): Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. Journal of Forest Science, 48: 513–528.

SCHAETZL, R. J. – BURNS, S. F. – JOHNSON, D. L. – ALL, T. W. (1989): Tree uprooting: review on impacts on forest ecology. Vegetation, 79: 165–176.

SCHOWALTER, T. D. – ZHANG, Y. L. – SABIN, T. E. (1998): Decomposition and nutrient dynamics of oak (*Quercus* spp.) logs after five years of decomposition. Ecography, 21: 3–10.

SIITONEN, J. (2001): Forest management, coarse woody debris and saprophylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. Ecological Bulletin, 49: 11–41.

VANDEKERKHOVE, K. – KEERSMAEKER, L. – MENKE, N. et al. (2009): When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. Forest Ecology and Management, 258: 425–435.

Adresa autora

Ing. LUCIA DANKOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra pestovania lesa

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: lucia.dankova@tuzvo.sk

Variabilita duba plstnatého (*Quercus pubescens* Willd.) v orografických celkoch Strážovské vrchy a Považský Inovec

Variability of Quercus pubescens Willd. in the orographic units Strážovské vrchy and Považský Inovec Mts.

MARIAN ĎURIŠ – IVAN LUKÁČIK

Abstract

The presented paper deals with the evaluation of variability Quercus pubescens in the orographic units Strážovské vrchy and Považský Inovec Mts. Five permanent research plots (PRP) were established. We measured basic dendrometrical features (DBH, tree height and height of crown base) with their subsequent statistical evaluation. Results of the analysis show significant differences between average heights and DBH of Quercus pubescens (Willd.) on the permanent research plots. The differences among average height and crown base were not statistically significant.

Keywords: *Quercus pubescens (Willd.), forest-steppe communities, Strážovské vrchy, Považský Inovec*

Abstrakt

V predkladanej práci sa podrobne hodnotila variabilita duba plstnatého (*Quercus pubescens*) v orografických celkoch Strážovské vrchy a Považský Inovec na piatich trvalých výskumných plochách (TVP). Na založených plochách sa pri *Quercus pubescens* merali základné taxačno-dendrometrické veličiny (hrúbka, výška stromov a výška nasadenia koruny), ktoré sa vyhodnotili aj štatisticky. Z výsledkov vyplynulo, že rozdiely v priemerných hrúbkach a výškach stromov *Quercus pubescens* boli medzi plochami štatisticky významné (na 95 % hladine významnosti). Okrem toho sa Duncanovým testom testovala podobnosť lokalít. Výsledky testu poukázali na určité rozdielnosti v priemernej hrúbke a výške medzi jednotlivými TVP.

Kľúčové slová: *Quercus pubescens (Willd.), lesostepné spoločenstvá, Strážovské vrchy, Považský InovecMts.*

ÚVOD A CIELE PRÁCE

Súčasná štruktúra a druhové zloženie lesných porastov sú výsledkom dlhodobého vývoja, spôsobov šírenia jednotlivých drevín a kompetičných vzťahov medzi nimi. Zo vzťahov rastlina (drevina) a prostredie je zrejmé, že jednotlivé populácie sa diferencujú aj podľa stanovištných podmienok. Každý jedinec reaguje integrovane a odrazu na celý súbor činiteľov, dokáže si ich čiastočne kompenzovať a odolávať tak konkurencii vytváranej inými druhmi biocenózy. Odlišnosti fyziologického rázu sa často prejavia v nepatrných zmenách morfologických znakov (MAGIC 2000).

Dreviny lesostepných spoločenstiev sú dobre prispôsobené znášať extrémne letné teploty a dlhé letné obdobie sucha. Ich pôvodný areál je v južnej Európe, resp. stredomorí

a často sa na našom území nachádzajú ich najsevernejšie populácie. Majú pomerne vysoké nároky na svetlo, často rastú na plytkých vysychavých pôdach na južných expozíciách. V typickej podobe sú to rozvoľnené porasty duba plstnatého (*Quercus pubescens*) a teplomilných krov dosahujúcich výškou stromovú úroveň (ĎURIŠ, LUKÁČIK 2010).

Cieľom predkladanej práce bolo zhodnotiť prirodzený výskyt duba plstnatého (*Quercus pubescens*) v orografických celkoch Strážovské vrchy a Považský Inovec na piatich trvalých výskumných plochách. Zmerať základné taxačno-dendrometrické charakteristiky (výška stromov, výška nasadenia korún, hrúbka), posúdiť jeho rastové vlastnosti a premenlivosť znakov listov v skúmaných oblastiach.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Duby (*Quercus* sp.) sú dreviny, ktoré sú rozšírené najmä v teplejších oblastiach severnej pologule. Majú najväčšie zastúpenie v Severnej Amerike, juhovýchodnej Ázii a juhovýchodnej Európe, odkiaľ sa rozšírili aj na územie Slovenska (MAGIC 2000). Patria k drevinám s veľkou premenlivosťou, čo sa vysvetľuje rozsiahlymi areálmi výskytu a spôsobmi opelenia. Opelenie vetrom na veľké vzdialenosti a nedostatočná reprodukčná bariéra je dôvodom vzniku spontánnych krížencov, čo často spôsobuje ťažkosti v ich systematickom triedení (BALLIAN et al. 2010).

Na Slovensku je v súčasnosti vylíšených 9 základných druhov dubov (MAGIC 1974, 1975). Jednou z hlavných príčin veľkej premenlivosti dubov je ich široká vnútrodruhová premenlivosť, ktorá často eliminuje medzidruhové rozdiely. Okrem toho je vylíšených veľké množstvo ekotypov, ktoré sa morfologicky, ale aj geneticky prispôsobili stanovištným podmienkam.

Systematické triedenie dubov je zložité a líši sa podľa jednotlivých autorov. V minulosti bolo vypracovaných viacero systémov triedenia. Na Slovensku sa zaužíval systém podľa (Schwarza 1969 ex POŽGAJ, HORVÁTHOVÁ 1986), ktorý rozdelil rod *Quercus* L. do troch podrodov, v rámci ktorých vyčlenil 15 sekcií. Duby na Slovenska sú zaradené do štyroch sekcií (*Roburoides, Robur, Dascia a Euceris*), v rámci ktorých je vylíšených už spomínaných 9 druhov dubov.

Dub plstnatý patrí do sekcie Dascia. Je nižší strom, ktorý dorastá do výšky 12–15 m, alebo má len kríkovitý vzrast. Koruna je pomerne široká, guľovitá, kmeň často krivolaký dorastajúci do hrúbky max. 0,5 m (LUKÁČIK 2006). Borka je černastá, rozpukaná v štvorcových alebo kosoštvorcových útvaroch. Jednoročné konáriky a listy sú typické svojim ochlpením (MAGIC 1974; POŽGAJ 1980). Najvýznamnejším znakom je plstnatosť spodnej strany listu, ktorá je prispôsobená k teplému a suchému stanovišťu.

Dub plstnatý je drevinou južnej Európy, kde rastie s výnimkou v južnej časti Pyrenejského polostrova. Na Slovensku priemerná horná hranica vertikálneho rozšírenia prebieha v nadmorskej výške 560 m n. m. (PAGAN 1999). Na Rokoši v Strážovských vrchoch vystupuje do výšky 980 m n. m. (BLATTNÝ, ŠŤASTNÝ 1959). Je výrazne sĺnna drevina, rastie v nížinách a pahorkatinách, na teplých a suchých stanovištiach, najmä na vápencoch, zriedkavejšie na andezitovom podloží, kde materská hornina často vystupuje na povrch. O jeho schopnosti odolávať extrémnym podmienkam (sucho a teplo) svedčí aj skutočnosť, že sa vyskytuje na strmých podhrebeňových, vypuklých svahoch a zbiehajúcich hrebeňoch, teda na najnepriaznivejších tvaroch reliéfu (POŽGAJ 1985). Význam duba

plstnatého nespočíva v produkcii drevnej hmoty, ale predovšetkým v jeho pôdoochrannej a vodohospodárskej funkcii (PAGAN 1999).

Prírodné pomery skúmaných území

Strážovské vrchy

Strážovské vrchy patria do pásma jadrových pohorí vnútorných Karpát, od ktorých sa odlišujú po štrukturálnej stránke. Vývoj a tvorbu pôd v tejto oblasti okrem karbonátových hornín ovplyvňovali aj sprašové hliny, ktoré tvoria prikrývku rôznej hrúbky alebo prímes v spodnej vrstve.

V oblastiach Chalmovej, Rokoša a Drieňového vrchu, kde boli založené výskumné plochy je to najmä typická rendzina na vápencovom a dolomitovom geologickom podloží, najmä na strmších svahoch, hrebienkoch a vypuklých svahoch. Pôdy sú vzhľadom na zrnitosť a vyššiu skeletnatosť malo vododržné a vzdušné. Na teplých výhrevných expozíciách sú presýchavé, čo sa prejavuje aj v zložení fytocenóz, v ktorých sa popri vápnomilných druhoch uplatňujú i druhy teplomilné a suchomilné (Kolektív 1980).

Územie patrí podľa fytogeografického členenia Slovenska (FUTÁK 1966) do oblasti západokarpatskej flóry (*Carpaticum occidentale*), obvodu predkarpatskej flóry (*Praecarpaticum slovacum*), ktorá nadväzuje na oblasť panónskej flóry a tvorí vlastne prechod medzi teplomilnou panónskou vegetáciou a vegetáciou centrálnych Karpát.

Drevinovú zložku tvoria hlavne druhy *Quercus pubescens*, *Quercus cerris*, *Quercus petraea*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus, Sorbus torminalis, Sorbus aria*, *Fraxinus ornus.*

V krovinovej vrstve prevládajú teplomilné kry ako *Cornus mas, Rosa canina, Crataegus monogyna*. V bylinnej vrstve sa vyskytujú najmä trávy *Melica uniflora*, *Brachypodium sylvaticum, Brachypodium pinnatum, Festuca valesiaca*, z bylín je to *Fragaria moschata, Viola riviniana, Teucrium chamaedrys, Galium molugo* (FUTÁK 1966).

Považský Inovec

Prevažná časť územia patrí do Vnútorných Západných Karpát, Fatransko-tatranskej oblasti, celku Považský Inovec. Pohorie je najmohutnejšie vo svojej severnej časti, susediacej so Strážovskými vrchmi. Z pôdnych typov prevládajú kambizeme, na vápencoch rendziny a v údoliach nivné a lužné lesy. V zložení vegetácie Považského Inovca prevládajú horské druhy, ale v nižších polohách na výhrevných vápencových a dolomitových svahoch sa nachádzajú druhy teplo až suchomilnej panónskej flóry. Na úpätí pohoria sa zachovali zvyšky dúbrav *s Quercus petraea, Quercus cerris, Acer campestre, Ulmus carpinofolia* a na najxerofilnejších miestach s *Quercus pubescens* (FUTÁK 1966). Trvalé výskumné plochy v tomto orografickom celku boli založené v LC Kočovce, vo zvernici Sochoň na území OZ Trenčín.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál hodnotený v predkladanej práci sa získal v orografickom celku Strážovské vrchy, kde sme založili tri trvalé výskumné plochy (TVP) a v orografickom celku Považský Inovec, kde sme založili dve TVP.

V rámci každej plochy sa urobil jej popis, ktorý obsahoval údaje o odštepnom závode (OZ), lesnom celku (LC), expozícii, sklone terénu, nadmorskej výške, umiestnení, veľkosti a charaktere plochy, zastúpení a veku drevín. Veľkosť všetkých TVP bola 0,25 ha.

Meranie taxačno-dendrometrických veličín

Na každej TVP sme merali hrúbku kmeňov $d_{1,3}$ (v cm), s presnosťou na 0,5 cm, výšku stromov (v m), s presnosťou na 0,1 m a výšku nasadenia korún (v m), s presnosťou na 0,1 m. Výšky stromov a výšky nasadenia korún boli merané pomocou výškomernej laty a ultrazvukovým výškomerom VERTEX III, hrúbky stromov dendrometrickou priemerkou podľa platných pravidiel priemerkovania. Vek jedincov *Quercus pubescens* sme zistovali z desiatich odobratých vývrtov na každej TVP s využitím programu WinDendro™ 2009b (Régent Instruments® ltd. CA).

Okrem kvantitatívnych znakov sa posudzovali aj vybrané kvalitatívne znaky – rast a priebeh kmeňa, typ borky, farba borky, hrúbka konárov 1. stupňa. Z každého jedinca sa odobrali listy, na ktorých sa na 30 kusoch merala dĺžka a šírka listovej čepele, dĺžka stopky a posudzoval sa tvar bázy a tvar vrcholu. Všetky merané znaky sa merali s presnosťou na 0,1 cm.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Základné údaje o založených plochách

TVP CHALMOVÁ

Plocha je založená v LC Vestenice, v dielci 781, ktorý patrí pod OZ Prievidza, v nadmorskej výške 250 m n. m. Svah je juhovýchodne orientovaný so sklonom 60 %. Priemerný vek porastu je 69 rokov.

Zastúpenie drevín: *Quercus pubescens* 50 %, *Acer campestre* 18 %, *Pyrus pyraster* 12 %, *Cerasus mahaleb* 8 %, *Quercus cerris* 7 %, *Fraxinus ornus* 5 %

Kríkovitý podrast: *Cornus mas, Rosa canina, Crataegus monogyna, Berberis vulgaris*

TVP DRIEŇOV VRCH

Plocha je založená v LC Vestenice, dielci 762, ktorý patrí pod OZ Prievidza, v nadmorskej výške 380 m n. m. Expozícia je južná s 80% sklonom. Priemerný vek porastu je 56 rokov.

Zastúpenie drevín: *Quercus pubescens* 77 %, *Sorbus torminalis* 12 %, *Pyrus pyraster* 6 %, *Quercus petraea* 5 %,

Kríkovitý podrast: *Cornus mas, Crataegus monogyna, Rosa canina*

TVP UHROVEC

Plocha je založená v LC Uhrovec, v dielci 117, ktorý patrí pod OZ Trenčín, v nadmorskej výške 417 m n. m. Expozícia je južná s 10% sklonom. Priemerný vek porastu je 71 rokov.

Zastúpenie drevín: *Quercus pubescens* 91 %, *Quercus cerris* 9 %

Kríkovitý podrast: *Fraxinus ornus, Viburnum lantana, Rosa canina, Ligustrum vulgare*

TVP SOCHOŇ 1

Plocha je založená v LC Kočovce, v dielci 518, ktorý patrí pod OZ Trenčín, v nadmorskej výške 413 m n. m. Expozícia je južná s 25% sklonom. Priemerný vek porastu je 116 rokov.

Zastúpenie drevín: *Quercus pubescens* 93 %, *Sorbus torminalis* 7 %

Kríkovitý podrast: *Cornus mas, Rosa canina*

TVP SOCHOŇ 2

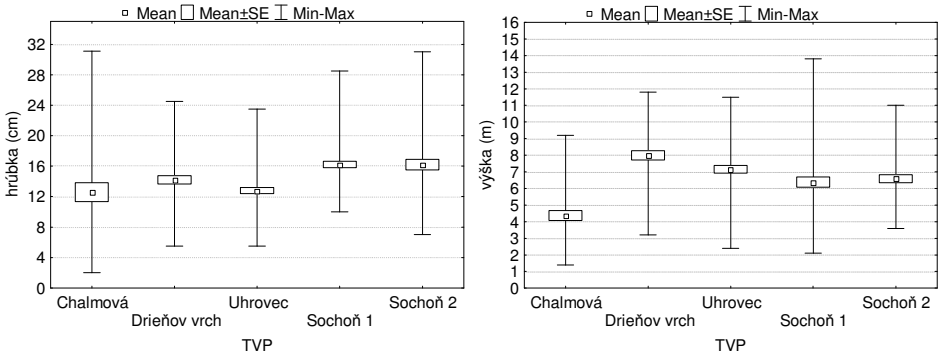
Plocha je založená v LC Kočovce, v dielci 517, ktorý patrí pod OZ Trenčín, v nadmorskej výške 435 m n. m. Expozícia je južná s 20% sklonom. Priemerný vek porastu je 75 rokov.

Zastúpenie drevín: *Quercus pubescens* 97 %, *Sorbus torminalis* 3 %

Kríkovitý podrast: *Cornus mas, Rosa canina, Viburnum lantana,*

Hodnotenie dendrometrických charakteristík

Z vykonaných analýz vyplynulo, že priemerné hodnoty hrúbok na TVP Chalmová, kde priemerný vek bol 69 rokov a na TVP Uhrovec 71 rokov sa pohybovali v rozpätí 12,6 do 12,8 cm. Na TVP Drieňov vrch bola priemerná hrúbka *Quercus pubescens* 14,2 cm, hoci priemerný vek bol len 56 rokov. V orografickom celku Považský Inovec bola priemerná hrúbka *Quercus pubescens* na obidvoch TVP rovnaká 16,2 cm a aj priemerná výška jedincov sa pohybovala v úzkom rozpätí od 6,4 do 6,6 m, pričom priemerný vek jedincov na TVP Sochoň 1 bol 116 rokov a na TVP Sochoň 2 len 75 rokov. Je samozrejmé, že na veľkosť taxačných veličín okrem veku vplýva viacero faktorov. Sú to predovšetkým pôdne a klimatické pomery, pričom dôležitú úloha zohráva aj ich sociologické postavenie jedincov na plochách a genetická podmienenosť (Obr. 1).



Obr. 1: Charakteristiky variačného rozpätia hrúbky a výšky *Quercus pubescens* na založených TVP.

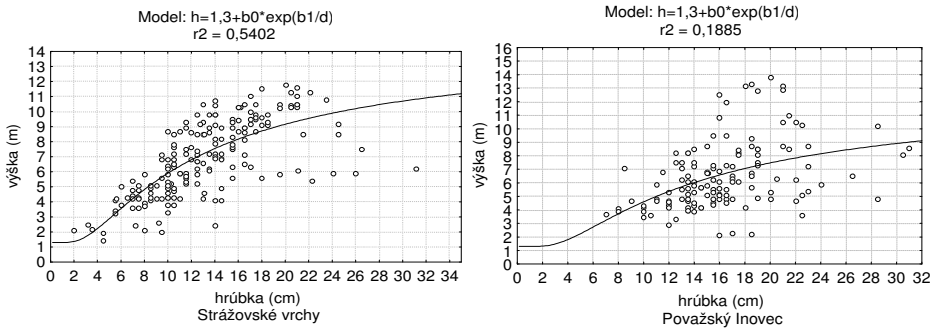
Fig. 1: *Range of diameter and height of Quercus pubescens on PRP.*

Závislosť výšky stromov od hrúbky

Závislosť výšky stromov od hrúbky sa pri *Quercus pubescens* vypočítala pre každý orografický celok. Na vyrovnanie tejto závislosti sa použila Michajlovova funkcia v tvare:

$$\text{výška} = 1{,}3 + a*e^{(b/\text{hrúbka})}$$

Z výsledkov vyplynulo, že v orografickom celku Strážovské vrchy ide o tesnejšiu závislosť s podielom vysvetlenej variability 54 %, v porovnaní s orografickým celkom Považský Inovec, kde ide o slabú závislosť s podielom vysvetlenej variability 19 %. Z priebehov výškových kriviek vidieť, že na TVP založených v Strážovských vrchoch pri hrúbke 32 cm dosahuje vyrovnaná výška stromov hodnoty 10,9 m, na TVP v Považskom Inovci pri hrúbke 32 cm, len 9,2 m. Uvedené závislosti sú uvedené na Obr. 2.



Obr. 2: Závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ *Quercus pubescens* (Willd.) v orografických celkoch.

Fig. 2: *Relationship between tree height and DBH of Quercus pubescens (Willd.) in the orographic units.*

Významnosť rozdielov medzi TVP

Významnosť rozdielov medzi TVP v priemernej hrúbke a v priemernej výške sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie. Tieto sa následne otestovali Duncanovým testom. Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú hrúbku aj výšku *Quercus pubescens* vyplynulo, že faktor lokality má štatisticky významný vplyv na tieto veličiny. Podľa výsledkov Duncanovho testu neexistuje z hľadiska priemernej hrúbky významný rozdiel medzi TVP založenými v lokalite Strážovské vrchy (Chalmová, Drieňov vrch, Uhrovec), ktoré tvoria jednu homogénnu skupinu. Od týchto sa významne líšia TVP Sochoň 1 a Sochoň 2 založené v Považskom Inovci.

Z Duncanovho testu pre priemernú výšku vyšli tri rozdielne skupiny. Jednu homogénnu skupinu tvoria TVP Sochoň 1, Sochoň 2 a Uhrovec, druhú samostatnú skupinu TVP Chalmová a tretiu TVP Drieňov vrch (Tab. 1, Tab. 2).

Premenlivosť znakov kmeňa

Zo znakov kmeňa sa posudzovali najmä jeho rast a priebeh, typ borky, farba borky a hrúbka konárov I. stupňa. Z našich hodnotení vyplynulo, že na všetkých založených plochách sa najčastejšie vyskytovali pokrivené kmene (v priemere 51 %). Z uvažovaných tvarov borky najväčšie % zastúpenie mala silno rozpukaná až odlupčivá borka (54 %) s tmavosivým sfarbením (49 %). Konáre I. stupňa boli väčšinou tenké (v mieste nasadenia do 1/3 hrúbky kmeňa), ktoré sa vyskytovali u 42 % hodnotených jedincov. Táto skutočnosť je pravdepodobne v priamej súvislosti s charakterom porastov a konkrétnym výskytom jedincov duba plstnatého na založených plochách.

Tab. 1: Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú hrúbku *Quercus pubescens* na založených plochách.

Tab. 1: *Results of Duncan´s test (homogeneous groups) for DBH of Quercus pubescens.*

Názov plochy *Plot ID*	**Homogénna skupina** *Homogenous group*	
	1	**2**
Chalmová	A	
Uhrovec	A	
Drieňov vrch	A	
Sochoň 2		B
Sochoň 1		B

Tab. 2: Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú výšku *Quercus pubescens* na založených plochách.

Tab. 2: *Results of Duncan´s test (homogeneous groups) for height of Quercus pubescens.*

Názov plochy *Plot ID*	**Homogénná skupina** *Homogenous group*		
	1	**2**	**3**
Chalmová		B	
Sochoň 1	A		
Sochoň 2	A		
Uhrovec	A		
Drieňov vrch			C

Premenlivosť znakov listov

Zo znakov listov sa hodnotila dĺžka a šírka listovej čepele, dĺžka stopky, počet lalokov, tvar bázy a vrcholu listovej čepele. Najmä dĺžka listovej čepele sa v minulosti ukázala ako dôležitý diferenčný znak pri systematickom zatrieďovaní druhu *Quercus pubescens* (LUKÁČIK 2006). Z priemerných hodnôt meraných znakov možno vidieť že priemerná dĺžka listovej čepele zo všetkých meraných listov je 9,7 cm keď kolíše v rozpätí 5,4–14,6 cm. Priemerná šírka listovej čepele má hodnotu 5,4 cm a pohybuje sa v rozpätí 3,2–11,2 cm. Dĺžka stopky varíruje od 0,5–2,3 cm.

Aj laločnatosť listov je dôležitým znakom v systematike rodu *Quercus.* Ide o výbežok listu do ktorého smerujú žily II. stupňa. Priemerný počet lalokov u hodnotených listov bol deväť, keď sa pohyboval od 7 do 14.

Tvar bázy listovej čepele bol vo väčšine prípadov uťatý (53 %), menej klinovitý (28 %) a laločnatý (19 %). Listová čepeľ bola vo väčšine prípadov zakončená tzv. trojzubom (75 %) alebo oblúkom – 25 % (Tab. 3).

Tab. 3: Biometrické znaky listov *Quercus pubescens* na TVP.

Tab. 3: *Biometrical traits of leafs Quercus pubescens on PRP.*

TVP[1]	**Počet listov[2]**	**Dĺžka listu**		**Šírka listu**		**Dĺžka stopky**		**Počet lalokov[9]**
		rozpätie[3]	**priemer[4]**	**rozpätie[5]**	**priemer[6]**	**rozpätie[7]**	**priemer[8]**	
	[ks]	**[cm]**	**[cm]**	**[cm]**	**[cm]**	**[cm]**	**[cm]**	**[ø ks]**
Chalmová	30	8,0–14,6	10,7	3,8–8,1	5,5	0,8–1,8	1,3	9
Drieňov vrch	30	5,4–15,5	9,5	3,4–11,2	5,7	0,5–2,0	1,1	9
Uhrovec	30	5,7–12,7	8,8	3,2–7,9	4,9	0,4–2,0	1,1	9
Sochoň 1	30	5,5–13,5	9,9	3,3–8,4	5,6	0,7–2,3	1,4	9
Sochoň 2	30	5,5–14,3	9,5	3,2–7,0	5,2	0,5–1,8	1,3	10
Σ ks / ø	150	5,4–14,6	9,7	3,2–11,2	5,4	0,5–2,3	1,2	9

[1]plot, [2]number of stems, [3]height range, [4]average height, [5]range of d.b.h., [6]average d.b.h., [7]average age

DISKUSIA A ZÁVER

Cieľom predkladanej práce bolo získať a spracovať dostupné informácie o zložení, rastových vlastnostiach, vzájomných závislostiach a variabilite kvalitatívnych a kvantitatívnych znakov duba plstnatého (*Quercus pubescens*) v dvoch orografických celkoch na piatich založených TVP.

Dub plstnatý (*Quercus pubescens*) bol dominantnou drevinou na všetkých založených plochách. Je to najtypickejšia drevina spoločenstiev lesostepného charakteru podľa viacerých autorov (PAGAN 1996; MAGIC 2000; LUKÁČIK 2006 a iní). Je to výrazne sĺnna

drevina, ktorá dobre rastie v riedkych, presvetlených porastoch. Vo väčšine prípadov sú tieto porasty viazané na pôdy vznikajúce na karbonátových horninách dobre zásobených bázami (horčík, vápnik), ktoré najmä počas vegetačného obdobia trpia nedostatkom vlahy (POŽGAJ 1985). V orografickom celku Strážovské vrchy sme na troch TVP hodnotili 190 jedincov a v orografickom celku Považský Inovec na dvoch TVP 137 jedincov *Quercus pubescens.* Pri porovnaní štrukturálnej diverzity rôznych spoločenstiev drevín možno konštatovať, že výsledky našich meraní nielen doplnili doterajšie poznatky o rastových schopnostiach drevín na rôznych stanovištiach (GUBKA 1997; BUGALA 2009; SANIGA et al. 2009, BUGALA, PITNER 2010), ale priniesli aj mnohé originálne informácie, týkajúce sa hodnotenej dreviny.

Na základe odobratých vývrtov z každej TVP sme určili presný vek jedincov *Quercus pubescens* grafickou metódou prostredníctvom programu WinDendro™ 2009b (Régent Instruments® ltd. CA).

Z doterajších poznatkov vyplýva, že *Quercus pubscens* je variabilný takmer u každého morfologického znaku (MATYÁS 1970; MAGIC 1975; POŽGAJ 1980; POŽGAJ, HORVÁTHOVÁ 1986 ai.). Táto variabilita sa vysvetľuje vzájomným krížením jednotlivých druhov, nedostatočnými reprodukčnými bariérami (OSTROLUCKÁ, KRIŽO 1989) a existenciou množstva ekotypov. Podľa POŽGAJA a HORVÁTHOVEJ (1986) za najdôležitejšie diferenčné znaky u duba plstnatého možno považovať dĺžku a šírku listovej čepele, dĺžku listovej stopky a dĺžku stopky čiašky. Priemerná dĺžka listu pri našich hodnoteniach bola 9,7 cm, pričom POŽGAJ (1986) a LUKÁČIK (2006) uvádzajú dĺžku listu 6,9 cm. Aj priemerná šírka listovej čepele bola o 1 cm väčšia. Priemerná dĺžka stopky bola 1,2 cm, čo je o 0,3 cm viac ako uvádzajú spomínaní autori. Zistené tvary bázy a zakončenia listovej čepele sa zhodujú s údajmi, ktoré uvádzajú POŽGAJ (1980, 1985) a POŽGAJ, HORVÁTHOVÁ (1986). Počet lalokov spomínaní autori neuvádzajú. Namerané hodnoty jednotlivých znakov v mnohom rozšírili doterajšie poznatky o variabilite a nárokoch duba plstnatého prirodzene rastúceho v orografických celkoch Strážovské vrchy a Považský Inovec. Môžu však byť vhodným podkladovým materiálom pri jeho determinácii najmä v oblastiach, kde sa vyskytujú aj ďalšie druhy zo sekcie *Dascia*, predovšetkým dub jadranský (*Quercus virgiliana*) a dub balkánsky (*Quercus fraineto*).

Poďakovanie

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

LITERATÚRA

BALLIAN, D. – MEMISEVIC, M. – BOGUNIC, F. – BASIC, N. – MARKOVIC, M. – KAJBA, D. (2010): Morphological variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the region of Croatia and Western Balkans. Sumarski list, 7–8: 371–386.

BLATTNÝ, T. – ŠŤASTNÝ, T. (1959): Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava, 402 s.

BUGALA, M. (2009): Rozbor kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotný stav prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) v Levočských vrchoch. In: Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Štefančík, I. (ed.), NLC, Zvolen, s. 149–157.

BUGALA, M. – PITTNER, J. (2010): Analýza štrukturálnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 52: 1: 43–54.

ĎURIŠ, M. – LUKÁČIK, I. (2010): Lesostepné spoločenstvá vo vybranej oblasti Krupinskej planiny. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 52: 1: 71–87.

FUTÁK, J. (1966): Flóra Slovenska. Slovenská Akadémia vied, Bratislava, 602 s.

GUBKA, K. (1997): Vplyv expozície na štruktúru ochranných lesov na lokalite Podurch (OLZ Smolenice). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 39: 107–118.

LUKÁČIK, I. (2006): Dub plstnatý (*Quercus pubescens* Willd.) v Malých Karpatoch. In: Stabilizace funkcií lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M. (eds.), VÚLHM, VS Opočno, s. 39–47.

LUKÁČIK, I. – ĎURIŠ, M. (2012): Rastové charakteristiky dominantných druhov drevín v lesostepných spoločenstvách Krupinskej planiny a Strážovských vrchov. In: Pestovanie lesa v strednej Európe. Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), s. 181–191.

MAGIC, D. (1974): Poznávame ďalšie druhy dubov v našich lesoch. Les, 30: 244–252.

MAGIC, D. (1975): Taxonomické poznatky z doterajšieho výskumu dubov v Západných Karpatoch. Biológia, 30: 65–74.

MAGIC, D. (2000): Premenlivosť dubov a niektoré ich nové taxóny na Slovensku. In: Arboréta – premenlivosť a introdukcia drevín. Lipták, I., Lukáčik, I. (eds.), Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 27–37.

MATYÁS, V. (1970): Taxa nova *Quercetum* Hungariae. Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae, 16: 3–4: 329–361, (Akadémia Kiadó, Budapest).

OSTROLUCKÁ, M. G. – KRIŽO, M. (1989): Biológia samčích reprodukčných orgánov druhov rodu *Quercus* L. Veda, Bratislava, 136 s.

PAGAN, J. (1999): Lesnícka dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene, 378 s.

POŽGAJ, J. (1980): Variabilita vybraných druhov rodu *Quercus* na Slovensku. Záverečná výskumná správa za úlohu VI-5-1/4b (časť A). SAV, Bratislava, 143 s.

POŽGAJ, J. – HORVÁTHOVÁ, J. (1986): Variabilita a ekológia druhov rodu *Quercus* L. na Slovensku. Veda, Bratislava, 150 s.

POŽGAJ, J. (1985): K voprosu izučenija duba pušistogo (*Quercus pubescens* Willd.) v Slovakii. Folia Dendrologica, 12: 43–66.

SANIGA, M. – BALANDA, M. – JALOVIAR, P. (2009): Výskum štruktúry, produkcie, nekromasy, rizológie a regeneračných procesov prírodných lesov Slovenska. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 51: 3: 77–88.

Adresa autorov

Ing. MARIAN ĎURIŠ

doc. Ing. IVAN LUKÁČIK, CSc.

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra pestovania lesa

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: marian.duris@tuzvo.sk ivan.lukacik@tuzvo.sk

První výsledky z výchovy směsí douglasky tisolisté

Douglas-fir mixed stands thinning – preliminary results

DAVID DUŠEK – JIŘÍ NOVÁK – MARIAN SLODIČÁK

Abstract

Two experiments were established in young Douglas-fir mixed stands in 2010 and 2011 in order to assess reaction of Douglas-fir stands to thinning. Polánky experiment consists of two blocks with two treatments: thinning and control. The experiment was established in 17-year-old stand of natural regeneration origin. Species composition comprised of Douglas-fir, Norway spruce and Scots pine. Písek experiment was established in 25-year-old stand of artificial regeneration origin. Species composition comprised of Douglas-fir, Norway spruce and a small portion of Grand-fir. The experimental design and treatment structure was the same as in the Polánky experiment. Only preliminary results based on 3-years-long investigation is presented. Thinning resulted in greater diameter increment of all species. Norway spruce and Scots pine diameter increment was greater than Douglas-fir increment. Douglas-fir basal area increment was lower in thinned plots, but was sufficiently compensated by increment of other species of the mixture.

Keywords: *Douglas-fir, thinning, mixed species composition*

Abstrakt

V roce 2010 a 2011 byly založeny dva experimenty za účelem zjištění reakce směsi douglasky s jinými dřevinami na výchovné zásahy. Experiment Polánky byl založen ve dvoublokovém designu s variantami kontrola a výchova. Experiment byl založen v 17letém porostu vzniklém z přirozené obnovy, kde je kromě douglasky také zastoupen smrk a borovice. Experiment Písek byl založen ve stejném designu jako experiment Polánky v 25letém porostu vzniklém umělou obnovou. Je zde významnější zastoupení smrku a menší zastoupení jedle obrovské. V příspěvku jsou prezentovány pouze předběžné výsledky založené na tříletém sledování. Zásahy vedly ke zvýšenému tloušťkovému přírůstu všech dřevin. Smrk a borovice svým přírůstem předčily douglasku. Přírůst kruhové základny douglasky byl nižší na vychovávané variantě, ale byl dostatečně kompenzován přírůstem ostatních dřevin v porostní směsi.

Klíčová slova: douglaska tisolistá, porostní výchova, smíšené porosty

ÚVOD

Douglaska tisolistá je v zemích západní a střední Evropy nejrozšířenější cizokrajnou dřevinou (ŠINDELÁŘ, BERAN 2004). Svou objemovou produkcí předčí naši hospodářsky nejdůležitější dřevinu smrk (HOFMAN 1964; KANTOR 2008; TAUCHMAN et al. 2010), je relativně odolná vůči antropogenní zátěži, v našich podmínkách není výrazněji ohrožována škodlivými abiotickými či biotickými faktory. Pravděpodobně také nemá výrazně negativní vliv na půdu (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; PODRÁZSKÝ et al. 2010). Je také dobře doložen její

značný potenciál k přirozené obnově, přinejmenším na kyselých stanovištích druhého a třetího lesního vegetačního stupně (BUŠINA 2007; KANTOR et al. 2010).

Přestože v některých evropských zemích jako Německo, Francie nebo Velká Británie není její pěstování výrazněji omezováno, je podíl douglasky na druhové skladbě lesů v České republice minimální a v současnosti nepřesahuje 0,2 % výměry našich lesů. Douglaska přitom velmi dobře splňuje požadavky kladené na lesní dřeviny přicházející v úvahu pro introdukci. Kromě rozsahu a uplatnění douglasky v našich lesích zůstává otevřenou otázkou zakládání jejích vhodných porostních směsí s jinými dřevinami.

Od roku 2010 jsou v rámci projektu NAZVQI112A172 „Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR“ zakládány experimenty s výchovou mladých douglaskových porostů ve směsi dalších dřevin. Příspěvek se zabývá prvními a velmi předběžnými výsledky výchovných zásahů provedených na dvou experimentech: Polánky ve východních Čechách a Písek v jižních Čechách.

Cílem příspěvku je vyhodnocení růstové reakce douglasky v prvním resp. druhém roce po výchovném zásahu. Pozornost je věnována tloušťkovému přírůstu, vývoji středního kmene a výčetní kruhové základny. Naše pracovní hypotéza předpokládá akceleraci tloušťkového přírůstu na uvolněných stromech po výchovném zásahu, vedoucí k rychlejšímu dosažení komerčně zajímavých sortimentů a k současnému snížení štíhlostního kvocientu stromů (resp. snížení rychlosti jeho nárůstu), a tím ke snížení rizika poškození porostů sněhem a větrem.

MATERIÁL A METODIKA

Experiment Polánky se nachází ve východních Čechách nedaleko obce Třebechovice pod Orebem. Porost vznikl z přirozené obnovy na stanovišti SLT 2K v nadmořské výšce cca 260 m. Vedle douglasky je zde významné zastoupení smrku a borovice. V roce založení experimentu (2010) dosahoval porost věku 17 let. Experiment byl založen jako znáhodněné bloky ve dvou replikacích (blocích) se dvěma variantami experimentálního zásahu – kontrola a silný výchovný zásah spočívající v odstranění 69 a 50 % stromů představujících 58 a 52 % výčetní kruhové základny. Druhý blok se liší především vysokým podílem borovice na úkor smrku, menší dostupností vláhy, nižší počáteční střední porostní výškou (5,5 m – blok I, 9,5 m – blok II) i výčetní tloušťkou a vyšším počtem stromů (Tab. 1). Velikost jednotlivých ploch činí 0,04 ha.

Experiment Písek byl založen na školním polesí Hůrky (SLŠ Písek) v roce 2011. Porost douglasky vznikl umělou obnovou na stanovišti SLT 3K se směsí smrku a menším podílem jedle obrovské. Nadmořská výška činí 450 m. V roce založení experimentu dosahoval porost věku 25 let. Experimentální design je identický s experimentem Polánky. Výchovným zásahem bylo odstraněno cca 50 a 52 % stromů obou hlavních dřevin, což představuje 68 a 65 % výčetní kruhové základny. Počáteční střední porostní výška činila 17,5 (blok I) a 15,5 m (blok II).

V letech 2010–2012 (Polánky) a 2011–2012 (Písek) byly měřeny výčetní tloušťky všech stromů s přesností 0,1 cm a výšky cca 30 douglasek s přesností cca 0,5 m. Výškové křivky byly vypočítány dle NÄSLUNDA (1937).

Statistická analýza tloušťkového ročního přírůstu středního kmene a přírůstu na výčetní kruhové základně byla provedena za pomocí lineárního modelu se smíšenými efekty (PINHEIRO, BATES 2000) metodou REML (restricted maximum likelihood). Pro dosažení

aditivního modelu byly přírůsty transformovány na logaritmickou škálu. Při interpretaci klademe důraz na výpočet velikosti efektu a jeho konfidenčního intervalu namísto výpočtu hodnoty p-value, která je asociována s biologicky krajně nepravděpodobnou nulovou hypotézou o neexistenci efektu. Konfidenční intervaly pro štíhlostní kvocient byly vypočítány na základě neparametrického bootstrapu (DAVISON, HINKLEY 1997). Analýzy byly provedeny v statistickém programovacím jazyce R (R Development Core Team 2011).

Tab. 1: Vývoj hlavních porostních parametrů.

Tab. 1: *Development of main stand variables.*

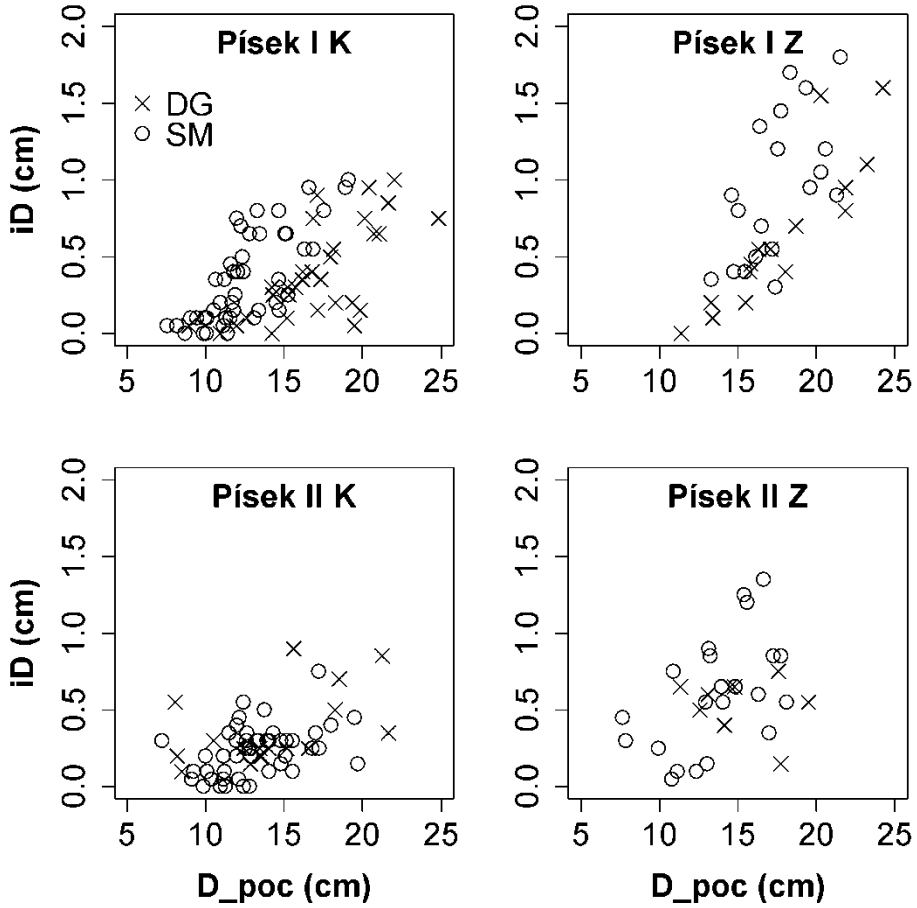
		věk *age*	Dg [cm]		G [m².ha⁻¹]			N [ks.ha⁻¹]		
			dg[3]	sm[4]	dg	sm	celkem[6]	dg	sm	celkem
Písek I K	SP 1	25	17,5	12,4	18,5	16,3	35,7	775	1 350	2 175
	HP 2	25	17,5	12,9	18,5	14,7	34,0	775	1 125	1 950
	SP	26	17,9	13,3	19,5	15,6	35,9	775	1 125	1 950
Písek I Z	SP	25	15,6	15,1	13,4	18,3	32,8	700	1 025	1 875
	HP	25	18,2	17,7	9,7	11,7	21,8	375	475	900
	SP	26	18,9	18,7	10,5	13,0	24,0	375	475	900
Písek II K	SP	25	14,8	12,8	7,3	17,2	33,4	425	1 325	2 325
	HP	25	14,8	13,5	7,3	16,7	32,9	425	1 175	2 125
	SP	26	15,2	13,8	7,7	17,5	34,4	425	1 175	2 125
Písek II Z	SP	25	12,6	11,8	6,9	12,3	31,9	550	1 125	2 400
	HP	25	15,3	14,0	4,1	8,4	23,4	225	550	1 150
	SP	26	15,8	14,6	4,4	9,2	25,3	225	550	1 150
Polánky I K	SP	17	9,0	8,0	20,3	3,5	24,6	3 200	700	4 000
	HP	17	9,0	8,0	20,2	3,5	24,6	3 175	700	3 975
	SP	18	9,3	8,5	21,6	4,0	26,6	3 175	700	3 975
	SP	19	9,6	9,1	23,2	4,6	28,9	3 175	700	3 975
Polánky I Z	SP	17	7,9	6,9	20,4	0,7	22,2	4 150	200	4 625
	HP	17	9,2	6,4	8,6	0,4	9,1	1 300	125	1 475
	SP	18	9,9	7,1	10,0	0,5	10,5	1 300	125	1 475
	SP	19	10,5	8,5	11,3	0,6	11,9	1 300	125	1 450
				bo[5]		bo			bo	
Polánky II K	SP	17	4,8	7,4	10,4	7,2	18,3	5 775	1 700	7 700
	HP	17	4,8	7,4	10,2	7,2	18,0	5 625	1 700	7 550
	SP	18	5,0	8,0	11,2	8,6	20,4	5 625	1 700	7 550
	SP	19	5,1	8,8	11,3	10,4	22,6	5 500	1 700	7 425
Polánky II Z	SP	17	4,6	6,3	6,9	12,4	19,4	4 150	3 925	8 175
	HP	17	4,8	6,3	3,7	6,0	9,8	2 100	1 900	4 075
	SP	18	5,1	7,0	4,3	7,4	11,8	2 100	1 900	4 075
	SP	19	5,3	8,0	4,7	9,6	14,5	2 100	1 900	4 075

[1]sdružený porost, [2]hlavní porost, [3]douglaska, [4]smrk, [5]borovice

[1]before thinning, [2]after thinning, [3]Douglas-fir, [4]Norway spruce, [5]Scots pine, [6]total

VÝSLEDKY

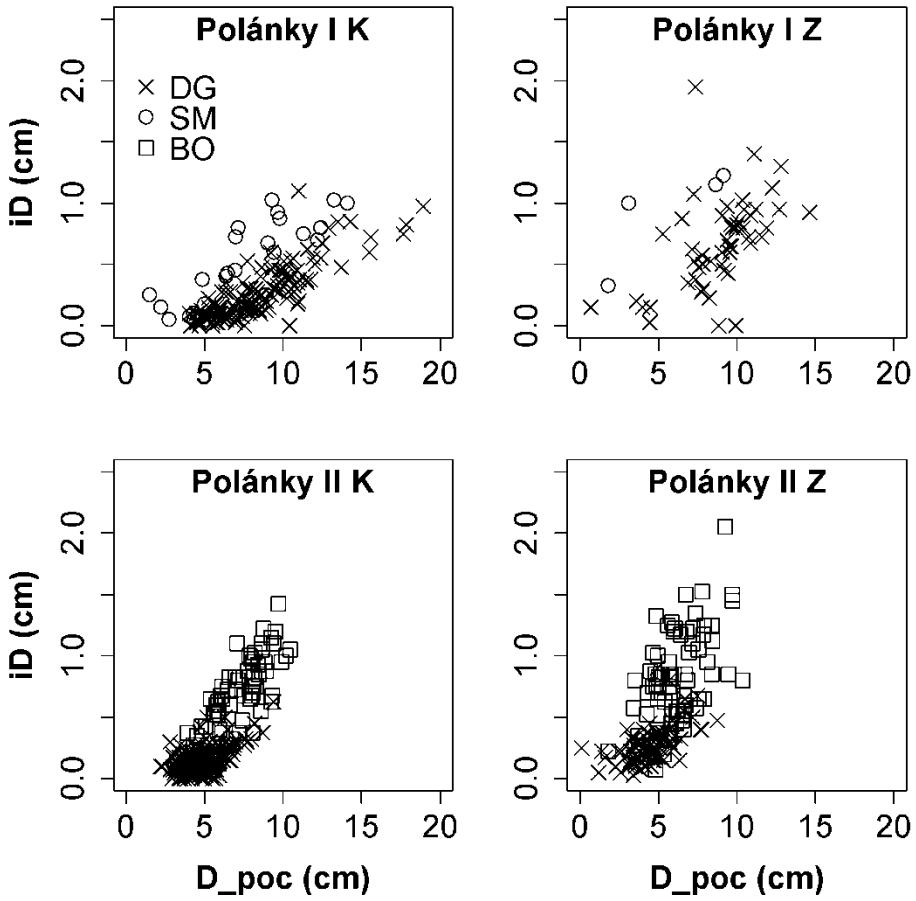
Tloušťkový přírůst smrku převyšoval přírůst douglasky (Písek I, Polánky I) nebo byl víceméně srovnatelný (Obr. 1, Obr. 2). Tloušťkový přírůst borovice na experimentu Polánky II zřetelně převyšoval přírůst douglasky na kontrolní i zásahové ploše (Obr. 2). Vyšší přírůst borovice a smrku nelze vysvětlit pouze jejich průměrně vyšší iniciální výčetní tloušťkou a lze konstatovat, že v této fázi vývoje v konkrétních sledovaných porostech smrk a borovice douglasku v růstu předčí.



Obr. 1: Roční tloušťkový přírůst (iD) stromů v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce (D_poc) na kontrolních (K) a zásahových (Z) plochách

Fig. 1: *Relationship between initial tree diameter (D_poc) and annual tree diameter increment (iD) in the control (K) and thinned (Z) plots; DG – Douglas-fir, SM – Norway spruce*

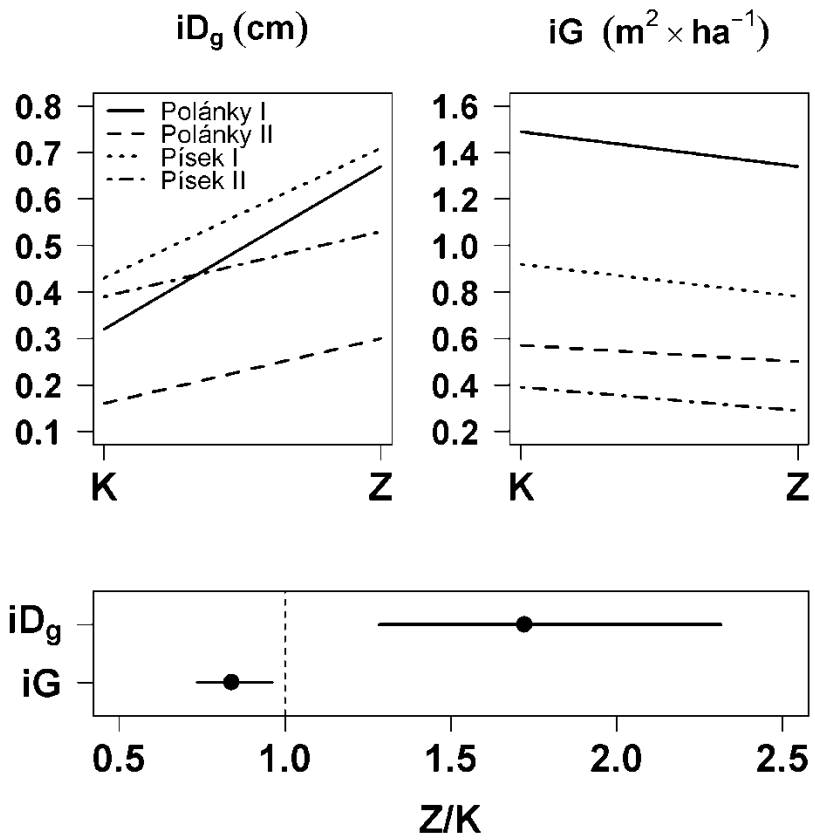
Výchovný zásah vedl ke zvýšenému tloušťkovému přírůstu všech dřevin. Tloušťkový přírůst středního kmene činil na zásahových plochách v průměru 1,7násobek přírůstu kontroly u DG, 2,2násobek u SM a 1,2násobek u BO.



Obr. 2: Roční tloušťkový přírůst (iD) stromů v závislosti na jejich počáteční výčetní tloušťce (D_poc) na kontrolních (K) a zásahových (Z) plochách

Fig. 2: *Relationship between initial tree diameter (D_poc) and annual tree diameter increment (iD) in the control (K) and thinned (Z) plots; DG – Douglas-fir, SM – Norway spruce*

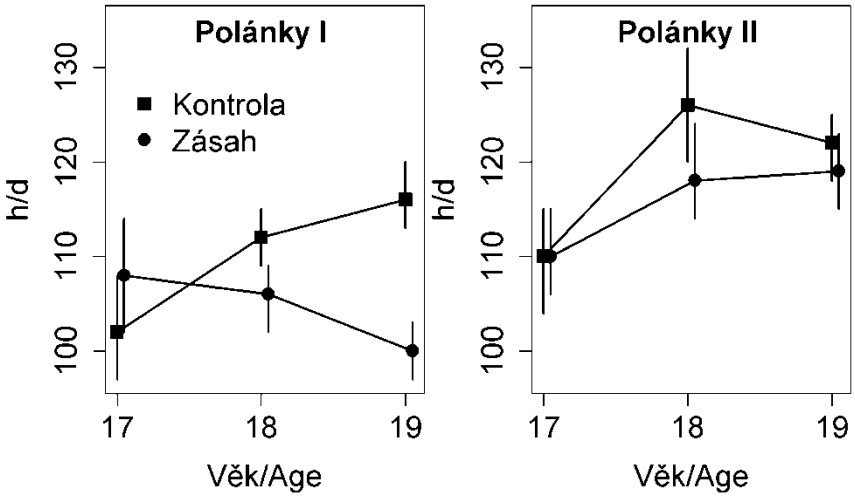
Přírůst na kruhové základně DG představoval u zásahových ploch v průměru pouze 0,8násobek kontroly (Obr. 3). Přírůst na kruhové základně po započtení ostatních dřevin byl vyšší na vychovávaných plochách (1,03–1,3násobek kontroly) s výjimkou experimentu Polánky I (0,7násobek kontroly), kde na zásahové ploše dominovala douglaska, a podíl dalších dřevin byl minimální.



Obr. 3: Roční přírůst tloušťky středního kmene douglasky (iDg) a její výčetní kruhové základny (iG) a podíl přírůstu zásahové varianty ke kontrolní (dole) s 95% intervaly spolehlivosti.

Fig. 3: *Annual increment of Douglas-fir mean stem (iDg) and basal area (iG) and thinned/control (Z/K) increment ratio with 95% confidence intervals.*

Hodnocení vývoje štíhlostního kvocientu je vzhledem k relativně nízké přesnosti zjišťování výšek a krátké době šetření obtížné. Nicméně vývoj štíhlostního kvocientu na experimentu Polánky, kde lze vycházet ze tříletého měření, ukazuje na jeho snížení (Polánky I) nebo alespoň zbrzdění jeho nárůstu (Polánky II) na vychovávaných plochách (Obr. 4).



Obr. 4: Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene (h/d) na experimentu Polánky s 95% intervaly spolehlivosti.

Fig. 4: *Development of mean stem slenderness quotient (h/d) in the Polánky experiment with 95% confidence intervals.*

DISKUSE

Poznatky o výchově mladých douglaskových porostů a uplatnění douglasky ve směsích v podmínkách ČR jsou poměrně sporé. HOFMAN (1964) uvádí jako perspektivní směs douglasky s jedlí obrovskou. Borovice je podle něj douglaskou brzy předrůstána, což se zatím v našem experimentu (Polánky II) neprojevilo a přírůst borovice zde převyšuje přírůst douglasky. U smrku uvádí možnost jeho předrůstání douglasky tam, kde je smrk ve svém optimu. ŠINDELÁŘ a BERAN (2004) uvádějí, že směsi douglasky se smrkem nejsou v podmínkách ČR většinou hodnoceny pozitivně a že douglaska smrk záhy předrůstá. Předrůstání smrku douglaskou uvádějí také BARTOŠ a KACÁLEK (2011) u výsadeb na bývalých zemědělských půdách v předhůří Orlických hor.

REUKEMA (1975) doporučuje zahájit první „předkomerční" probírky v douglaskových porostech při střední porostní výšce 3–5 m, ve věku 10–15 let, přičemž síla zásahu je odvislá od požadované střední tloušťky při těžbě prvních komerčně použitelných sortimentů. Pokud je např. žádoucí dosažení tloušťky 20 cm, měl by předkomerční zásah vést k redukci hektarového počtu jedinců na 1000 ks, při požadované tloušťce 25 cm k redukci na 750 ks. Z tohoto pohledu lze námi provedené výchovné zásahy považovat za opožděné a mírné, ačkoli výše citovaná doporučení se vztahují k čistým douglaskovým porostům v podmínkách USA a jejich uplatnění v podmínkách střední Evropy není spolehlivě ověřeno.

OMULE (1985) uvádí, že výchovné zásahy v mladých douglaskových porostech rezultovaly ve vyšší tloušťkový přírůst na tlustších stromech vyjádřeno v absolutní hodnotě, ale v relativním (procentickém) vyjádření profitovaly z výchovného zásahu více stromy

nižších tlouštěk. V naší studii byla nalezena výrazná pozitivní korelace mezi počáteční výčetní tloušťkou stromu a jeho přírůstem, ale v procentickém vyjádření žádný vztah mezi počáteční tloušťkou a přírůstem nalezen nebyl. Hodnocení kvality dřeva douglasky ve vztahu k porostní výchově, jež provedli TODARO a MACCHIONI (2011) v jižní Itálii neukazuje na relevantní zhoršení kvality dřeva v souvislosti s výchovnými zásahy.

OMULE (1985) na základě experimentů s porostní výchovou mladých douglaskových porostů v Britské Kolumbii uvádí, že výchovné zásahy vedly ke zvýšení tloušťkového přírůstu bez znatelného ovlivnění přírůstu výškového. Naopak STEELE (1955) po 42 letech sledování experimentu v jihozápadním Washingtonu uvádí, že výchova započatá v devítiletém douglaskovém porostu vedla k výrazně vyššímu výškovému přírůstu ve srovnání s kontrolou.

ZÁVĚR

Na základě prvních předběžných výsledků lze konstatovat že:

- Výchovné zásahy vedly ke zřetelné akceleraci tloušťkového přírůstu douglasky i dalších přimísených dřevin (SM, BO).
- Tloušťkový přírůst smrku a borovice převyšoval ve sledovaném období přírůst douglasky.
- Přírůst douglasky na kruhové základně na plochách po výchovných zásazích zaostával za přírůstem kontrolních ploch, ale přírůst dalších dřevin ve směsi tento propad kompenzoval.
- Lze konstatovat pravděpodobné mírné zlepšení štíhlostního kvocientu na variantě s výchovou.

LITERATURA

BARTOŠ, J. – KACÁLEK, D. (2011): Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. Zprávy lesnického výzkumu, 56: Special: 6–13.

BUŠINA, F. (2007): Natural regeneration of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in forest stands of Hůrky Training Forest District, Higher Forestry School and Secondary Forestry School in Písek. Journal of Forest Science, 53: 1: 20–34.

DAVISON, A. C. – HINKLEY, D. V. (1997): Bootstrap Methods and their Application. Cambridge University Press, Cambridge, 594 s.

HOFMAN, J. (1964): Pěstování douglasky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 254 s.

KANTOR, P. (2008): Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science, 54: 7: 321–332.

KANTOR, P. – BUŠINA, F. – KNOTT, R. (2010): Postaveni douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*/Mirb./Franco) a její přirozená obnova na školním polesí Hůrky středních lesnických škol Písek. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 4: 251–263.

NÄSLUND, M. (1937): Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. In: Meddelanden fran Statens Skogsförsöksanstalt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens. Stockholm, 29: 121–169.

OMULE, S. Y. A. (1985): Response of coastal Douglas-fir to precommercial thinning on a site in British Columbia. B. C. Ministry of Forests, Research Note 100, 56 s.

PINHEIRO, J. C. – BATES, D. M. (2000): Mixed-effect models in S and S-PLUS. Springer, New York, 548 s.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2008): Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu, 53: 1: 29–36.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – TAUCHMAN, P. – HART, V. (2010): Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 1: 12–18.

R Development Core Team (2011): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

REUKEMA, D. L. (1975): Guidelines for precommercial thinning of Douglas-fir. USDA Forest Service General Technical Report, 30, 10 s.

STEELE, R. W. (1955): Thinning Nine-Year-Old Douglas Fir by Spacing and Dominance Methods. Northwest Science, 29: 2: 84–89.

ŠINDELÁŘ, J. – BERAN, F. (2004): K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady: 34 s.

TAUCHMAN, P. – HARTL, V. – REMEŠ, J. (2010): Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirbel]Franco) s porostem smrku ztepilého (*Picea abies* L. Karst) a stanovištně původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 3: 187–194.

TODARO, L. – MACCHIONI, N. (2004): Wood properties of young Douglas-fir in Southern Italy: result over a 12-year post-thinning period. European Journal of Forest Research, 130: 251–261.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci podpory projektu NAZVQI112A172 „Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR“ a projektu MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

Adresa autorů

Ing. DAVID DUŠEK

Ing. JIŘÍ NOVÁK, Ph.D.

doc. RNDr. MARIAN SLODIČÁK, CSc.

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

e-mail: dusek@vulhmop.cz

Výškové postavenie jedle bielej a smreka obyčajného v štruktúre výberkových lesov

Height position of silver fir and Norway spruce in selection forest structure

JÁN JAĎUĎ

Abstract

The study deals with the analysis of vertical structure of three types of selection forests. Two compartments are characterized with ideal selection structure (631 – production function and 632c – protective function). One compartment (606 with protective function) represents the structure in advanced phase of the conversion to the selection forest. Results confirmed that there are no significant differences between heights of individuals in lower and upper layer in any compartments. Significant differences between fir and spruce heights were confirmed only in compartments 632c and 606 in the middle layer. We found that fir is more independent in height growth than spruce in middle layer. The Gini coefficient values are higher in compartments with structure of selection forest. These values confirmed their stronger vertical differentiation.

Keywords: *selection forest, fir, spruce, height position, Gini coefficient*

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá analýzou vertikálnej štruktúry troch typov výberkových lesov. Dva porasty sú charakterizované ideálnou výberkovou štruktúrou (631 – produkčná a 632c – ochranná funkcia), jeden porast je v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les (606 ochranná funkcia). Získané výsledky potvrdili, že v dosahovaných výškach drevín nie sú medzi porastmi v dolnej a hornej vrstve štatisticky významné rozdiely. Významné rozdiely vo výškach jedle aj smreka boli potvrdené medzi porastmi 632 c a 606 a to v ich strednej vrstve. Ďalej sa zistilo, že jedľa je vo výškovom raste autonómnejšia ako smrek, a to už v podmienkach strednej vrstvy. Hodnoty Giniho koeficienta sú vyššie pri porastoch s výberkovou štruktúrou, čo potvrdzuje ich výraznejšiu vertikálnu diferenciáciu.

Kľúčové slová: *výberkový les, jedľa, smrek, výškové postavenie, Giniho koeficient*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Pre štruktúru výberkových lesov je charakteristický vertikálny druh zápoja tj. priestorový. Koruny stromov sa v tomto prípade nepravidelne dotýkajú v rôznej výške čím dokonale vypĺňajú celý disponibilný priestor porastu. Pozícia stromu v poraste ovplyvňuje jeho „svetelný pôžitok“ a má silný vplyv na jeho rast (SCHÜTZ 2002). Trojvrstvové porasty majú prakticky celý produkčný (disponibilný) priestor vyplnený korunami stromov (SANIGA 2010). REININGER (1992) zhŕňa význam viacerých vrstiev v poraste nasledovne. Horná vrstva výberkového lesa zabezpečuje jeho stabilitu, ochranu nižšie položených jedincov, je predmetom zvýšenej pozornosti pestovateľa vzhľadom na

kulmináciu objemového prírastku a dosahovania cieľovej hrúbky. Jej úlohou je aj produkcia dreva rubných dimenzií. Stredná vrstva tvorí rezervu jedincov pre doplnenie hornej vrstvy. Ako kritérium pri zásahoch do tejto vrstvy sa uplatňuje zdravotný výber a regulácia štruktúry. Stredná vrstva uzatvára korunový zápoj, vplýva na odrastanie prirodzeného zmladenia.

Spodná vrstva predstavuje jedince obnovujúce výberkový les v potrebnom množstve a kvalite, je základom pre splnenie požiadavky – neustála prirodzená obnova. Výškovo možno jednotlivé vrstvy popísať odvodením z hornej výšky porastu. Za jedince hornej vrstvy možno označiť tie, ktoré dosahujú od 2/3 do 3/3 hornej výšky porastu. Stredná vrstva je charakterizovaná jedincami dosahujúcimi od 1/3 do 2/3 hornej výšky. Dolná vrstva v hospodárskych lesoch označovaná ako vrstva prirodzeného zmladenia zasahuje do 1/3 výšky porastu. Ťažba sa však nemusí zameriavať len striktne na hornú alebo inú vrstvu. Často sa môže stať, že cieľovú hrúbku dosahuje aj strom medzi vrstvami, alebo je predmetom výberu podľa iných kritérií výberkového rubu. Diferencovaná štruktúra vyžaduje určitú kontinuitu vo výškových presunoch, čo sa zabezpečuje dorastaním jedincov cez jednotlivé rastové fázy až do hornej vrstvy porastu príp. po dosiahnutie cieľovej hrúbky. Hrúbkovú štruktúru výberkových lesov najlepšie charakterizuje Liocurtova krivka alebo Mayerova funkcia. Výškovú štruktúru výberkových lesoch charakterizujú štádiové výškové krivky. Štádiové a vývojové výškové krivky sú vo výberkových porastoch nachádzajúcich sa v rovnovážnom stave identické (ŠEBÍK, POLÁK 1990). Tieto krivky sú charakteristické posunom doprava a nahor v závislosti od stúpajúcej hrúbky $d_{1,3}$. Štadiálna krivka výberkového lesa je konštantná tzn. v čase sa nemení. Tvar a poloha výškových kriviek výrazne závisí od bonity. Čím je stanovište produkčnejšie, tým je výšková krivka umiestnená vyššie a je strmšia. Odrastanie stromov vedie k postupnému zhusťovaniu zápoja, čo spôsobuje nadmernú autoredukciu jedincov strednej a dolnej vrstvy. Keďže požiadavkou na výberkovú štruktúru je jej výrazná výšková diferencovanosť, musíme tejto homogenizácií zabrániť a udržať výberkovú štruktúru s výrazným vertikálnym zápojom.

Základným pestovno – produkčným nástrojom usmerňovania výberkovej štruktúry je výberkový rub (SANIGA 2010). Jedným z kritérií jeho aplikácie je aj ťažba rubne zrelých stromov. Vzhľadom na to, že sa stromy rubných dimenzií nachádzajú prevažne v hornej vrstve výberkového lesa, ich odstránením vznikajú predpoklady pre automatizáciu výškových presunov v rámci strednej a dolnej vrstvy. Väčší svetelný pôžitok rýchlo inicializuje jedince strednej vrstvy k presunu do voľných miest hornej vrstvy súčasne s doplnením strednej vrstvy jedincami dolnej vrstvy. Udržanie resp. inicializovanie výškových presunov je jedným z kritérií pri plánovaní zásahu do hornej vrstvy. V prípade silnejšieho zásahu môžeme očakávať zvýšenie podielu tenkých jedincov dolnej vrstvy a rýchlejší výškový presun jedincov strednej vrstvy reagujúcich na uvoľnený priestor. Takto sa meniaca štruktúra spôsobuje homogenizáciu porastových vrstiev až môže stredná vrstva úplne absentovať. VENCURIK (2002) poukázal na tento jav najmä v prípade porastov zaradených do prebudovy na výberkový les.

V prípade prebudovávaných porastov je zrejmé, že ich výšková diferenciácia nedosahuje úroveň výškovej diferenciácie porastov s dosiahnutou výberkovou štruktúrou. Pre exaktné hodnotenie štrukturálnej diverzity sú často používané štrukturálne indexy (PITTNER 2007; PITTNER, SANIGA 2008; BUGALA, PITTNER 2010; BALANDA 2012; KUCBEL, SANIGA 2012) pričom pre charakterizovanie výškovej diferencovanosti porastov je možné

použiť Giniho koeficient. Schopnosť reagovať na zmenu rastových podmienok pod vplyvom výškových presunov je individuálna pre každú drevinu. Vo výberkovej štruktúre sa uplatnia len dreviny znášajúce zatienenie a schopné reagovať v krátkom čase na vonkajšie podnety. Výškové postavenie má pri niektorých drevinách výrazný vplyv na hrúbkový prírastok. Jedľa má vo všetkých vrstvách porastu približne rovnaký priemerný hrúbkový prírastok. Aj v prostredí dolnej vrstvy dokáže efektívne využívať nižšiu intenzitu difúzneho svetla. VENCURIK et al. (2009) pri smreku uvádzajú rapídny pokles hodnôt hrúbkového prírastku s klesajúcim výškovým postavením stromu v poraste. Autori ďalej konštatujú, že v dolnej vrstve sú prírastky smreka štatisticky významne menšie ako v strednej a hornej vrstve. Vzhľadom na rozdielne rastové vlastnosti analyzovaných drevín je cieľom predkladaného príspevku overenie nasledujúcich hypotéz:

- H_1 Sú dosahované výšky smreka obyčajného (*Picea abies* Karst. L.) a jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v jednotlivých vrstvách analyzovaných porastov rovnaké?
- H_2 Existujú rozdiely vo výškovej štruktúre porastov, ktoré sú v rôznom stupni konverzie na výberkový les príp. sú diferencované funkčným zameraním?

MATERIÁL A METODIKA

Pre analýzu boli zvolené tri porasty v rámci demonštračného objektu Donovaly – Mistríky (S 48°52´26´´ a V 19°14´28´´), ktorý sa nachádza v 6. lesnom vegetačnom stupni, v nadmorskej výške 960–1050 m n. m., dominantnou SLT je *Fagetum-abietino-piceosum.* Priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozpätí 4,2–4,8 °C a priemerný ročný úhrn zrážok 900 až 1000 mm. Smrek je dominantnou drevinou, vhodnú porastovú prímes tvorí jedľa. Buk bol v dôsledku výroby dreveného uhlia z porastov vyťažený a prostredníctvom umelej obnovy sa pred 20 rokmi vniesol späť do týchto porastov v hlúčikovej forme (SANIGA,VENCURIK 2007).

Porast v dielci 631 má produkčnú funkciu. Optimálna zásoba by sa mala pohybovať v rozpätí 400–420 $m^3.ha^{-1}$, cieľová hrúbka bola stanovená na 70 cm. Zastúpenie drevín v poraste je nasledovné: smrek 85 %, jedľa 15 %, buk vtrúsene. Objemový prírastok má hodnotu 7,2–7,6 $m^3.ha^{-1}rok^{-1}$. Geologické podložie tvoria fylity, pôdny typ kambizem (SANIGA,VENCURIK 2007). Výmera dielca je 5,1 ha, expozícia je juhozápadná, sklon sa mení od 20 – 25 %. Porast charakterizujú všetky znaky výberkového lesa.

Dominantnou funkciou porastu v dielci 632c je pôdoochranná funkcia. Optimálna zásoba bola stanovená približne na hodnotu 320 $m^3.ha^{-1}$, cieľová hrúbka 66 cm. Pôdny typ je ranker. Porast má vyváženú výberkovú štruktúru.

Porast v dielci 606 plní rovnako pôdoochrannú funkciu. Optimálna zásoba bola stanovená v rámci intervalu 300–320 $m^3.ha^{-1}$, cieľová hrúbka 66 cm. Zastúpenie drevín: smrek 60 %, jedľa 40 %, buk vtrúsene. Objemový prírastok má hodnotu 6,9–7,2 $m^3.ha^{-1}rok^{-1}$. Geologické podložie reprezentuje žula a fylity, prevládajúcim pôdnym typom je ranker. Výmera dielca je 5,3 ha, expozícia je severná (SANIGA,VENCURIK 2007). Porast sa nachádza v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les. V poraste deficitne pôsobí stredná vrstva.

V každom poraste je založená trvalá výskumná plocha (ďalej len TVP) s výmerou 0,25 ha. V rámci každej TVP je založený tranzekt (10 × 50 m) pre podrobné sledovanie dynamiky regeneračných procesov a exaktné posúdenie vyváženosti výberkovej štruktúry. Na ploche tranzektu sa pozične zaznamenali všetky jedince (systém x-y) hrubšie ako dva

centimetre, bola zmeraná ich hrúbka a výška. Rozdelenie stromov do jednotlivých vrstiev výberkového lesa bolo vykonané podľa hrúbkových tried. Dolnú vrstvu tvorili jedince s hrúbkou v intervale 2–12 cm. Strednú vrstvu výberkového lesa 12,1 až 28 cm. Hornú vrstvu 28,1 cm a viac (SANIGA,VENCURIK 2007). Pre posúdenie autonómnosti rastu drevín v danej vrstve sme analyzovali variačné rozpätie resp. 1 a 99% kvantil dosahovaných výšok a stredné hodnoty výšok drevín. Na vyjadrenie vertikálnej konkurencie medzi vrstvami bol použitý index vertikálnej konkurencie G_{cum} podľa SCHÜTZA (2002). Tento index predstavuje mieru clonenia ostatnými stromami z vyššej porastovej vrstvy. Pri použití tohto indexu sa predpokladá úzky lineárny vzťah medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a priemerom korunovej projekcie. Tento index je často označovaný ako stupeň tienenia daného hrúbkového stupňa. Index je možné použiť pre odhad clonenia pri jedincoch, ktoré rastú v útlaku vrchných vrstiev. Pri vyšších jedincoch, ktoré rastú prakticky bez zatienenia ho nie je možné použiť. Pre vyjadrenie konkurencie v danej vrstve bol použitý údaj o počte jedincov v prepočte na jeden hektár. Pre posúdenie vertikálnej diferencovanosti porastov bol použitý Giniho koeficient (KUCBEL 2011).

$$G = \frac{\sum_1^n (2i-n-1)h_i}{\sum h_i(n-1)} \quad (1)$$

kde:

h_i – výška i-teho jedinca

n – počet jedincov

i – poradie jedinca pri vzostupnom usporiadaní

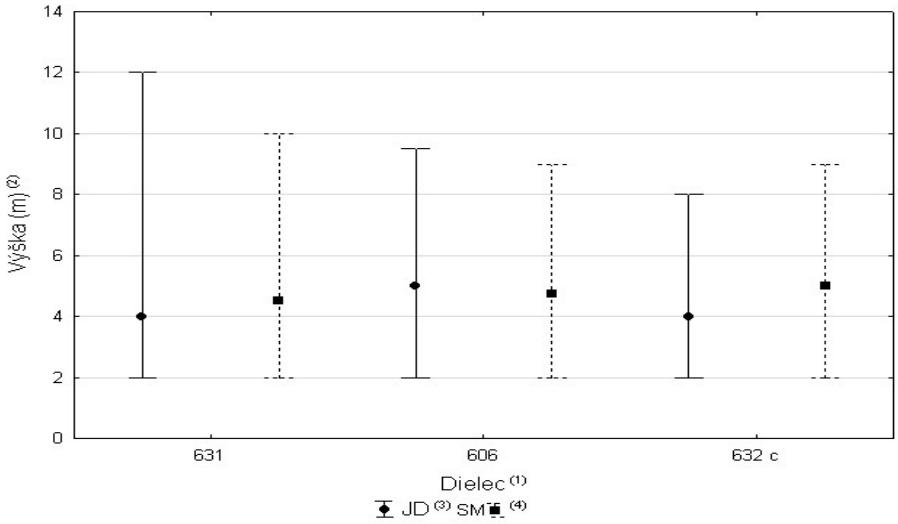
Pre štatistické testovanie významnosti rozdielov boli použité metódy neparametrickej štatistiky a to Kruskal-Wallisov test pre hodnotenie rozdielov medzi porastmi a Mann-Whitneyhov test pre hodnotenie rozdielov medzi drevinami v konkrétnom poraste.

VÝSLEDKY

Dolná vrstva analyzovaných porastov

Analýzou dosahovaných výšok drevín jedľa a smrek sme v rámci dolnej vrstvy nezistili medzi porastmi významné rozdiely p = 1,00 (Obr. 1).

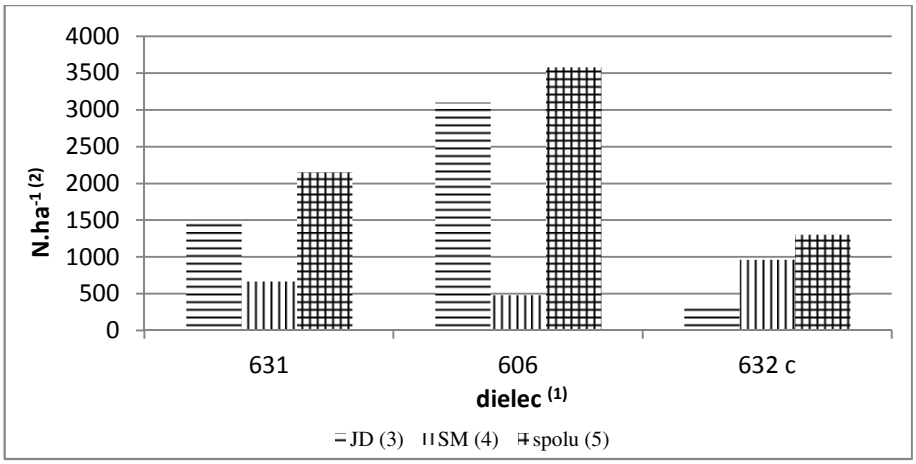
Na základe uvedeného zistenia môžeme vysloviť záver, že vo všetkých analyzovaných porastoch sú podmienky dolnej vrstvy natoľko homogénne, že medzi porastmi neexitujú štatisticky významné rozdiely v dosahovaných výškach analyzovaných drevín. Príčinnú súvislosť je možné hľadať aj v svetelných podmienkach rastového priestoru. Tieto je možné opísať pomocou indexu vertikálnej konkurencie medzi vrstvami. Pre dolnú vrstvu porastu 631 má tento index hodnotu 55,12 $m^2.ha^{-1}$. V poraste 606 dosahuje 31,02 $m^2.ha^{-1}$ a v poraste 632 c 42,92 $m^2.ha^{-1}$. V poraste 606 je hodnota tohto indexu na najnižšej úrovni. Tu však môže zohrávať rozhodujúcu úlohu pri ovplyvňovaní výškového rastu vzájomná konkurencia jedincov. Informáciu o počte jedincov na jeden hektár v rámci dolných vrstiev analyzovaných porastov sprostredkúva Obr. 2.



[1]compartment [2] height [3]silver fir [4] Norway spruce

Obr. 1: Variabilita výšky drevín v dolnej vrstve v jednotlivých porastoch.

Fig. 1: *Height variability of tree species in lower layer according to compartments.*



[1]compartment [2] tree numbers [3]silver fir [4] Norway spruce [5] total

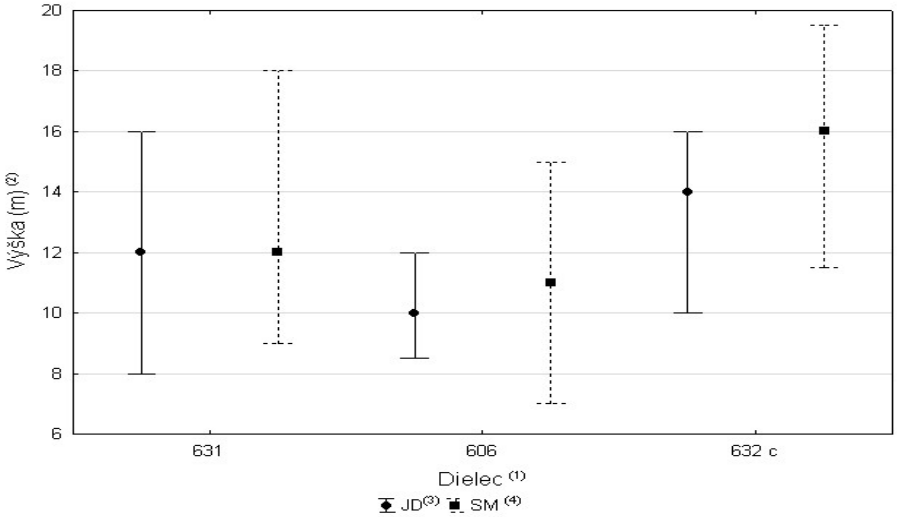
Obr. 2: Počet jedincov podľa drevín v dolnej vrstve analyzovaných porastov [ks. ha^{-1}].

Fig. 2: *Tree species distribution in lower layer of analyzed compartments [pcs. ha^{-1}].*

Na základe prezentovaných výsledkov je možné konštatovať, že v poraste 632c je vzájomná konkurencia jedincov o rastový priestor na najnižšej úrovni. V poraste 606 je však dolná vrstva viac ako dvojnásobne prehustená v porovnaní s porastom 632c a početnosť jedincov v poraste 631 prevyšuje o viac ako 60 %. Aj napriek veľkému rozdielu v obsadenosti rastového priestoru dolnej vrstvy sa medzi dosahovanými výškami drevín ani v jednom poraste neprejavili štatisticky významné rozdiely $p > 0,05$.

Stredná vrstva analyzovaných porastov

Ako vyplýva z rozboru problematiky, stredná vrstva výberkových porastov predstavuje v rámci výberkovej štruktúry špecifický rastový priestor. Medzi drevinami sa ani v jednom poraste nepotvrdili štatisticky významné rozdiely v dosahovaných výškach $p > 0,05$. Medzi porastom 606 v záverečnej fáze prebudovy a porastom 632c s dokonalou výberkovou štruktúrou sa potvrdili štatisticky významné rozdiely v dosahovaných výškach. V prípade smreka sa porasty štatisticky významne odlišujú na hladine významnosti $p = 0,001$ a pri jedli na hladine $p = 0,01$ (Obr. 3).

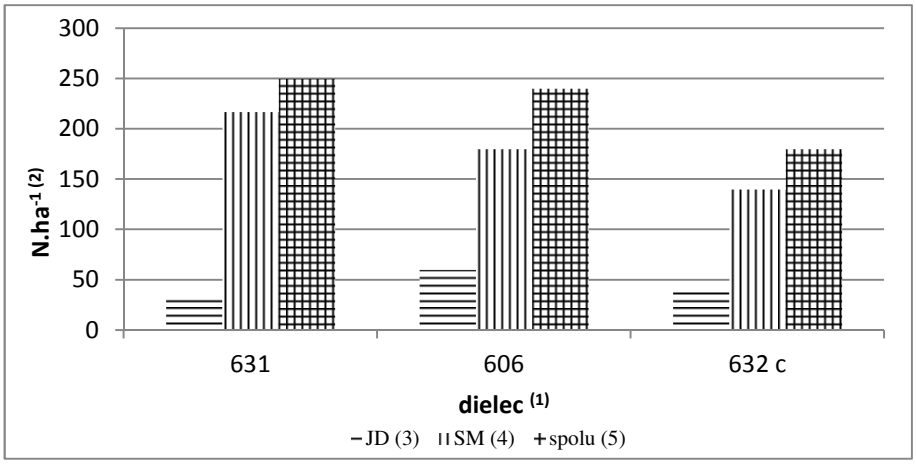


[1]compartment [2] height [3]silver fir [4] Norway spruce

Obr. 3: Variabilita výšky drevín v strednej vrstve v jednotlivých porastoch.

Fig. 3: *Height variability of tree species in middle layer according to compartments.*

Výsledky preukázali, že v podmienkach strednej vrstvy porastov s dosiahnutou výberkovou štruktúrou (631 a 632 c) nachádzajú obe analyzované dreviny rovnaké podmienky, čo potvrdzuje aj výsledok štatistického testovania. Pedologicky zhodné porasty 632 c a 606 (rankrová pôda) sú v rozdielnom stupni diferencovanosti porastovej štruktúry a odlišujú sa aj svojou expozíciou. Z hľadiska vertikálnej konkurencie medzi porastmi 606 a 632 c nemožno identifikovať výrazný rozdiel. V poraste 606 dosahuje 27,74 $m^2.ha^{-1}$ a v poraste 632 c 33,46 $m^2.ha^{-1}$. Pre strednú vrstvu porastu 631 má tento index hodnotu 47,21 $m^2.ha^{-1}$. Analýza variačného rozpätia výšok drevín potvrdila, že jedľa je vo výškovom raste v porovnaní so smrekom autonómnejšia už v podmienkach strednej vrstvy porastu. Čím silnejšie je zatienenie strednej vrstvy hornou vrstvou (viď hodnoty G_{cum}), tým je variačné rozpätie výšok jedle širšie. Informáciu o konkurenčnom tlaku v rámci strednej vrstvy prezentuje Obr. 4. Porast 632 c charakterizuje voľnejšie postavenie jedincov. Stredná vrstva porastov 631 a 606 je charakterizovaná približne rovnakým konkurenčným tlakom. Keďže je porast 606 viac vzdialený nastavenému modelu výberkového lesa je možné predpokladať, že ešte nevyužíva naplno produkčné možnosti stanovišťa, čo potvrdzuje skutočnosť, že výšky jedle sú nižšie ako v ostatných skúmaných porastoch.



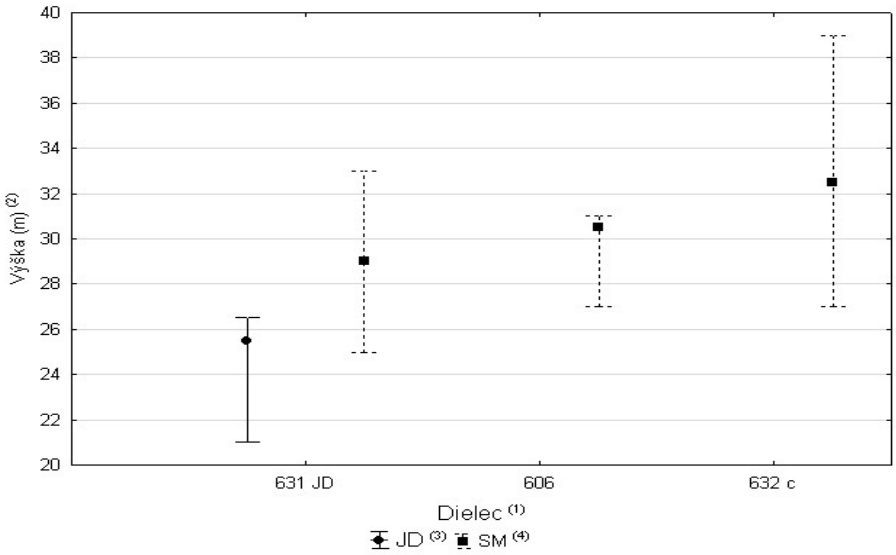
[1]compartment [2] tree numbers [3]silver fir [4] Norway spruce [5] total

Obr. 4: Počet jedincov podľa drevín v strednej vrstve analyzovaných porastov [ks. ha^{-1}].

Fig. 4: *Tree species distribution in middle layer of analyzed compartments [pcs. ha^{-1}].*

Horná vrstva analyzovaných porastov

Jedince v postavení hornej vrstvy nie sú vo svojom raste limitované nedostatkom svetla. Keďže sa jedľa v postavení hornej vrstvy nachádzala len na ploche tranzektu v poraste 631 nebolo možné dosahované výšky porovnať s inými porastmi. V prípade dreviny smrek štatistické testovanie nepotvrdilo významné rozdiely medzi porastmi $p > 0,05$. Výraznejší rozdiel je však možné pozorovať v horných kvantilových hraniciach (Obr. 5).

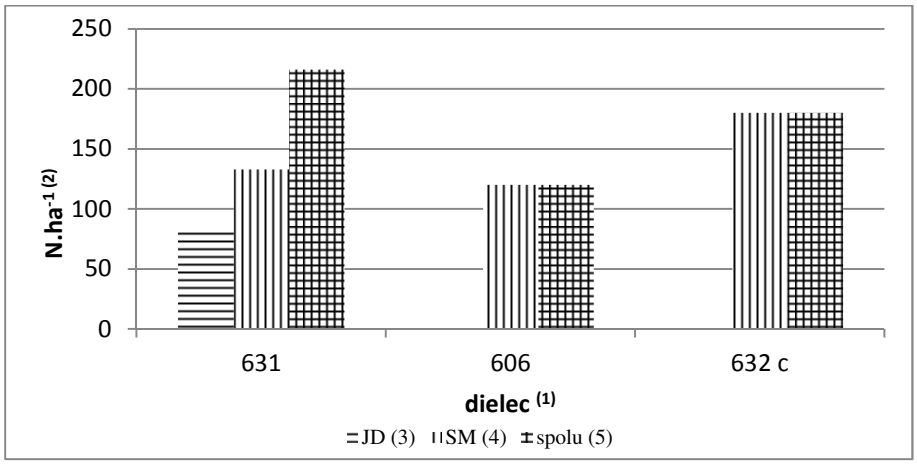


[1]compartment [2] height [3]silver fir [4] Norway spruce

Obr. 5: Variabilita výšky drevín v hornej vrstve v jednotlivých porastoch.

Fig. 5: *Height variability of tree species in upper layer according to compartments.*

Na základe grafického zobrazenia môžeme konštatovať, že v poraste 632c dosahuje výška smreka najvyššie hodnoty. Dôvodom môže byť rovnako ako v prípade strednej vrstvy optimálne využitie produkčného potenciálu stanovišťa cez správne nastavený model výberkového lesa. V prípade dielca 631 sa na relatívne nižších výškach podpisuje vyššia konkurencia v hornej vrstve porastu až 216 ks.ha^{-1} (Obr. 6). V dielci 631 nebol medzi drevinami zistený štatisticky významný rozdiel v dosahovaných výškach p = 0,07. Na základe porovnanie variačného rozpätia dosahovaných výšok oboch drevín môžeme konštatovať, že jedľa je v postavení hornej vrstvy porastu 631 charakteristická autonómnejším rastom ako smrek. Predpokladá sa, že dôvodom výraznejších rozdielov v maximálnych výškach drevín sú podmienky stanovišťa, ktoré lepšie vyhovujú smreku.



[1]compartment [2] tree numbers [3]silver fir [4] Norway spruce [5] total

Obr. 6: Počet jedincov podľa drevín v hornej vrstve analyzovaných porastov [ks.ha^{-1}].

Fig. 6: *Tree species distribution in upper layer of analyzed compartments [pcs.ha^{-1}].*

Vertikálna diferencovanosť analyzovaných porastov

Analyzované porasty môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvou sú porasty s dosiahnutou výberkovou štruktúrou (631 s produkčnou funkciou a 632 c s ochrannou funkciu) oproti nim porast 606 (s ochrannou funkciou) v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les. Hodnota Giniho koeficienta v poraste 631 je 0,412, v 632 c dosiahol Giniho koeficient 0,453 a v poraste 606 je hodnota tohto koeficienta 0,329.

DISKUSIA A ZÁVER

Výškový rast je najcharakteristickejšia biologická vlastnosť stromov. Je všeobecne známe, že závisí nielen od dreviny a veku porastov, ale aj od stanovišťa PETRÁŠ et al. (2012). Proporcie vo výškovom raste drevín sa v zmiešaných porastoch menia. Smreky majú väčšinou v celom hrúbkovom rozsahu väčšie výšky ako jedle. Tento rozdiel sa znižuje od 10–30 % pri najtenších stromoch až po 1–3 % pri najhrubších. Jedľa posilňuje svoje výškové postavenie vo vyššom veku a väčších hrúbkach PETRÁŠ et al. (2012). Odlišnosti vplývajúce na rast drevín sa v rámci výškového postavenia premietajú aj v hrúbkovom raste. V strednej a hornej vrstve výberkového lesa sú rozdiely v hrúbkovom raste smreka a jedle minimálne.

V dolnej vrstve je priemerná hodnota hrúbkového prírastku smreka v porovnaní s jedľou približne o polovicu menšia (VENCURIK, KUCBEL 2008).

Naše výsledky poukazujú na skutočnosť, že vo výberkovom lese nie je možné v rámci dolnej vrstvy jednoznačne určiť drevinu, ktorá výškovo dominuje. Základným dôvodom je najmä predpoklad, že sa dreviny v rámci dolnej vrstvy resp. celej štruktúry výberkového lesa významne odlišujú fyzickým vekom. V dolnej vrstve sa neprejavili rozdiely v dosahovaných výškach medzi drevinami a ani medzi porastmi navzájom. V postavení strednej a hornej vrstvy výberkového lesa dosahuje smrek väčšie maximálne výšky ako jedľa. Medzi drevinami sa však nepotvrdil štatisticky významný rozdiel ani v jednej vrstve z analyzovaných porastov, hypotézu H_1 môžeme prijať.

Hodnoty Giniho koeficienta sa pre vertikálne diferencované porasty pohybujú nad 0,370 a pri výškovo nivelizovaných štruktúrach klesajú pod 0,270 (KUCBEL 2011). KUCBEL, SANIGA (2012) uvádzajú, že v prípade najviac diferencovaného štrukturálneho typu v jedľovo-bukovom poraste, ktorý je 25 rokov ponechaný na prirodzený vývoj bola hodnota Giniho koeficienta 0,322. V prípade prírodných lesov s bohatším drevinovým zložením bol v počiatočnej fáze štádia dorastania zistený Giniho koeficient na úrovni 0,632 (BALANDA 2012). Analýza vertikálnej štruktúry pomocou Giniho koeficienta potvrdila vysoký stupeň vertikálnej diferencovanosti porastov 631 a 632 c. V prípade porastu 606 môžeme hovoriť o menej výraznej výškovej diferenciácií. Na základe uvedeného môžeme jednoznačne konštatovať, že v našom prípade existujú rozdiely vo výškovej štruktúre porastov, ktoré sú v rôznom stupni konverzie na výberkový les ale v prípade dosiahnutia výberkovej štruktúry sa funkčné zameranie porastu neprejaví v jeho výškovej diferenciácií.

Poďakovanie

Táto vedecká práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA 1/0381/12.

LITERATÚRA

BALANDA, M. (2012): Spatio-temporal structure of natural forest: A structural index approach. Beskydy, 5: 2: 1–10.

BUGALA, M. – PITTNER, J. (2010): Analýza štrukturálnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. Acta facultatis forestalis Zvolen, 52: 1: 43–54.

KUCBEL, S. (2011): Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier. TU Zvolen, 138 s.

KUCBEL, S. – SANIGA, M. (2012): Variabilita porastových štruktúr zmiešaného lesa v NPR Mláčik, In: Pestovanie lesa v strednej Európe. Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), TU Zvolen, 60–69.

PETRÁŠ, R. – ŠTEFANČÍK, I. – MECKO, J. (2012): Výškový rast smrekovo-jedľovo-bukových porastov. In: Pestovanie lesa v strednej Európe Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), TU Zvolen, 192–200.

PITTNER, J. (2007): Štrukturálna diverzita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. In: Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia. Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie, Saniga, M., Jaloviar, P., Kucbel, S. (eds.), Zvolen, s. 342–348.

PITTNER, J. – SANIGA, M. (2008): A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). Journal of Forest Science, 54: 12: 545–553.

REININGER, H. (1993): Zielstärken-Nutzung, Östereichischer Agraverlag Wien, 163 s.

SANIGA, M. (2010): Pestovanie lesa – vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 311 s.

SANIGA, M. – VENCURIK J. (2007): Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica, TU Zvolen, 83 s.

SCHÜTZ, J. PH. (2002): Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen, ETH Zentrum. Zürich, 132 s.

ŠEBÍK, L. – POLÁK, L. (1990): Náuka o produkcii dreva. Príroda, Bratislava, 332 s.

VENCURIK, J., KUCBEL, S. (2008): Hrúbkový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese Oravských Beskýd. Beskydy, 1: 2: 209–214.

VENCURIK, J. – KUCBEL, S. – KLIMAŠ, V. – RANDUS, M. (2009): Hrúbkový prírastok smreka a jedle v poraste prebudovávanom na výberkový les. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 51: 2: 17–24.

VENCURIK, J. (2002): Štruktúra a regeneračné procesy výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom. Acta facultatis forestalis Zvolen, 44: 83–97.

Adresa autora

Ing. JÁN JAĎUĎ

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra pestovania lesa

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: xjadud@ tuzvo.sk

Analýza prirodzenej obnovy v poraste s pôdoochrannou protieróznou funkciou na lesnom celku Banská Bystrica – Uľanka

Natural regeneration analysis in stand with soil protection anti-erosion function in management unit Banská Bystrica – Uľanka

JOZEF JANKOV – KAROL GUBKA

Abstract

This paper analyses natural regeneration in a stand with soil protection anti-erosion function. The natural regeneration has been investigated within six permanent research areas in a stand of the management unit Banská Bystrica – Uľanka. According to results of this research, the natural regeneration was registered in amount from 1,934 pcs.ha^{-1} to 3,615 pcs.ha^{-1}, average as 2,694 pcs.ha^{-1} in all permanent research areas. European Beech (Fagus sylvatica L.) is woody species which is dominant in species representation. The number of natural regeneration decreases along with the increase of canopy cover at permanent research areas. The paper also analyses the improvement of present phase resources.

Keywords: *soil erosion, soil protection function of the forest, natural regeneration*

Abstrakt

Práca analyzuje prirodzenú obnovu v poraste s pôdoochranným protieróznym zameraním. Prirodzená obnova bola sledovaná na šiestich trvalých výskumných plochách založených v poraste na lesnom celku Banská Bystrica – Uľanka. Z výsledkov vyplýva, že prirodzená obnova bola zistená na všetkých trvalých výskumných plochách v počte od 1 934 ks.ha^{-1} do 3 615 ks.ha^{-1}, v priemere 2 694 ks.ha^{-1}. V drevinovom zložení prevláda drevina buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). Na sledovaných trvalých výskumných plochách klesá početnosť jedincov prirodzenej obnovy so stúpajúcim plošným zápojom. Práca taktiež analyzuje možností na zlepšenie súčasného stavu.

Kľúčové slová: *erózia pôdy, protierózna funkcia lesa, prirodzená obnova*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesy sú vrcholným článkom vývoja rastlinných spoločenstiev na Zemi a majú zásadný vplyv na kvalitu života ľudskej spoločnosti. V minulosti boli chápané iba ako zdroj obživy a dôležitých surovín. Vplyvom populačnej expanzie ľudstva a rastúcou intenzitou využívania prírodných zdrojov sa celospoločenské funkcie lesa dostali na prvé miesto a v budúcnosti tomu tak bude stále výraznejšie (RÉH 1993, 1999). Presadzovanie multifunkčného využívania a obhospodarovania prírodných lesných zdrojov na princípoch udržateľnosti je aj jedným zo základných cieľov lesníckej politiky na Slovensku v súlade s lesníckou stratégiou EÚ. Funkčný potenciál lesov tvorí podstatu prírodného bohatstva. Procesmi obhospodarovania, rešpektujúcimi prírodné zákonitosti, ho treba udržiavať, primerane využívať a skvalitňovať (TUTKA et al. 2011).

V súvislosti so stratou úrodnosti pôdy a následným nedostatkom potravín, neskôr najmä v súvislosti s nedostatkom pitnej vody, si v minulosti ľudstvo začalo všímať procesy erózie pôdy, ako dôsledok narušenia systému les – pôda – voda. Odlesňovanie, ktoré bolo v Európe najintenzívnejšie v prvej polovici minulého milénia a v USA od 17. do začiatku 20. storočia, v mnohých rozvojových krajinách nadobudlo vrchol v 20. storočí. Celková globálna rýchlosť odlesňovania kontinentov je podľa údajov FAO v súčasnosti viac ako 120 000 km^2 lesa za rok. Celková výmera odlesňovanej plochy kontinentov je vyšší ako prirodzený prírastok nových a pôvodných lesov (s výnimkou Európy a USA, kde sa tento trend podarilo zastaviť). Z viacerých dôvodov sa môže znižovať aj kvalita lesných porastov. Osobitnú úlohu vo svetovom ekosystéme majú pralesy, ktoré musia tiež čeliť odlesňovaniu a hospodárskym záujmom. Odlesňovanie územia a znižovanie kvality lesného porastu sprevádza zvyšovanie rýchlosti odtoku dažďovej vody a vody z roztápajúceho sa snehu v danom území, ako aj urýchlenie erózie pôdy. Menia sa aj mikroklimatické podmienky územia. Tieto javy, ktoré zapríčinili úpadok alebo zánik viacerých veľkých civilizácií v minulosti, sú v dôsledku rozšírenia technických možností ľudstva dnes prítomné v mnohých častiach sveta (KRAVČÍK et al. 2007).

Otázky vplyvu lesa na kolobeh vody v krajine, ochranu pôdy, ovplyvnenie zrážkovo-odtokových vzťahov a tlmenie povodňových vĺn sa čoraz častejšie vynárajú v posledných rokoch s výskytom rozsiahlych povodní v Európe. Na základe výskumu vplyvu lesnatosti na výskyt extrémnych vodných stavov v Českej republike bolo zistené, že na bezlesom povodí je možne storočnú vodu očakávať každých 16 rokov (MRÁČEK, KREČMER 1975). Pri extrémnych zrážkach je však aj účinok lesa limitovaný retenčnou kapacitou a infiltračným koeficientom (MINĎÁŠ et al. 2001). Horské lesy dokážu prívalové zrážky do 50 mm pomerne dobre tlmiť, súvislé zrážky do 100 mm sa prejavujú vo zvýšenom odtoku vody z lesa, sú však z pohľadu hospodárskej účinnosti prijateľné, ohrozenie povodňami nastáva pri 150–200 mm súvislých zrážok (KANTOR, ŠACH 2002; KANTOR, KARL 2006).

Erózia pôdy je najvýznamnejšou formou fyzikálnej deštrukcie pôd aj na území SR (ANTAL 2005). Z doterajších poznatkov z problematiky pôdnej erózie vieme, že najvyhovujúcejším a najúčinnejším prostriedkom na ochranu pred eróziou je funkčne účinný les, s priaznivými humusovými formami, pričom les má byť zdravý, druhovo, vekovo a priestorovo rozrôznený. V tomto ohľade má nezanedbateľný význam aj bylinný kryt. V stabilných, zdravých, neporušených lesných ekosystémoch sú erózne straty pôdy minimálne (JAKUBIS 2006).

Prvoradým cieľom lesného hospodárstva je trvalé udržanie vlastností lesného ekosystému v danej oblasti cez jeho ekologickú stabilitu. Jedná sa hlavne o zachovanie vlastností pôdy, štruktúry a dynamiky a stability lesných ekosystémov, to znamená trvalé plnenie produkčnej a ostatných funkcií lesa (SANIGA, KUCBEL 2012). Podľa Zelenej správy 2012 (údaje za rok 2011) je v Slovenskej republike zaradených do kategórie ochranných lesov 331 694 ha (17,10 % výmery lesov SR), v ktorých podiel protierózneho funkčného typu je 76,65 %. Pôdoochranná protierózna funkcia je dominantná v lesoch ochranných, je však nutné si uvedomiť, že sa významnou mierou uplatňuje aj vo funkčných typoch produkčného (hospodárske lesy), ako aj environmentálneho zamerania (lesy osobitného určenia), (GUBKA 2006). Zásadami hospodárenia v porastoch s pôdoochrannou funkciou sa zaoberali napr.: PAPÁNEK (1978); INTRIBUS et al. (1979); MIDRIAK et al. (1981); JURČA et al. (1986); RÖHRIG et al. (1992); RÉH (1993); DVOŘÁK, NOVÁK (1994); KUCBEL (2005). Závery

týchto prác zdôrazňujú, že nemožno ponechať vývoj spoločenstiev ochranných lesov iba na prírodné, človekom neusmerňované procesy, pretože rozpadom týchto spoločenstiev by najpravdepodobnejšie došlo k strate ich funkčného účelu. Pôdoochranná protierózna funkcia lesov je úzko spätá s funkciou vodohospodárskou. Najmä s plnením hydrickej a hydrologickej funkcii lesov sú často zo strany environmentálnych a aktivistických združení nesprávne hodnotené a kritizované dopady hospodárenia v lesoch na vodný režim krajiny (PODRÁZSKÝ, KUPKA 2011).

Cieľom predkladanej práce je analýza prirodzenej obnovy v poraste s pôdoochrannou protieróznou funkciou na lesnom celku Banská Bystrica – Uľanka a návrh opatrení na zlepšenie existujúceho stavu.

MATERIÁL A METODIKA

Pre analýzu prirodzenej obnovy bol vybraný porast v centre vnútorných Západných Karpát, vo fatransko-tatranskej oblasti, v časti celku Veľká Fatra. Vlastníkom lesov je mesto Banská Bystrica, obhospodarovateľom spoločnosť Mestské lesy, s. r. o., Banská Bystrica.

Trvalé výskumné plochy (TVP) boli založené v dielci 1160d, ktorý sa nachádza na LHC Banská Bystrica, v nadmorskej výške 390–635 m n. m. Porast je v kategórii ochranných lesov, funkčný typ pôdoochranný protierózny. Výmera JPRL je 8,41 ha, priemerný sklon 65 %. Typologicky je 50 % porastu zaradených do skupiny lesných typov (slt) *Tilieto-Aceretum* (lesný typ 4501) a 50 % do slt *Fagetum tiliosum* (lesný typ 4404). Porast je dvojetážový, výmera 1. etáže je 2,53 ha, vek 120 rokov, výmera 2. etáže 5,88 ha, vek 80 rokov. Z Lesného hospodárskeho plánu pre roky 2009–2018 boli pre dielec získané nasledovné údaje:

1. etáž: zakmenenie 0,10, drevinové zloženie: buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) 90 % (stredná výška 26 m, stredná hrúbka 47 cm, objem stredného kmeňa 2,15 m^3, bonita 24), tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) 10 % (stredná výška 8 m, stredná hrúbka 24 cm, objem stredného kmeňa 0,14 m^3, bonita 12).

2. etáž: zakmenenie 0,70, drevinové zloženie buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) 55 % (stredná výška 23 m, stredná hrúbka 26 cm, objem stredného kmeňa 0,55 m^3, bonita 26), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.) 30 % (stredná výška 21 m, stredná hrúbka 24 cm, objem stredného kmeňa 0,36 m^3, bonita 24), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.) 10 % (stredná výška 16 m, stredná hrúbka 18 cm, objem stredného kmeňa 0,17 m^3, bonita 18), javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) 5 % (stredná výška 22 m, stredná hrúbka 26 cm, objem stredného kmeňa 0,53 m^3, bonita 26).

Celková zásoba prvej etáže je 420 m^3 (50 $m^3.ha^{-1}$), zásoba druhej etáže 2 194 m^3 (261 $m^3.ha^{-1}$). V pláne ťažby a výchovy je slovný popis „bez zásahu“.

V dielci je možné sledovať erózne procesy najmä vo forme zrážkovej exomorfnej erózie, ktorej kvantifikácia je v súčasnosti predmetom výskumu s použitím ambulantnej deluometrickej metódy.

V dielci 1160d bolo založených 6 trvalých výskumných plôch s rozmermi 30 × 30 m. Pri zakladaní TVP bola použitá technológia Field-Map. Sieť TVP je rozmiestnená tak, že 2 plochy sú umiestnené v nadmorskej výške 600 m n. m., 2 plochy v nadmorskej výške 500 m n. m. a 2 plochy v nadmorskej výške 400 m n. m. V každej nadmorskej výške je jedna TVP umiestnená na severovýchodnej expozícii a jedna TVP na juhovýchodnej expozícii.

Evidencia prirodzenej obnovy bola vykonaná na každej TVP v tranzektoch o rozmerov 10×30 m, založených po spádnici v strede každej TVP. Pre evidenciu bola použitá klasifikačná schéma podľa KORPEĽA (1989):

- jedince do výšky 20 cm (osobitne zaznamenané jedince podľa veku od 1 do 5 rokov),
- jedince s výškou 21–50 cm,
- jedince s výškou 51–80 cm,
- jedince s výškou 81–130 cm,
- jedince s výškou 131 cm do hrúbky 2,0 cm v $d_{1,3}$.

Na všetkých TVP boli namerané parametre priemetov korún (v dvoch na seba kolmých smeroch), z ktorých bol vypočítaný plošný zápoj podľa ŠMELKA (2007):

$$PZ = \frac{S_k}{S_{tvp}}$$

kde PZ – plošný zápoj, S_k – súčet obsahov korunových projekcií na TVP, S_{tvp} – plocha TVP.

Zistené údaje boli spracované pomocou tabuľkového procesoru EXCEL a štatisticky vyhodnotené pomocou štatistického softwaru STATISTICA 6.0. Na analýzu funkčných závislostí medzi zistenými údajmi a nadmorskou výškou, expozíciou, plošným zápojom, boli použité metódy korelačnej a regresnej analýzy.

VÝSLEDKY

Evidencia prirodzenej obnovy a meranie parametrov priemetov korún bolo uskutočnené v mesiacoch september a október 2012. Z nameraných parametrov priemetov korún bol vypočítaný plošný zápoj pre jednotlivé trvalé výskumné plochy: TVP I = 76 %, TVP II = 61 %, TVP III = 81 %, TVP IV = 94 %, TVP V = 82 %, TVP VI = 78 %.

Prehľad o situácií prirodzenej obnovy na jednotlivých TVP udávajú Tab. 1 až 6, Tab. 7 udáva sumárny prehľad o prirodzenej obnove na všetkých TVP.

Zo zistených údajov je možné skonštatovať, že prirodzená obnova prebieha na všetkých založených TVP. Počet jedincov prirodzenej obnovy sa na jednotlivých TVP sa pohybuje od 1 934 ks.ha^{-1} do 3 615 ks.ha^{-1}, v priemere 2 694 ks.ha^{-1}. V drevinovom zložení prirodzenej obnovy prevláda buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) so zastúpením 67,7 %, nasleduje javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) 17,2 %, jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.) 11,9 %. V prirodzenej obnove je prevaha listnatých drevín (96,8 %), z ihličnatých drevín sa na zastúpení podieľajú tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) 3,1 % a jedľa biela (*Abies alba* Mill.) 0,1 %. V prirodzenej obnove je najväčší percentuálny podiel jedincov s výškou 21–50 cm (23,5 %) a 5ročných jedincov s výškou do 20 cm (22,3 %). U dreviny tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) sa vo vekovej štruktúre prirodzeného zmladenia prejavuje negatívny vplyv jelenej zveri, keď sú semenáčiky do veku troch rokov takmer na 100 % spásané podobne, ako v celej záujmovej oblasti (JANKOV, NIČ 2009; JANKOV, GUBKA 2012).

Sila lineárnej štatistickej závislosti medzi nadmorskou výškou a početnosťou jedincov prirodzenej obnovy bola vyjadrená pomocou Pearsonovho korelačného koeficientu (Pearson's Product Moment), ktorý dosahuje hodnotu r = 0,42 a pomocou koeficientu determinácie R^2 = 0,18, čo je podľa COHENA (1988) stredná korelácia. Týmto spôsobom bola vyjadrená aj štatistická závislosť medzi percentuálnym plošným zápojom a početnosťou jedincov prirodzenej obnovy, kde Pearsonov korelačný koeficient dosiahol hodnotu až r = –0,99

a koeficient determinácie R^2 = 0,98. Táto hodnota predstavuje takmer dokonalú koreláciu medzi sledovanými premennými, z čoho vyplýva, že na skúmaných TVP klesá početnosť jedincov prirodzenej obnovy so stúpajúcim percentuálnym plošným zápojom.

Miera sily vzťahu medzi expozíciou a početnosťou jedincov prirodzenej obnovy je vyjadrená pomocou *Eta* koeficientu, ktorého hodnota η = 0,15. Keďže druhá mocnina *Eta* koeficientu, interpretovaná ako podiel variability číselnej premennej, ktorú možno vysvetliť kategorickou premennou, η^2 = 0,02, medzi expozíciou a drevinovým zastúpením je podľa COHENA (1988) iba malá korelácia.

Zo sledovaných faktorov na početnosť jedincov prirodzenej obnovy sa ako najvýznamnejší potvrdil plošný zápoj, nepotvrdil sa vplyv nadmorskej výšky a expozície na početnosť jedincov prirodzenej obnovy na trvalých výskumných plochách.

Tab. 1: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP I, expozícia SV, nadm. výška 600 m n. m.

Tab. 1: *Natural regeneration structure, PRP I, aspect NE, altitude 600 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
≤ 20 cm	1ročné[3]	57	0	26	0	0	83	3,1
	2ročné	124	0	27	0	20	171	6,3
	3ročné	204	21	36	0	0	261	9,7
	4ročné	231	46	54	0	0	331	12,3
	5ročné	456	84	108	0	0	648	24,0
21–50 cm		487	81	92	0	0	660	24,4
51–80 cm		202	83	112	0	0	397	14,7
81–130 cm		81	12	0	0	0	93	3,4
> 130 cm		58	0	0	0	0	58	2,1
spolu[9]		1 900	327	455	0	20	2 702	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 2: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP II, expozícia JV, nadm. výška 600 m n. m.

Tab. 2: *Natural regeneration structure, PRP II, aspect SE, altitude 600 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
≤ 20 cm	1ročné[3]	94	0	41	45	0	180	5,0
	2ročné	156	0	37	47	0	240	6,6
	3ročné	324	31	71	36	0	462	12,8
	4ročné	378	65	67	0	0	510	14,1
	5ročné	468	109	124	0	0	701	19,4
21–50 cm		604	94	104	0	0	802	22,2
51–80 cm		327	107	117	0	0	551	15,2
81–130 cm		94	16	0	0	0	110	3,0
> 130 cm		59	0	0	0	0	59	1,6
spolu[9]		2 504	422	561	128	0	3 615	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 3: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP III, expozícia SV, nadm. výška 500 m n. m.

Tab. 3: *The natural regeneration structure, PRP I, aspect NE, altitude 500 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
	1ročné[3]	54	0	19	77	0	150	5,7
	2ročné	126	0	42	79	0	247	9,4
≤ 20 cm	3ročné	262	30	91	67	0	450	17,2
	4ročné	162	36	60	0	0	258	9,9
	5ročné	304	92	116	0	0	512	19,6
21–50 cm		395	57	78	0	0	530	20,3
51–80 cm		192	41	97	0	0	330	12,6
81–130 cm		80	8	0	0	0	88	3,4
> 130 cm		51	0	0	0	0	51	1,9
spolu[9]		1 626	264	503	223	0	2 616	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 4: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP IV, expozícia JV, nadm. výška 500 m n. m.

Tab. 4: *Natural regeneration structure, PRP IV, aspect SE, altitude 500 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
	1ročné[3]	24	0	21	48	0	93	4,8
	2ročné	74	0	27	51	0	152	7,9
≤ 20 cm	3ročné	73	11	38	53	0	175	9,0
	4ročné	84	26	34	0	0	144	7,4
	5ročné	264	74	87	0	0	425	22,0
21–50 cm		388	77	98	0	0	563	29,1
51–80 cm		102	76	97	0	0	275	14,2
81–130 cm		54	7	0	0	0	61	3,2
> 130 cm		46	0	0	0	0	46	2,4
spolu[9]		1 109	271	402	152	0	1 934	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 5: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP I, expozícia SV, nadm. výška 400 m n. m.

Tab. 5: *Natural regeneration structure, PRP I, aspect NE, altitude 400 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
	1ročné[3]	54	0	13	0	0	67	2,6
	2ročné	116	0	16	0	0	132	5,2
≤ 20 cm	3ročné	128	17	91	0	0	236	9,3
	4ročné	241	39	61	0	0	341	13,4
	5ročné	484	81	82	0	0	647	25,4
21–50 cm		442	71	81	0	0	594	23,4
51–80 cm		192	79	97	0	0	368	14,5
81–130 cm		87	10	0	0	0	97	3,8
> 130 cm		61	0	0	0	0	61	2,4
spolu[9]		1 805	297	441	0	0	2 543	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 6: Štruktúra prirodzenej obnovy, TVP I, expozícia JV, nadm. výška 400 m n. m.

Tab. 6: *Natural regeneration structure, PRP I, aspect SE, altitude 400 m a. s. l.*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
	1ročné[3]	51	0	14	0	0	65	2,4
	2ročné	136	0	33	0	0	169	6,1
≤ 20 cm	3ročné	207	24	71	0	0	302	11,0
	4ročné	303	53	57	0	0	413	15,0
	5ročné	491	92	81	0	0	664	24,1
21–50 cm		487	87	74	0	0	648	23,5
51–80 cm		184	80	81	0	0	345	12,5
81–130 cm		70	13	0	0	0	83	3,0
> 130 cm		63	0	0	0	0	63	2,3
spolu[9]		1 992	349	411	0	0	2 752	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

Tab. 7: Štruktúra prirodzenej obnovy (priemer za porast).

Tab. 7: *The natural regeneration structure (average stand).*

		drevina[1]						
		buk[4]	jaseň[5]	javor[6]	tis[7]	jedľa[8]	spolu[9]	
kategória[2]		[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[ks.ha^{-1}]	[%]
	1ročné[3]	56	0	22	28	0	106	3,9
	2ročné	122	0	30	30	3	185	6,9
≤ 20 cm	3ročné	200	22	66	26	0	314	11,7
	4ročné	233	44	56	0	0	333	12,4
	5ročné	411	89	100	0	0	600	22,3
21–50 cm		467	78	88	0	0	633	23,5
51–80 cm		200	78	100	0	0	378	14,0
81–130 cm		78	11	0	0	0	89	3,3
> 130 cm		56	0	0	0	0	56	2,1
spolu[9]		1 823	322	462	84	3	2 694	100,0

[1]woody species, [2]category, [3]age, [4]beech (*Fagus sylvatica* L.), [5]ash (*Fraxinus excelsior* L.), [6]maple (*Acer pseudoplatanus* L.), [7]yew (*Taxus baccata* L.), [8]fir (*Abies alba* Mill.), [9]together

ZÁVERY A DISKUSIA

Z celkovej výmery 7240 ha lesov obhospodarovaných spoločnosťou Mestské lesy, s. r. o. Banská Bystrica je podľa platného Lesného hospodárskeho plánu na roky 2009–2018 zaradených do kategórie lesov ochranných 1828 ha, čo predstavuje až 25 % výmery. V týchto lesoch je funkcia protierózna prvoradá, jej význam je však nespochybniteľný v lesoch hospodárskych a lesoch osobitného určenia, kde sa na základe zaradenia porastov do funkčných typov uplatňuje až v 52 % porastov ako funkcia druhoradá. Spolu tak až 77 % celkovej výmery tvoria porasty, v ktorých významnosť protieróznej funkcie je viac ako 33 %. Táto skutočnosť výrazným spôsobom ovplyvňuje spôsob obhospodarovania, technologické postupy, hustotu lesnej cestnej siete, kvalitu a kvantitu vyťaženej drevnej hmoty, čo sa významnou mierou prejavuje aj na ekonomických výsledkoch v tomto neštátnom lesníckom subjekte.

V minulých desaťročiach bol zaužívaný spôsob pri vyhotovení lesných hospodárskych plánov v pláne ťažby a výchovy slovný popis „bez zásahu“. Sú porasty, kde ponechanie vývoja výlučne na prírodné procesy malo svoje opodstatnenie, v mnohých prípadoch však viedlo k ich rozpadu a následnej strate funkčnej účinnosti.

Pri plnení pôdoochrannej protieróznej funkcii je dôležité zabezpečenie stálosti a nepretržitosti na každej jednotke plochy. V tomto ohľade má významnú úlohu prirodzená obnova, ktorá zabezpečuje krytie pôdneho povrchu najmä pri náhlom odumretí jedincov hornej vrstvy (v posledných desaťročiach predovšetkým vplyvom vetrových kalamít).

Predkladaná práca poukazuje na zvyšujúci sa počet jedincov prirodzenej obnovy pri znižujúcom sa plošnom zápoji materského porastu. Tento poznatok je možné využiť pri cieľavedomom, citlivom usmernení štruktúry porastu tak, aby bola zvýšená funkčná účinnosť porastu. Z tohto pohľadu sa ako najvhodnejšie opatrenie javí účelový výber jedincov s nízkou funkčnou účinnosťou (stromy labilné, slabo ukotvené v pôde, vychýlené, preštíhlené, so zníženou vitalitou, poškodené, uschýnajúce a pod.). Nezanedbateľný význam pri plnení protieróznej funkcii majú v lese organické pozostatky, ktoré najmä na strmých

svahoch poskytujú dôležité prvky pre ukladanie sedimentov (WILFORD 1984). V súlade s týmito poznatkami je vhodné uskutočňovať ťažbu smerovou stínkou v smere vrstevníc a ponechávať vyťaženú hmotu pri pni. Týmto opatrením sa eliminuje aj prípadné poškodenie pôdneho krytu a ostávajúcich stromov približovaním drevnej hmoty.

Pôdoochranná protierózna funkcia lesa je v záujmovom území úzko spätá s funkciou vodohospodárskou, keďže celá oblasť je významným zdrojom pitnej vody pre široké okolie. Správny manažment obhospodarovania lesných porastov je preto dôležitý najmä z pohľadu vplyvu na kvalitu života a zdravie obyvateľstva v celej spádovej oblasti.

LITERATÚRA

ANTAL, J. (2005): Protierózna ochrana pôdy. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra. 79 s.

COHEN, J. (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdal, 567 s.

DVOŘÁK, J. – NOVÁK, L. (1994): Soil conservation and silviculture. Elsevier Science, Amsterdam, 399 s.

GUBKA, K. (2006): Pestovné opatrenia v porastoch s protieróznou funkciou. In: Vplyv štruktúry porastov a pestovných opatrení na zníženie rizika pôdnej erózie. Technická univerzita, Zvolen, s. 22–24.

INTRIBUS, R. et al. (1979): Výskum funkcií lesa a zásad obhospodarovania lesov s integrovanými funkciami: súhrnná záverečná správa. VULH, Zvolen, 347 s.

JAKUBIS, M. (2006): Protierózna ochrana lesného pôdneho fondu. In: Vplyv štruktúry porastov a pestovných opatrení na zníženie rizika pôdnej erózie. Technická univerzita, Zvolen, s. 3–5.

JANKOV, J. – GUBKA, K. (2012): Prirodzená obnova tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v lesoch s protierózno-produkčným zameraním. In: Pestovanie lesa v strednej Európe. Saniga, M., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), Technická univerzita, Zvolen, s. 246–254.

JANKOV, J. – NIČ, J. (2009): Dynamika fytocenóz s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) vo Veľkej Fatre. In: Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany SAV 2009. Barta, M., Konôpková, J. (eds.), Arborétum Mlyňany SAV, Vieska nad Žitavou, s. 106–110.

JURČA, J. – BAGAR, R. – RÉH, J. (1986): Biotechnika účelových lesů. SZN, Praha, 368 s.

KANTOR, P. – KARL, Z. (2006): Analysis of evaporation in a young spruce and beech stand and in the open area in the period without precipitation in the permanent field research station Deštné, the Orlické hory Mts. In: Stabilization of Forest Functions in Biotopes Disturbed by anthropogenic activity. VULHM, VS Opočno, s. 387–397.

KANTOR, P. – ŠACH, F. (2002): Možnosti lesů při tlumení povodní. Lesnická práce, 81: 11: 493–495.

KORPEĽ, Š. (1989): Pralesy Slovenska. Veda – vydavateľstvo SAV, Bratislava, 332 s.

KRAVČÍK, M. et al. (2007): Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Krupta Print, Žilina, 90 s.

KUCBEL, S. (2005): Štruktúra a regeneračné procesy porastu s dominantnou pôdoochrannou funkciou. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 47: 195–206.

MIDRIAK, R. et al. (1981): Diferencované obhospodarovanie lesa podľa integrovaných funkcií. Lesnícke štúdie, 31, Príroda, Bratislava, 222 s.

MIŇĎÁŠ, J. – ŠKVARENINA, J. – STŘELCOVÁ, K. (2001): Význam lesa v hydrologickom režime krajiny. Životné prostredie, 35: 3: 146–150.

MRÁČEK, Z. – KREČMER, V. (1975): Význam lesa pro lidskou společnost. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 225 s.

PAPÁNEK, F. (1978): Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. Lesnícke štúdie, 29, VÚLH, Zvolen, 215 s.

PODRÁZSKÝ, V. – KUPKA, I. (2011): Vliv lesních dřevin a lesnických zásahů na hydrofyzikální charakteristiky půd – krátke sdělení. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží. Zborník vedeckých prác, Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.), Technická univerzita, Zvolen, s. 99–103.

RÉH, J. (1993): Hospodárenie v účelových lesoch. Zvolen, ES TU vo Zvolene, 213 s.

RÉH, J. (1999): Pestovanie účelových lesov. Zvolen, Technická univerzita. 218 s.

RÖHRIG, E. – BARTSCH, N. – DENGLER, A. (1992): Waldbau auf ökologischer Grundlage – Der Wald als Vegetationsform und seine Bedeutung für den Menschen. Band 1. Parey Verlag, Hamburg – Berlin, 350 s.

SANIGA, M. – KUCBEL, S. (2011): Prírode blízke pestovanie lesa. Technická univerzita, Zvolen. 70 s.

ŠMELKO, Š. (2007): Dendrometria. Technická univerzita, Zvolen, 401 s.

TUTKA, J. – KOVALČÍK, M. – SARVAŠOVÁ, Z. (2011): Hodnotenie verejnoprospešných funkcií lesných ekosystémov. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 87 s.

WILFORD, D. J. (1984): The sediment-storage function of large organic debris at the base of unstable slopes. In: Fish and Wildlife Relationships in Old-Growth Forests. Proceedings of a symposium, American Institute of Fishery Research Biologists, Juneau, Alaska, 115–119 s.

Lesný hospodársky plán pre LC Mestské lesy s. r. o. Banská Bystrica na roky 2009–2018. Zvolen, Euroforest s. r. o.

Zelená správa 2012 (Správa o lesnom hospodárstve Slovenskej republiky za rok 2011). Ministerstvo pôdohospodárstva SR, Bratislava, 67 s. Dostupne na: <http://www.mpsr.sk/sk/index.php?navID=123&id=7199>, [cit. 2013-03-17].

Adresy autorov

Ing. JOZEF JANKOV
Mestské lesy Banská Bystrica s. r. o.,
Dolný Harmanec 51,
974 03 Harmanec
e-mail: jozefjankov@gmail.com

doc. Ing. KAROL GUBKA, CSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Katedra pestovania lesa
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: gubka@tuzvo.sk

Výchovné zásahy v smrečinách a škody zverou

Interventions in spruce stands and damages caused by game

MARTIN KAMENSKÝ – IGOR ŠTEFANČÍK – SLAVOMÍR STRMEŇ

Abstract

Game is an integral part of a forest. Sometimes it affects the forest ecosystem such an extent that it substantially limits the functioning and performance of social functions. This situation is particularly caused by high numbers of ruminant animals and inappropriate silviculture practices. Therefore, both hunters and foresters should participate in solving of the problem. In this paper, the damage (nibbles, husking a bark) is assessed in neglected small pole stage spruce forest (diameter 6–12 cm) from natural regeneration where different methods of silviculture were used, including the original procedure designed just for neglected spruce thicket and a small pole stage damaged by game. There are proposed also some measures for game management and for silviculture of spruce forest stands damaged by game.

***Keywords**: spruce, damages caused by game, cleaning*

Abstrakt

Zver je neoddeliteľnou súčasťou lesa. Niekedy narúša ekosystém lesa v takej miere, že v podstatnej miere obmedzuje jeho fungovanie a jeho plnenie spoločenských funkcií. Príčinou tohto stavu sú najmä vysoké stavy prežúvavej zveri a nevhodné fytotechnické postupy pestovania lesa. Na riešení problému by sa teda mali podieľať tak poľovníci ako i lesníci. V práci je zhodnotené poškodenie ohryzom a lúpaním vo výchovne zanedbanej smrekovej žŕdkovine z prirodzenej obnovy, v ktorej sa uplatnili rôzne postupy výchovy, vrátane originálneho postupu navrhnutého práve pre výchovu pestovne zanedbaných smrekových mladín a žŕdkovín atakovaných zverou. Navrhnuté sú aj niektoré opatrenia pri poľovnom obhospodarovaní zveri a pri výchove smrekových porastov poškodzovaných zverou.

***Kľúčové slová**: smrek, škody zverou, prečistky*

ÚVOD

Podľa § 21, odst. 1 zákona č. 326/2005 o lesoch v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon o lesoch“) výchova lesa je hospodárenie v lesných porastoch predrubného veku zamerané na zlepšenie ich vývoja, druhovej a priestorovej štruktúry, zdravotného stavu, odolnosti a kvality. Všeobecne sa uznáva, že účelom výchovy lesných porastov je dosiahnutie čiastkových cieľov a konečného prevádzkového cieľa. Záleží od odbornej zdatnosti lesného hospodára a jeho znalosti miestnych pomerov, aby navrhol taký postup výchovy konkrétneho lesného porastu, ktorý vytvorí reálne predpoklady na splnenie účelu výchovy. Pri rozhodovaní o voľbe správneho postupu výchovy musí lesný hospodár zohľadňovať aj potenciálne ohrozenie škodlivými činiteľmi alebo pravdepodobnosť vzniku

poškodenia, ktoré môže ohrozovať splnenie účelu výchovy a dosiahnutie stanovených cieľov. Jedným z takýchto činiteľov je aj lesná zver. Už v roku 1970, čiže v čase keď na Slovensku bolo ulovených 7 650 kusov jelenej zveri, upozorňoval BALIŠ (1970), že „jelenia zver značne vplýva na svoje prostredie a najmä pri vyššej plošnej hustote, v monotypových, troficky chudobných lesoch, môže v značnej miere pôsobiť na ekonomiku lesného hospodárstva".

Podľa FINĎU, PETRÁŠA (2007) sú pre jeleniu zver najvhodnejším prostredím listnaté a zmiešané lesy, ktoré sa striedajú s trávou alebo kultúrnou stepou. Podobne SCHWARZ (1997) uvádza, že v minulosti bola jelenia zver svojim areálom rozšírenia predovšetkým nížinnou zverou, ale jej pôvodné ekosystémy boli človekom premenené a horské oblasti sú pre ňu náhradným životným areálom. Nielen zmena pôvodných ekosystémov, ale zmena početnosti spôsobila, že zver plnením svojich životných potrieb narúša ekosystémy smrečín v takej miere, že významne obmedzuje usmerňovanie druhovej a priestorovej štruktúry, zdravotného stavu, odolnosti a kvality drevín a znemožňuje dosiahnutie čiastkových cieľov a konečného cieľa výchovy.

Názory na početnosť zveri v lesoch sa veľmi rôznia podľa hĺbky poznania problému, resp. podľa toho, či je to názor poľovníka, laika – obdivovateľa lesnej zveri, alebo lesníka bez poľovníckej vášne. Aj odborníci na poľovníctvo neskrývajú negatívny vplyv jelenej zveri na prostredie v prípade jej premnoženia. Napr. BALIŠ (1972) konštatuje, že „jelenia zver predstavuje v prostredí prevažne negatívneho činiteľa, negatívne ovplyvňuje najmä lesné hospodárstvo, ak sa chová vo vyššom, so zreteľom na prostredie nadlimitnom počte." Nespochybniteľnou skutočnosťou je, že od roku 2007 je zjavný nárast poškodenia starších lesných porastov obhryzom a lúpaním kôry (FINĎO, KAŠTIER 2011) a v súčasnosti je ťažko nájsť na Slovensku smrekový porast, ktorý by nebol do veku cca 40 rokov vo väčšej či menšej miere takto poškodený.

Človek narušil rovnováhu v ekosystéme lesa a v súčasnosti je jednou z jeho najdôležitejších úloh udržiavanie rovnováhy v prírode. Vzťah medzi lesom a zverou je hľadaním vyváženej rovnováhy medzi jednotlivými prvkami ekosystému a jeho užitočnými funkciami, medzi potrebami poľovnej zveri a možnosťami lesných spoločenstiev (KATRENIAK 1973; SLOUP 2007).

PROBLEMATIKA

Lesné hospodárstvo v súčasnosti rieši mnohé problémy najmä v súvislosti s neúmerne vysokými náhodnými ťažbami, nepriaznivou ekonomickou situáciou a to aj zmenou systému hospodárenia, najmä postupnou zmenou štruktúry porastov vrátane druhovej skladby. Tomuto úsiliu môžu významne brániť neúmerné škody zverou. Podľa SCHWARZA (1997) má redukcia stavov jelenej zveri zásadný význam pre prirodzenú obnovu a pre rekonštrukciu prírode blízkej druhovej skladby lesných ekosystémov.

PAULENKA et al. (1993) konštatovali, že značný podiel na poškodení lesa majú vysoké stavy prežúvavej zveri a nevhodné fytotechnické postupy. Na riešení tohto problému by sa teda mali podieľať tak poľovníci ako i lesníci. V tejto súvislosti sa žiada uviesť poznámka, že na Slovensku je poľovníkov podstatne viac ako lesníkov, majú zastúpenie všade, vrátane najvyššieho zákonodarného orgánu a významnejšie lesnícke posty sú spravidla obsadzované poľovníkmi – lesníkmi. Nemožno sa ubrániť dojmu, že týmto je ovplyvnená aj legislatíva. Napr. podľa na Slovensku platných zákonov obhospodarovatelia lesov sú povinní zabrániť

poškodzovaniu stromov zverou, poľovníci nie sú povinní udržiavať normované stavy zveri. Ak človek odcudzí niekoľko klasov kukurice, dopustí sa podľa novely trestného zákona z roku 2000 (tzv. farmársky zákon) trestného činu, ak zver zničí úrodu niekoľkohektárového poľa, a jeho vlastník, resp. obhospodarovateľ nevykonal opatrenia na zabránenie týchto škôd, nemá nárok na úhradu škody. Proti zlodejovi – človekovi môže vlastník súkromného majetku na svojom pozemku použiť za istých podmienok aj zbraň, proti zveri mu takéto právo z titulu vlastníctva neprislúcha...

Úspešné pestovanie lesa predpokladá také stavy zvery, pri ktorých je možné pomocou metód individuálnej ochrany dosiahnuť prevádzkový cieľ. Za hlavnú príčinu škôd sa pokladá neprimeraná populačná hustota zveri (BALIŠ, 1972; PRIEN, 1997). Poškodenie lesa sa považovalo v minulosti za dôležitý faktor pri určovaní zásad poľovníctva. Napr. vládne uznesenie č. 448/1956 určovalo pre vtedajšiu päťročnicu maximum prípustných strát na lesných kultúrach za prvý rok do 15 % a za päť rokov do výšky 25 %. Neskôr sa brala za základ pri bonitácii poľovných revírov zásoba prirodzenej potravy pre zver vo vegetačnom období. V súlade s európskym trendom zo 60. rokov 20. storočia, od roku 1973 je na Slovensku deklarované pravidlo, že tzv. normované kmeňové stavy, odvodené na základe zimnej zásoby dendromasy dostupnej pre prežúvavú zver, zaručujú racionálne poľovnícke hospodárenie a únosné škody. Pritom zásoba zimnej dendromasy, resp. zaradenie poľovných revírov do kvalitatívnych tried sa v zmysle platnej legislatívy (vyhláška č. 344/2009) vykonáva podľa podielu skupín lesných typov na ploche revíru, nie podľa hospodárskych súborov porastových typov, čiže aktuálneho stavu lesných porastov. To má za následok, že napr. rovnorodé smrekové porasty s minimálnym potenciálom pastvy pre zver, nachádzajúce sa na stanovištiach zmiešaných porastov s bohatým bylinným a krovitým podrastom, majú zimnú zásobu dendromasy nadhodnotenú, sú zaradené do vyššej kvalitatívnej triedy a majú stanovené vyššie normované kmeňové stavy ako odpovedajú porastovým pomerom.

Čo sú únosné škody, ako sa majú zisťovať a vyhodnocovať, sú otázky, ktoré nie sú jednoznačne zodpovedané a pri určovaní normovaných stavov má poškodenie lesa veľmi malú váhu. Pritom v súčasnosti je európsky trend opačný. Ako uvádza SLOUP (2007), napr. v Bavorsku sa uplatňuje hodnotenie poškodenia terminálu. Keď je podľa šetrenia v teréne menej ako 15 % jedincov poškodených odhryzom, nie je redukcia stavu zveri nutná. Ak zistený odhryz presahuje 30 %, čo sa považuje za likvidáciu najcitlivejších drevín, redukcia stavu je nevyhnutná. Podľa pravidiel lesov v Sasku, predstavuje únosný stav 1 % jedincov poškodených lúpaním a 20 % ohryzom. Podľa uvedeného autora z ekonomického hľadiska je za maximálnu prípustnú mieru poškodenia cieľových drevín v kultúrach považované poškodenie odhryzom do 10 % jedincov a maximálny možný výskyt obhryzu a lúpania u 5 % jedincov. Na Slovensku sa podľa § 6, odst. 4 vyhlášky č. 297/2011 o lesnej hospodárskej evidencii do evidencie ani nezahrnú stromy poškodené obhryzom a lúpaním, pokiaľ ich podiel z celkového počtu stromov určitej dreviny v jednotke priestorového rozdelenia lesa (JPRL) neprekročí 25 %.

Na druhej strane výška škôd súvisí aj so spôsobom hospodárenia v lese, s uplatňovaným hospodárskym spôsobom, postupmi výchovy porastov, aj rozsahom a kvalitou opatrení realizovaných na zabránenie škôd. ČERMÁK (2007) konštatuje, že vzhľadom k výrazne vyššej početnosti drevín v prirodzenej obnove a naopak vzhľadom k vysokej atraktivite umelej obnovy pre odhryz treba pre zníženie škôd odporučiť uprednostňovanie prirodzenej obnovy. Podobne INDRUCH (2002) zistil, že zmiešané listnaté porasty z prirodzenej obnovy

si dokážu bez problémov udržať primeranú kvalitu napriek istému tlaku zveri. Samotné uplatňovanie prirodzenej obnovy nepochybne poskytuje bohatšiu zásobu dendromasy dostupnú pre prežúvavú zver, ale nemusí automaticky pôsobiť na zníženie škôd obhryzom a lúpaním. V prípade zanedbania výchovy smrekových mladín z prirodzenej obnovy s veľkou početnosťou stromov na jednotku plochy môže nastať opačný efekt, škody sa môžu zvýšiť. Prirodzená obnova smreka v rastovej fáze nárastov a v počiatočnej fáze mladín je poškodzovaná odhryzom, ale vďaka veľkej početnosti je spravidla toto poškodenie bezvýznamné. Postupne sa nevychovávané smrekové mladiny stávajú pre zver ťažko priechodné, ale dochádza v nich veľmi rýchlo k odumieraniu spodných praslenov a po ich preriedení v rámci výchovného zásahu, stáva sa atraktívna kôra mladých stromov dostupná pre zver a dochádza k veľkým škodám obhryzom a lúpaním. Problému možno do istej miery predísť včasnou výchovou mladých porastov, v rámci ktorej možno vytvoriť podmienky pre prežívanie istého podielu mäkkých listnatých drevín atraktívnych pre zver, najmä rakyty a osiky, ale predovšetkým zabrániť predčasnému odumieraniu spodných praslenov minimálne u určeného počtu perspektívnych jedincov. Tým sa dosiahne ich hlboké zavetvenie, ktoré výrazne obmedzuje prístup zveri ku kmeňom a tak ich chráni pred poškodením. V prípade, že výchovný zásah príde až v čase, keď spodné prasleny do výšky 1–2 m sú už odumreté, možno v oblastiach so zvýšeným atakom zveri zabrániť poškodeniu len finančne pomerne náročnou ochranou. Do úvahy prichádza najmä kvalitná individuálna ochrana určeného počtu perspektívnych jedincov.

V nadväznosti na uvedené bolo cieľom tohto príspevku zistiť rozsah poškodenia zverou (obhryzom a lúpaním) po zásahu vykonanom rozdielnymi spôsobmi na troch výskumných plochách založených v smrekových mladinách.

MATERIÁL A METODIKA

V roku 2010 bol založený Výskumno-demonštračný objekt (VDO) Kysuce. VDO založilo NLC Zvolen a Lesy SR, š. p., pod gesciou Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka (MPaRV) SR. Jeho účelom je overovanie nových poznatkov výskumu a ich prenos do praxe v jednom z regiónov Slovenska, ktoré sú najviac zasiahnuté odumieraním smrečín.

VDO sa rozprestiera na dvoch samostatných lokalitách a to na Husáriku a Polome. Lokalita Husárik s výmerou 609 ha reprezentuje nižšie polohy na rozhraní 4. a 5. lesného vegetačného stupňa s prevahou živných stanovíšť. Na tejto lokalite sme založili aj pokusné plochy na výskum výchovy smrekových porastov.

Na výskum prečistiek (prerezávok) bola v roku 2010 založená pokusná plocha (PP) I pozostávajúca z troch čiastkových plôch (ČP), z ktorých každá má výmeru 0,25 ha (štvorec s rozmermi 50 × 50 m). PP Bola založená v 15ročnom rovnorodom smrekovom poraste z kombinovanej obnovy na prechode z rastovej fázy mladiny do rastovej fázy žŕdkoviny, v ktorej ešte neboli vykonávané žiadne výchovné zásahy. Išlo o porast so zanedbanou výchovou, do istej miery už poškodený ohryzom a lúpaním kôry jeleňou zverou. Po rozčlenení jednotlivých ČP árovou sieťou sme realizovali v jeseni roku 2010 nasledovné zásahy:

ČP 1: Na každom ári sme v rozstupe cca 5 m vytypovali 4 cieľové stromy (CS), čiže približne 400 kusov CS na plochu 1 ha a vykonali sme pozitívny zásah tak, aby koruny týchto stromov boli uvoľnené po celom obvode, minimálne z 3/4 obvodu. Do stromov, ktoré

boli indiferentné voči CS sme nezasahovali. Následne sme CS vyvetvili do výšky cca 2,3 m a obalili pletivom z umelej hmoty, kvôli ochrane proti zveri.

ČP 2: Na každom ári sme ponechali cca 16 stromov v priemernom rozstupe 2,5 m a ostatné stromy sme odstránili. Z nich sme v rozstupe cca 5 m vytypovali CS a následne sme CS vyvetvili do výšky cca 2,3 m a obalili pletivom z umelej hmoty, kvôli ochrane proti zveri.

ČP 3: Na každom ári sme ponechali cca 20 stromov v priemernom rozstupe 2,24 m a ostatné stromy sme odstránili. Z nich sme v rozstupe cca 5 m vytypovali CS a následne sme CS vyvetvili do výšky cca 2,3 m a obalili pletivom z umelej hmoty, kvôli ochrane proti zveri.

V jeseni 2012 sme zistili na jednotlivých ČP poškodenie stromov ohryzom a lúpaním. Na ČP 1 sme vzhľadom na veľký počet stromov na jednotku plochy zisťovali poškodenie výberovým spôsobom, na 7 ároch, na ČP 2 a 3 sme hodnotili všetky stromy. Každý hodnotený strom sme zaradili do stromovej vrstvy (1 až 3) a poškodenie sme hodnotili podľa nasledovnej stupnice:

0 – nepoškodený strom,

1 – strom slabo poškodený, rana do veľkosti 50 cm^2,

2 – strom mierne poškodený, rana veľkosti 51–100 cm^2,

3 – strom silno poškodený, rana veľkosti viac ako 100 cm^2.

Na ČP 1 sme ešte rozlišovali staršie poškodenie, ktoré vzniklo pred zásahom a novšie, ktoré vzniklo po zásahu. Na ČP 2 a 3 boli stromy so starším poškodením pri zásahu odstránené.

VÝSLEDKY

Po prvej zime neboli pozorované väčšie škody zverou, pravdepodobne vďaka zhoršenej priechodnosti spôsobenej ponechaním odstránených jedincov pri pni. Po druhej zime sa situácia zmenila, zaznamenali sme výrazný atak zveri, o ktorom svedčia číselné údaje uvedené v Tab. 1.

Údaje v tabuľke svedčia o jednoznačnom vplyve vykonaných prečistkových zásahov na výšku poškodenia stromov obhryzom a lúpaním. Zver najmenej poškodila stromy na ČP 1, na ktorej sa vykonal len pozitívny zásah v prospech vytypovaných 400 CS, kde bolo poškodených 11,25 % jedincov a 3 % CS, pričom 2 % stromov boli poškodené silno a 1 % slabo. Na ČP 3, na ktorej sme redukovali počet stromov na cca 2000 ks na ha bolo poškodených 27,80 % stromov, pričom takmer 20 % silno. Poškodených bolo aj viac ako 6 % CS, viac ako 3 % silno. K najväčšiemu poškodeniu došlo na ČP 2, na ktorej sme redukovali počet stromov na cca 1600 ks na ha. Poškodených bolo 49,14 % stromov, takmer 35 % silno, necelých 5 % mierne a ďalších takmer 10 % slabo. Poškodených bolo aj takmer 23 % CS, viac ako 9 % silno. Čo sa týka poškodenia stromov podľa stromových vrstiev, na všetkých ČP bolo zaznamenané najsilnejšie poškodenie v 1. – hornej, menšie v 2. – strednej a najmenšie v 3. – spodnej stromovej vrstve.

Treba podotknúť, že rozdiely v intenzite poškodenia nie sú len v relatívnych hodnotách, ale aj v absolútnych hodnotách. (ČP 1 – 883 ks, z toho 467 ks pred a 416 ks po vykonaní zásahu zo 7850, ČP 3 – 537 ks z 1 929, ČP 2 –792 ks z 1 612, na ČP 2 a 3 boli poškodené

stromy pri zásahu odstránené.) Intenzita poškodenia stromov závisí od celkovej početnosti stromov na jednotku plochy po zásahu.

Tab. 1: Počty stromov v smrekovej mladine na jednotlivých ČP podľa stromových vrstiev a stupňa poškodenia

Tab. 1: *Number of trees in spruce thicket on plots according to tree classes and degree of damage*

Vr.[1]	St. p.[2]	ČP3[1]				ČP[2]				ČP[3]			
		Počet stromov[4]		Z toho CS[5]		Počet stromov[4]		Z toho CS[5]		Počet stromov[4]		Z toho CS[5]	
		[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]	[ks]	[%]
1.	0	2 033	75,3	388	97,0	524	51,6	272	79,1	908	69,4	348	93,5
	1	183	6,8	4	1,0	76	7,5	32	9,3	52	3,9	12	3,2
	2	50	1,9	0	0,0	40	3,9	8	2,3	48	3,7	0	0,0
	3	433	16,0	8	2,0	376	37,0	32	9,3	300	22,9	12	3,2
	Σ	2 699	100,0	400	100,0	1 016	100,0	344	100,0	1 308	100,0	372	100,0
2.	0	1267	89,4	0	0,0	216	46,2	28	63,6	336	73,7	8	100,0
	1	17	1,2	0	0,0	56	12,0	8	18,2	32	7,0	0	0,0
	2	33	2,3	0	0,0	32	6,8	4	9,1	8	1,8	0	0,0
	3	100	7,1	0	0,0	164	35,0	4	9,1	80	17,5	0	0,0
	Σ	1417	100,0	0	0,0	468	100,0	44	100,0	456	100,0	8	100,0
3.	0	3 667	98,2	0	0,0	80	62,5	0	0,0	148	90,2	0	0,0
	1	17	0,5	0	0,0	20	15,6	0	0,0	8	4,9	0	0,0
	2	33	0,9	0	0,0	4	3,1	0	0,0	4	2,4	0	0,0
	3	17	0,5	0	0,0	24	18,8	0	0,0	4	2,4	0	0,0
	Σ	3734	100,0	0	0,0	128	100,0	0	0,0	164	100,0	0	0,0
Σ	0	6 967	88,8	388	97,0	820	50,9	300	77,3	1 392	72,2	356	93,7
	1	217	2,8	4	1,0	152	9,4	40	10,3	92	4,8	12	3,2
	2	116	1,5	0	0,0	76	4,7	12	3,1	60	3,1	0	0,0
	3	550	7,0	8	2,0	564	35,0	36	9,3	384	19,9	12	3,2
	Σ	7 850	100,0	400	100,0	1 612	100,0	388	100,0	1 929	100,0	380	100,0

Poznámka: PP I bola založená v poraste so strednou hrúbkou do 5 cm, teda v rastovej fáze mladiny. Realizáciou výchovného zásahu došlo na ČP 2 a 3 k redukcii najmä najtenších jedincov a tým k zvýšeniu strednej hrúbky nad 6 cm, čím sa porast presunul do rastovej fázy žŕdkoviny.

Legenda: Vr.[1] – stromová vrstva (tree class), St. p.[2] – stupeň poškodenia (degree of damage), ČP[3] – čiastková plocha (partial plot), [4]Number of trees, [5]Number (proportion) of target trees

Aj množstvo poškodených CS na jednotlivých ČP, hoci tieto boli rovnako chránené pletivom, je na jednotlivých plochách rozdielne. Na ČP 1 boli poškodené 3,00 %, na ČP 3 6,32 % CS a na ČP 2 22,68 % z počtu CS. Intenzita poškodenia CS odpovedá celkovej intenzite poškodenia týchto plôch. Pri ochrane sme predpokladali, že v dobe núdze, kedy dochádza k najväčším škodám bude na ploche snehová pokrývka a spodok pletiva sme umiestňovali cca 50 cm nad povrch pôdy. Ukázalo sa, že jelenia zver dokáže poškodiť CS už vo výške 40 cm nad zemou, teda v menšej výške ako sme umiestňovali pletivo. Rozdiely v intenzite poškodenia CS, hoci tieto boli rovnako chránené, sú zrejme spôsobené rozdielnym atakom zveri, ktorý zjavne súvisí s početnosťou stromov na jednotke plochy.

Čo sa týka poškodenia stromov podľa jednotlivých stromových vrstiev, na všetkých ČP majú výrazne najnižšie percento poškodenia stromy spodnej vrstvy. Na menej poškodených ČP 1 a 3 boli najviac poškodené stromy hornej stromovej vrstvy a na najviac poškodenej ČP 2 je percento poškodenia stromov hornej a strednej vrstvy viac-menej vyrovnané. V absolútnych hodnotách sa ukazuje jednoznačný trend, na všetkých plochách je najviac poškodených stromov v hornej, menej v strednej a najmenej v spodnej stromovej vrstve.

DISKUSIA A ZÁVER

Z výsledkov výskumu jednoznačne vyplýva, že zvolený spôsob výchovného zásahu v prerezávkových porastoch výrazne ovplyvňuje celkové množstvo poškodených stromov ohryzom a lúpaním. K obdobným výsledkom dospeli aj TUREK et al. (2012). Uvedení autori považujú za hlavnú príčinu zvýšenia rozsahu poškodenia stromov cieľového porastu odstránenie všetkých podúrovňových stromov v prerezávke, pretože na plochách s pozitívnym zásahom, resp. pri odstránení len konkurenčných jedincov sa škody rozdelili na menšie indiferentné stromy, ktoré v poraste zostali. Podľa našich pozorovaní boli najviac poškodené stromy hornej stromovej vrstvy, menej strednej a najmenej spodnej. Podľa toho usudzujeme, že intenzita poškodenia silnejších stromov závisí viac od celkovej početnosti stromov na jednotku plochy po zásahu ako od toho, či boli slabšie stromy odstránené alebo ponechané. Pravdepodobne zohráva úlohu i hrúbková vyspelosť porastu. V našom prípade intenzita poškodenia klesá so zvyšujúcim sa počtom stromov na jednotku plochy. Toto zistenie je v protiklade s cieľom výchovných zásahov v smrekových mladinách (so zanedbanou výchovou), ktorým je jednak vypestovanie dostatočného množstva kvalitnej drevnej suroviny, ale aj zabezpečenie odolnosti proti škodám snehom a neskôr vetrom. Pre dosiahnutie týchto cieľov v oblastiach ohrozených abiotickými škodlivými činiteľmi mnohí odborníci považujú za potrebné radikálne zníženie počtu stromov na jednotku plochy pri prvom výchovnom zásahu (CHROUST 1976, JOHANN 1981, SLODIČÁK, NOVÁK 2007). Podľa MRÁČEKA, PAŘEZA (1986) má zníženie počtu jedincov na 2 600 až 1 600–1 800 ks na 1 ha pri prvej prerezávke mnoho predností, pričom najmä porasty z hustých náletov musia byť včas a dostatočne intenzívne preriedené. Podobne HEGER, SCHÖNBACH (1962) konštatujú, že výchovou sa má v prvom rade zvýšiť odolnosť smrekových porastov voči škodlivým vplyvom a že výchovné zásahy dávajú kladné výsledky len vtedy, ak sa uskutočňujú v mladom veku. SLODIČÁK (1995) uvádza, že zanedbanie, či nevhodné vykonanie výchovného zásahu spôsobuje nielen zníženie kvality produkcie, ale predovšetkým sa významne spolupodieľa na celkovej destabilizácii lesa a jeho poškodení abiotickými činiteľmi.

Aký vývoj možno na základe súčasných poznatkov predpokladať v porastoch už v mladosti poškodených ohhryzom a lúpaním? Skúsenosti praxe jednoznačne ukazujú, že poškodené stromy sú napadané drevokaznými hubami. Odborníci na huby sa zhodujú v názore, že pravdepodobnosť prieniku hniloby do kmeňa stromu je závislá na veľkosti rany. ČERMÁK, JANKOVSKÝ (2006) zistili, že toto platí len do veľkosti rán cca 50–100 cm^2, od tejto veľkosti sa už potenciálne nebezpečenstvo napadnutia hubami nezvyšuje. Rany sú bez ošetrenia napadané hubami v priebehu troch až niekoľko desiatok rokov od času poškodenia. Hnilobou býva napadnutých väčšinou viac ako 50 %, niekedy aj 100 % poškodených kmeňov. Podľa VICENU (2002) sa ranové hniloby v mladom dreve šíria podstatne rýchlejšie ako v staršom dreve z dôvodu vysokej vlhkosti a vysokého podielu redšieho jarného dreva. Už pri šírení hniloby 10–20 cm^2 horizontálnym smerom bude trvať rozloženie stromu s hrúbkou 10 cm 4–8 rokov, s hrúbkou 20 cm 15–30 rokov, atď. Na príkladoch zlomených stromov v predtým zverou poškodených porastoch sa ukázalo, že kmene sa lámu keď hniloba zasiahne 2/3 priemeru alebo sa farebne prejaví na 80 % plochy prierezu. Keďže k podstatnej časti poškodenia pozorovaných plôch došlo počas jednej zimy (2011–2012), je namieste obava, že v priebehu niekoľkých rokov budú poškodené viac-menej všetky stromy bez dôkladnej individuálnej ochrany. Poškodené stromy budú v krátkej dobe napadnuté

hnilobami a následne lámané. Šanca, že sa porast dožije rubného veku je prakticky nulová. Prikláňame sa preto k názoru SLOUPA (2007), podľa ktorého pri viac ako 5 % poškodení ohryzom a lúpaním, je namieste otázka opodstatnenosti vykonávania výchovných zásahov.

Ako teda postupovať pri výchove pestovne zanedbaných smrekových mladín najmä z prirodzenej obnovy? Kompromisným riešením je postup, ktorý sme realizovali na ČP 1, teda vytypovanie istého počtu stromov, v našom prípade cca 400 CS na 1 ha, pozitívny zásah v ich prospech, ich dôsledná individuálna ochrana a ponechanie všetkých indiferentných stromov. Avšak úspešnosť takéhoto spôsobu výchovy je tiež otázna. Má minimálne dve nezodpovedané otázky. Po prvé, či nebudú nechránené indiferentné stromy po preriedení porastu v procese prirodzeného vývoja poškodené zverou natoľko, že bude nutná rekonštrukcia porastu podobne ako sa to už teraz javí pri vykonaní klasických prerezávok. Po druhé, či počet vytypovaných CS cca 400 ks na ha je dostatočný s ohľadom na to, že v rastovom štádiu mladiny sa ešte nemusel prejaviť dostatočne rastový a kvalitatívny potenciál stromov. Tu však treba poznamenať, že napr. aj v Belgicku pristupujú k označeniu CS v smrekových porastoch už pri prvom výchovnom zásahu vo veku cca 15 rokov (BEDNÁŘ, 2011). Tieto otázky môžu byť zodpovedané len na základe dlhodobejších pozorovaní.

Za východisko z tejto situácie možno považovať realizáciu výchovných zásahov v smrečinách v takej intenzite, ktorá zaručí, že stromy v prečistkových porastoch budú zavetvené do konca rastovej fázy mladín až po zem a súčasne sa pri výchovných zásahoch nebudú paušálne odstraňovať všetky mäkké listnáče, najmä vŕby a osiky. Problém je však v tom, že podľa v súčasnosti platnej lesníckej legislatívy výchova mladín je len vecou odbornosti lesného hospodára a jeho schopnosti získať finančné zdroje na výkon tejto nákladovej položky obhospodarovania lesa. Aj keď sa všeobecne uznáva, že výchovné zásahy v mladinách sú nenahraditeľné, najúčinnejšie a najefektívnejšie z hľadiska usmernenia drevinového zloženia, budúcej kvality drevnej suroviny a stability lesných porastov, ich zanedbávanie je v súčasnosti oveľa aktuálnejšie ako tomu bolo v minulosti, keď výchova prečistkových a prebierkových lesných porastov do veku 50 rokov bola záväzným ukazovateľom vtedajších lesných hospodárskych plánov. Niečo také ako „kritéria naliehavosti výchovného zásahu“ je pre našu lesnícku legislatívu, na rozdiel od zahraničnej legislatívy (napr. v Čechách § 9 odst. 2 vyhl. MZe č. 84/96 Sb., § 31 odst. 1 zákona č. 289/1995 Sb.), neznáme. V súčasnosti v zmysle § 21 odst. 2 zákona o lesoch výchova lesa prečistkami a prebierkami sa vykonáva (alebo nevykonáva) v rozsahu odporučenom programom starostlivosti o lesy alebo podľa návrhu odborného lesného hospodára. Nevykonanie výchovy nie je definované ako priestupok, či správny delikt podľa § 63 a 64 zákona o lesoch. Jedinou hrozbou pre obhospodarovateľa lesa je to, že v prípade nevykonania výchovy lesa odporučenej programom starostlivosti o les, nemôže sa uchádzať o podporu z verejných zdrojov. Aktuálnosť tejto hrozby je priamoúmerná pravdepodobnosti získania takejto podpory. Vyžadovať realizáciu výchovných rubov na základe § 28, odst. 1, písm. „b“ zákona o lesoch, v zmysle ktorého je obhospodarovateľ lesa povinný vykonávať preventívne opatrenia na zabránenie nadmerného rozšírenia biotických škodlivých činiteľov, zabezpečenie stability a odolnosti lesných porastov, je tiež nereálne, pretože hoci správne vykonávaná výchova je nepochybne preventívnym opatrením na zabezpečenie stability a odolnosti lesných porastov, v zákone o lesoch (§ 21) takto definovaná nie je, hoci zabezpečiť stabilitu a odolnosť lesných porastov nadmerne poškodených ohryzom a lúpaním je

nesplniteľná úloha. Takže obhospodarovateľovi lesa zostáva len povinnosť vykonávať bližšie nedefinované opatrenia na zamedzenie škôd spôsobených zverou podľa § 28, odst. 1, písm. „f“ zákona o lesoch a pritom často bezmocnosť pri komplikovanom vymáhaní škôd spôsobených zverou. Bez zmien lesníckej legislatívy v oblasti výchovy lesných porastov je nereálne očakávať, že smrekové mladiny sa budú vychovávať tak, aby boli preventívnym opatrením na zabezpečenie stability a odolnosti lesných porastov.

Pôvodné druhy zveri sú prirodzenou súčasťou ekosystémov, v ktorých plnia nezastupiteľné funkcie a preto je potrebné ich ponechať v záujme prirodzeného fungovania ekosystému. Jednotlivé zložky ekosystému ako súčasť celku, by ale nemali ohrozovať alebo významne narušovať ostatné zložky ekosystému. Nemožno spochybňovať to, že jelenia zver je prirodzenou súčasťou ekosystémov smrečín, hoci v prvej polovici 19. storočia sa jeleň na území terajšieho Slovenska takmer nevyskytoval, prvé úlovky jelenej zveri na území Slovenského Rudohoria sú zaznamenané z roku 1885, v roku 1924 bol odhad početnosti 4 500 kusov (odstrel 1 273 kusov), tento postupne vzrastal a v roku 1991 dosiahol 21 793 kusov (BALIŠ 1970; FINĎO, PETRÁŠ 2011). Podľa oficiálnej štatistiky dosiahli v roku 2011 vykázané jarné kmeňové stavy 58 114 kusov. Podľa BALIŠA (1972) kmeňový stav 20 000 kusov treba pre Slovensko pokladať za neúnosný.

Je podivuhodné, že vlastník poľovných pozemkov v zmysle platnej legislatívy prakticky nemá možnosť ovplyvniť výšku normovaných kmeňových stavov zveri, pretože z titulu vlastníctva mu neprislúcha právo byť členom poradného zboru poľovnej oblasti ani poradného zboru v chovateľských celkoch (§ 18 zákona č. 274/2009). Je otázne, či zákon č. 274/2009 o poľovníctve je v súlade s Ústavou SR. Napr. v § 25 tohto zákona sú uložené rôzne povinnosti pre vlastníkov poľovných pozemkov, v § 69 sú vymenované prípady, kedy užívateľ poľovného revíru nie je povinný uhradiť škody spôsobené zverou, napr. podľa písm. „c“ je to v prípade, keď zver poškodí lesné porasty nechránené oplôtkami, mechanickou ochranou alebo chemickou ochranou proti ohryzu, aj v § 70, odst. 2 je nepriamo uložená vlastníkom, resp. užívateľom poľovných pozemkov povinnosť vykonávať opatrenia na zabránenie škôd spôsobených zverou bez toho, aby bola reálna možnosť pre drobných vlastníkov získať primeranú náhradu za takéto obmedzenia vlastníckeho práva v zmysle čl. 20 odst. 4, Ústavy SR.

Veľkým problémom je udržiavanie normovaných kmeňových stavov. V § 2 písm. „j“ zákona č. 274/2009 o poľovníctve je síce definované poľovnícke hospodárenie ako súbor činnosti smerujúcich na zabezpečenie normovaných kmeňových stavov zveri v požadovanej kvalite a štruktúre populácií pri zachovaní ekologickej rovnováhy v prírode. Ekologická rovnováha v zákone nie je definovaná a tak nemá v praxi žiadne uplatnenie. V § 25, odst. 6 vyhlášky č. 344/2009, ktorou sa vykonáva zákon o poľovníctve, sa síce definuje ako sa má vypočítať ročný odstrel v prípade, že kmeňové stavy sú vyššie ako normované a tak sa postupne dostať na normovaný stav, ale v praxi sa toto neuplatňuje a keďže platná legislatíva nestanovuje žiadne sankcie za akékoľvek prekročenie normovaných stavov, nie je výnimkou ich 200–300% prekročenie aj podľa nahlásených jarných kmeňových stavov, ktoré nemusia odpovedať skutočným stavom. SLOUP (2008) vykonal analýzu početnosti veľkosti populácie jelenej zveri v Krušných horách podľa skutočného odlovu a zistil, že takto vypočítané množstvo tvorí dvojnásobok nahlásených jarných kmeňových stavov a až päťnásobok normovaných kmeňových stavov. Ide o dlhodobo prehliadaný problém. Už napr. v roku 1972 uvádza BALIŠ (1972) nesprávne plánovanie chovu, v ktorom sa pracuje s prevažne

nesprávne zistenými alebo zámerne skreslenými kmeňovými stavmi. Konštatoval, že, „v revíroch, kde sú vysoké kmeňové stavy, sa skutočné stavy utajujú, pre dosiahnutie nižšieho odstrelu.“ Poľovnícky výskum sa objektívnemu zisťovaniu početnosti zveri nikdy hlbšie nevenoval, takže nemáme k dispozícii objektívne metódy odhadu početnosti, jarné kmeňové stavy nemožno považovať za objektívne. V tejto situácii je namieste otázka, či je vhodné zotrvávať pri zostavovaní plánu lovu podľa súčasnej metodiky aj napriek jej zjavným nedostatkom a napriek tomu, že lesnícky vyspelé susedné štáty až na malé výnimky pri stanovení plánov lovu považujú škody zverou za jeden z rozhodujúcich faktorov.

KUNCA et al. (2011) konštatujú, že súčasný systém poľovníctva nedokáže efektívne regulovať stavy zveri tak, aby nedochádzalo k škodám väčšieho rozsahu, či v lesníctve alebo poľnohospodárstve. Z uvedeného vyplýva, že bez zmeny legislatívnych predpisov na úseku poľovníctva nie je reálne očakávať zníženie početnosti jelenej zveri na takú úroveň, aby zver bola jedným z prvkov ekosystému lesa, ktorý je v rovnováhe s ostatnými jeho prvkami, nenarúša jeho fungovanie a neohrozuje prijatú koncepciu prírode blízkeho obhospodarovania lesa. Pri stanovovaní početných stavov je nutné zásadne vychádzať zo skutočného stavu lesných ekosystémov (porastové typy) vrátane výšky škôd spôsobených zverou, pričom zver nesmie podstatne ohrozovať druhové zloženie a zdravotný stav lesa. V súčasnosti nie sú vyvážené práva a povinnosti vlastníkov lesov a užívateľov poľovných revírov. Vlastník lesa musí mať možnosť ovplyvňovať početnosť zveri na svojich pozemkoch a to vrátane reálnej vymožiteľnosti strát spôsobených poškodením lesa zverou a poľovnícka legislatíva musí obsahovať nástroje na udržiavanie početnosti zveri tak, aby nebola ohrozená jej genetická kvalita, ale ani prekročené jej normované kmeňové stavy.

Poďakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu ITMS 26220220026 „Demonštračný objekt premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy“, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (50 %) a bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0889-11 a zmluvy č. APVV-0262-11.

LITERATÚRA:

BALIŠ, M. (1970): Jelenia zver na Slovensku. Lesnícky časopis, 17: 3–4: 379–392.

BALIŠ, M. (1972): Súčasný stav a perspektívy rozvoja chovu jelenej zveri na Slovensku. Lesnícky časopis. 18: 3: 287–295.

BEDNÁŘ, P. (2011): Pěstění lesů v Ardenách aneb exkurze Pro Silva Wallonie. Lesnická práce, 90: 11: 432–435.

ČERMÁK, P. (2007): Prevence škod zvěří. Lesnická práce, 86: 4: 158–162.

ČERMÁK, P. – JANKOVSKÝ, L. (2006): Hniloba pevníku krvavějícího a její šíření kmenem. Lesnická práce, 85: 8: 59–61.

FINĎO, S. – KAŠTIER, P. (2011): Metódy ochrany lesa proti zveri a ich efektívnosť. In: Škody zverou a na zveri a možnosti ich obmedzenia. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie konanej v Leviciach, 2. 4. 2011, Centrum výskumu živočíšnej výroby, Nitra, s. 27–37.

FINĎO, S. – PETRÁŠ, R. (2007): Ekologické základy ochrany lesa proti poškodzovaniu zverou. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, 186 s.

FINĎO, S. – PETRÁŠ, R. (2011): Ochrana lesa proti škodám zverou. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, 283 s.

HEGER, A. – SCHÖNBACH, H. (1962): Pestovanie zásoby lesného stromovia. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry v Bratislave, 294 s.

CHROUST, L. (1976): Projekt diferencované porostní výchovy. Lesnický průvodce. VÚLHM, Jíloviště-Strnady, č. 3/1976, 69 s.

INDRUCH, A. (2002): Co jsou škody zvěří způsobené na lese? Lesnická práce, 81: 2: 56–58.

JOHANN, K. (1981): Nicht Schnee, sonders faksche Bestandesbehandlung verursacht katastrophen. Informationsdienst. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 8 s.

KATRENIAK, J. (1973): Využitie lesných typov pri zatrieďovaní lesných poľovných revírov do akostných tried. Lesnícky časopis, 19: 2: 205–211.

KUNCA, A. et al. (2011): Problémy ochrany lesa v roku 2010 a prognóza na rok 2011. In: Aktuálne problémy v ochrane lesa 2011. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie. Národné lesnícke centrum vo Zvolene, 11–20.

MRÁČEK, Z. – PAŘEZ, J. (1986): Pěstování smrku. SZN, Praha, 203 s.

PAULENKA, J. et al. (1993): Aktuálne otázky ochrany lesov. Lesnický časopis – Forestry Journal 39: 4: 343–350.

PRIEN, S. (1997): Waldschäden im Wald. Ökologische Grundlagen und Integrirte Schutzmassnahmen. Berlin, Parey Buchverlag, 203 s.

SCHWARZ, O. (1997): Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Správa KRNAP, 174 s.

SLODIČÁK, M. (1995): Výchova jako prostředek stabilizace lesních porostů. Lesnická práce, 74: 10: 14–15.

SLODIČÁK, M. – NOVÁK, J. (2007): Výchova lesních porostů hlavních hospodářskych dřevin. Lesnický průvodce č. 4/2007, 46 s.

SLOUP, M. (2007): Škody zvěří na lesních porostech. Lesnická práce, 86(12): 548–551.

SLOUP, M. (2008): Šetření vlivu zvěře na lesní ekosystém Krušných hor – II. Lesnická práce 87: 8: 54–56.

TUREK, K. – KAMLER, J. – PROCHÁZKA, L. (2012): Vliv pěstebních zásahů na poškození porostů ohryzem. Lesnická práce, 91: 12: 542–545.

VICENA, I. (2002): Hniloba stromů a polomy. Lesnická práce, 81: 11: 482–485.

Adresa autorov

Ing. MARTIN KAMENSKÝ, CSc.

doc. Ing. IGOR ŠTEFANČÍK, CSc.

Ing. SLAVOMÍR STRMEŇ

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

Analýza vodivých pletiv v jehlicích horského smrku s různou růstovou strategií

Analysis of vascular tissue in needles of mountain spruce with different growth strategy

JAN LEUGNER – VÁCLAV KRPEŠ

Abstract

The experiment aims to perform a structural analysis of needles of two-year-old spruce seedlings with different growth strategy and to recognize anatomical differences occurring in treatments with different growth strategies. The information may be used for prediction of growth activity of trees in different variants.

The area of vascular bundle in cross section of needles was measured in order to determine the quantitative differences. To assess qualitative differences in physiological parameters of plant tissue needles, we measured quantitative parameters such as area of mesophyll parenchyma and central vascular bundle (xylem ratio).

Results suggest that in variants showing slower growth in nursery ("medium" and "small") better health state occurred compared with trees showing an intensive growth in nursery ("large"). Treatment "medium" shows the highest area of xylem. The ratio of the vascular area to total needle section area suggests the good adaptation syndrome in the treatment "small". There is a better potential for adaptation and growth in these initially smaller treatments.

Keywords: *analysis of needles, spruce, mountain population, vascular bundle*

Abstrakt

Cílem experimentu je provést strukturální analýzu rostlinných pletiv vytipovaných jedinců a stanovit anatomické rozdíly vyskytující se v jednotlivých růstově odlišných variantách (s různou strategií růstu).

Pro posouzení kvalitativních odlišností fyziologických procesů uvnitř rostlinných pletiv jehlic byla zaměřena pozornost na určení rozsahu plošné velikosti základních fyziologických komponentů, které nám podávají informaci o růstové aktivitě jedinců rostoucích ve třech variantách.

U jehlic byly měřeny plochy cévního svazku s cílem určit kvantitativní odlišnosti. Kvantitativní analýza byla zaměřena na rozdíl ploch mezofylového parenchymu a centrálního cévního svazku s rozlišením na podíl xylému a floému.

U variant s pomalejším růstem ve školce („střední" a „malé") se projevuje určitá růstová inhibice, která je patrná již ve fázi rozvíjejících se pupenů. Strukturálním šetřením bylo zjištěno, že zdravotní stav těchto dvou variant populace sledovaných jedinců smrku je ve srovnání s variantami s intenzivním růstem ve školce („velké" a „kontrola") lepší, a proto má také lepší předpoklady k růstu na horském lesním stanovišti.

Klíčová slova: *analýza jehlic, smrk, horské populace, cévní svazek*

ÚVOD

Pro nalezení nejvhodnějšího sadebního materiálu smrku ztepilého pro horské polohy je důležitý výběr částí populací, které jsou nejlépe adaptovány k nepříznivým podmínkám těchto stanovišť. Jednou z možností jak výzkumně ověřit vhodnost jednotlivých částí populace (rozdělené na základě intenzity růstu v počáteční fázi růst) je analýza stavu a funkčnosti rostlinných pletiv.

Stav rostlinných pletiv je ovlivněn řadou biotických a abiotických činitelů, kteří zasahují do fyziologických procesů a mají určující význam pro růst rostlin. V případě smrku ztepilého se projevují nežádoucím způsobem zejména abiotické vlivy. Podle současných poznatků jsou to především škodlivé látky v ovzduší, které pronikají stomaty do pletiva jehlic, kde vyvolávají reakce obranných mechanismů. Pokusy s jehlicemi stromů uměle vystavených působení škodlivých plynů (SO_2, O_3, NO_2) prokázaly v histologickém obrazu znatelná poškození různých pletivových komponentů (GRILL, HÄRTL1969; ITO 1975).

V pokusech ve Schwarzwaldu bylo u smrků a jedlí zjištěno, že prvotní poškození začíná v cévním svazku (PARAMESWARAN et al. 1985). Přitom dochází v rozmezí kambia k anomálnímu dělení buněk, jakož i k proliferaci a hypertrofii transfuzního parenchymu. Počínající změny v cévním svazku nalezl rovněž SCHMITT et al. (1986) u ještě zelených jehlic poškozených smrků, z čehož usoudil, že působení škodlivých plynů má menší význam. Příčinu nutno hledat spíše v nedostatku minerální výživy a v biologicky důležitých vlastnostech stanoviště. SUTINEN (1987) popisuje poškození v cévním svazku, které prostupuje k endodermu a vede ke vzniku strazburgerových buněk u smrku po dvouměsíčním působení škodlivých plynů.

Příspěvek se zabývá hodnocením a strukturální analýzou jehlic smrku ztepilého. Základní hypotéza vychází z předpokladu, že jedinci s pomalým počátečním růstem jsou zástupci části populace s „k-strategií“ růstu (JURÁSEK et al. 2009). Označení vychází z používaných parametrů r a k růstového modelu, v němž k označuje *„nosnou kapacitu“* prostředí, tedy maximálně dosažitelnou velikost jedince. Přeneseně je možné toto označení rovněž chápat jako *„klimaxovou strategii“*. Jde o jedince, kteří se v počátečních fázích vývoje vyznačují poměrně pomalým růstem, avšak v pozdější době bývají odolnější proti různým stresovým vlivům a nepříznivým podmínkám a tvoří stabilní kostru lesních porostů.

Cílem experimentu bylo provést strukturální analýzu rostlinných pletiv vytříděných semenáčků smrků a stanovit anatomické rozdíly, vyskytující se v jednotlivých růstově odlišných variantách (dílčích populacích s různou strategií růstu). Detailní analýzy byly zaměřeny na sledování zdravotního stavu a růstových odlišností v plošném zastoupení funkčních pletiv.

MATERIÁL A METODY

V roce 2012 byl proveden odběr rostlinného materiálu pro výzkum strukturních charakteristik jehlic smrku ztepilého s různou strategií růstu. Výzkumný materiál byl odebrán dne 9. 5. 2012 z lesní školky Vítkovice v Krkonoších (690 m n. m.). Jednalo se o 90 letorostů dvouletých semenáčků smrku ztepilého krkonošského původu z 8. lesního vegetačního stupně.

Hodnocení bylo provedeno ve třech růstově odlišných variantách semenáčků roztříděných podle výšky v nadzemní části na „malé“, „střední“ a „velké“.

Pro posouzení kvalitativních odlišností anatomických struktur souvisejících s fyziologickými procesy uvnitř rostlinných pletiv byla pozornost zaměřena na určení obsahu plošných velikostí základních komponentů, které nám podávají informaci o růstové aktivitě zkoumaných jedinců. Po následném stanovení kvantitativních rozdílů ve velikostech ploch sledovaných anatomických struktur u jednotlivých variant byla získaná data statisticky vyhodnocena a z dosažených výsledků vyvozeny příslušné závěry.

Z každých třiceti jedinců byly u každé varianty odebrány k analýze 4 reprezentativní jednoleté jehlice. Z jejich střední části byl vyříznut blok standardní délky, který se dále zpracovával podle metody trvalých preparátů botanické mikroskopické techniky – odvodnění acetonovou řadou, projasnění xylénem a prosycení parafinem na přístroji Shandon Citadel TM – karuselový typ. Zkoumaný materiál byl zalit do BIO-PLASTU EXTRA při teplotě 58 °C. Parafinové bloky byly příčně krájeny ve třech až čtyřech sériích na rotačním mikrotomu HM 325 MICROM GmbH (Německo), síla řezu činila 4 až 5 µm. Po odparafinování byly vzorky barveny základní metodou Hematoxylin – Eozin. Pro barvení jader se využíval Weigerttův hematoxylin. Cytoplazma buněk a jejich pozadí bylo barveno alkoholovým roztokem Eozinu. Z experimentálně ověřených specifických barvení se pro sledování rostlinných pletiv ukázala nejvhodnější malachitová zeleň s kyselým fuchsinem a altánová modř. Uzavřené nabarvené preparáty byly zabudovány do enthellanu (MERCK) a vloženy k zviditelnění obrazu do mikroskopu ZEISS Axiostar Plus propojeného s kamerou Olympus C5060 WZ a multimediálním PC. Pro analýzu obrazu a statistiku byl využit program Quick Photo Camera 2.3, GIMP 2.2.10. V rámci výzkumu byla takto pořízena k dalšímu řešení fotografická dokumentace trvalých preparátů. Příčné řezy byly fotografovány pod zvětšením 100krát a 400krát. Fotografie bylo nutné upravit podle programu Adobe Photoshop CS 5.1 tak, aby byl možný výpočet obsahu ploch (v μm^2) podle SUTINEN (2006). Měření obsahu obarvených (začerněných) ploch sledovaných komponentů v rostlinných pletivech jehlic se uskutečnilo pomocí freeware programu CERNOTA (KALINA, SLOVÁK 2004), který bylo nutné předem kalibrovat.

V rámci hodnocení strukturních změn bylo sledováno:

- celková plocha příčného řezu středu jehlicí při zvětšení 100krát,
- celková plocha cévního svazku při zvětšení 100krát,
- plocha cévního svazku při zvětšení 400krát,
- plocha xylému při zvětšení 400krát,
- poměr plochy xylému k ploše cévního svazku,
- poměr plochy floému k cévnímu svazku,
- plocha floému při zvětšení 400krát.

Mikroskopická měření ploch příčných řezů středů jehlic zkoumané vysokohorské populace dvouletých semenáčků, rozdělených do tří skupin: „malé“, „střední“ a „velké“, čítala 90 kusů. Z ní bylo pořízeno více než 800 preparátů, na kterých je možno pozorovat příčné řezy středů jehlic.

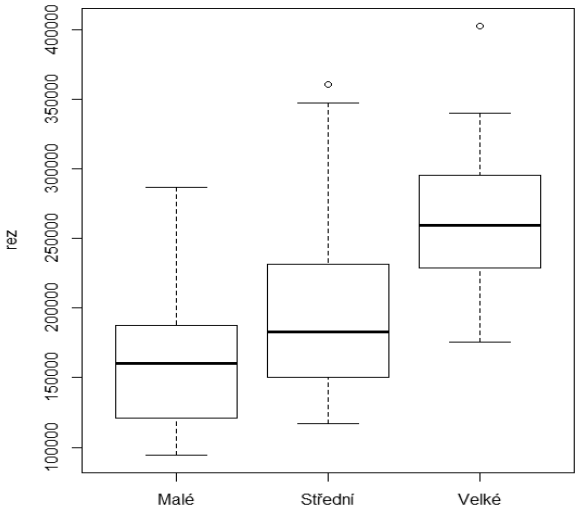
Podle funkce pletiv v jehlicích byla zaměřena pozornost hlavně na posouzení rozsahu ploch cévních svazků. Jednalo se o transportní pletiva zajišťující transpirační tok (cévy xylému), tok asimilátů (floému), o mechanické fibrózní buňky určující ohebnost jehlic, vztahující se k transfuzním pletivům cévního svazku a o albuminózní buňky. Cílem bylo stanovit, zda existují statisticky významné rozdíly mezi zjišťovanými parametry ve

výběrových variantách zkoumaných jedinců smrku ztepilého roztříděných na „malé“, „střední“ a „velké“.

K hodnocení dat byla použita analýza rozptylu jednoduchého třídění. V případě zamítnutí nulové hypotézy o shodě středních hodnot byla použita TUKEYOVA metoda mnohonásobného porovnávání při 5% hladině významnosti.

VÝSLEDKY

Základním parametrem, který byl hodnocen, je celková ploch příčného řezu jehlicemi. Výsledky tohoto hodnocení odpovídají celkovým velikostem semenáčků (Obr. 1).

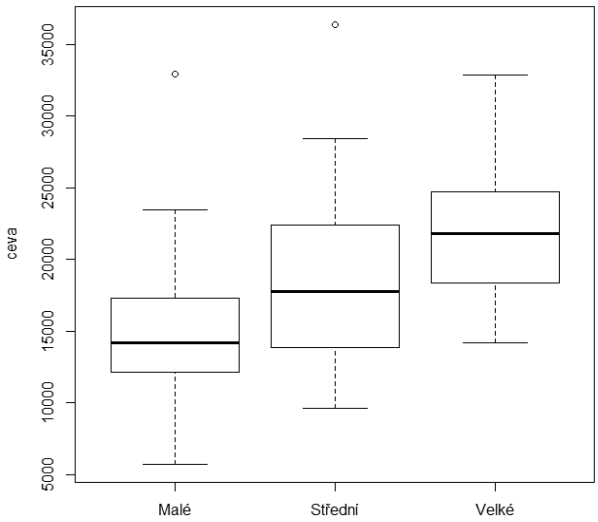


Obr. 1: Znázornění ploch příčných řezů jehlicemi v µm² ve skupinách „malé“, „střední“ a „velké“ v boxech s vyznačením statistických bodů (úsečka uvnitř obdélníku znázorňuje medián, obdélník znázorňuje 25–75% kvantil, proužky jsou „vnitřní hradby“ dat (min – max), bod ° může představovat „odlehlou hodnotu“).

Fig. 1: *Areas of transverse sections of the pins in µm² in groups of "small", "medium" and "large", with an indication of statistical points (the line inside the rectangle represents median, rectangle is a 25–75% quantile, the stripes are non-outlier range, the ° point may represent "outlier").*

Testování TUKEYOVOU metodou ukázalo, že mezi všemi skupinami nastal statisticky významný rozdíl, všechny tři skupiny se liší. Největší **plochy příčných řezů** dosahuje varianta „velké“, poměrně vyrovnané hodnoty mají varianty „malé“ a „střední“. Tyto rozdíly jsou ze značné míry ovlivněny celkovou velikostí semenáčků, a s tím související velikostí jehlic.

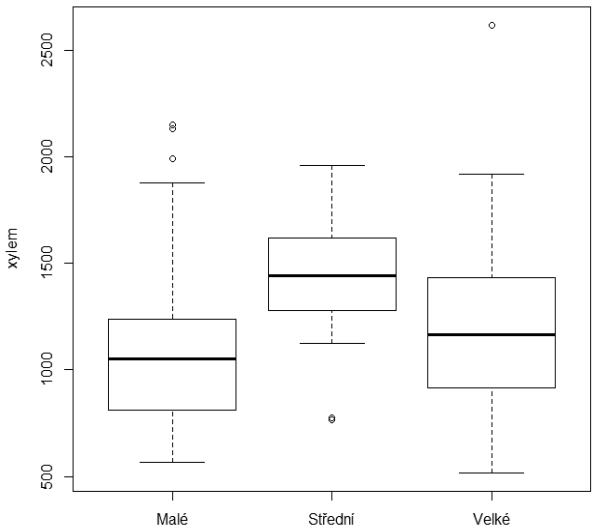
Menší rozdíly mezi jednotlivými variantami byly zjištěny u hodnocené **plochy příčných řezů cévních svazků** uvnitř jehlice (Obr. 2). Rozdíly jsou ovšem stále statisticky významné. Průměrná diference mezi „malými“ a „velkými“ je 7109,164 µm². Tyto rozdíly vyplývají z celkové velikosti plochy řezu jehlicemi, se kterou je plocha cévního svazku silně korelována.



Obr. 2: Znázornění ploch příčných řezů cévního svazku jehlicemi v µm^2 ve skupinách „malé“, „střední“ a „velké“ v boxech s vyznačením statistických bodů (úsečka uvnitř obdélníku znázorňuje medián, obdélník znázorňuje 25–75% kvantil, proužky jsou „vnitřní hradby“ dat (min – max), bod ° může představovat „odlehlou hodnotu“).

Fig. 2: *Areas of transverse sections of the vascular volume in µm^2 in groups of "small", "medium" and "large", with an indication of statistical points (the line inside the rectangle represents median, rectangle is a 25–75% quantile, the stripes are non-outlier range, the ° point may represent "outlier").*

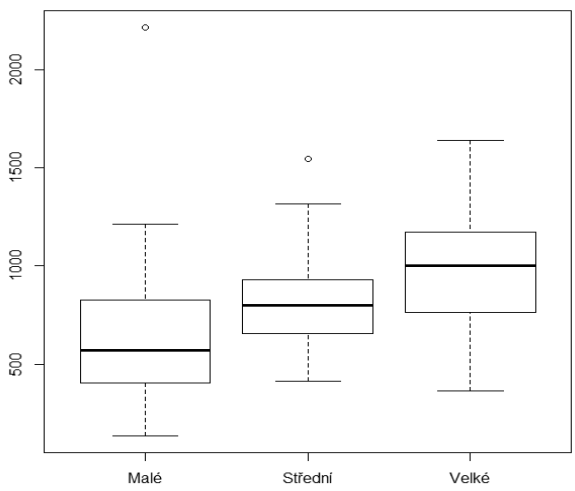
Pro funkčnost vodících pletiv je důležitá plocha cév xylému. Z analytických záznamů **ploch cév xylému** (Obr. 3) je patrné, že signifikantně největší plochu cév xylému vykazuje varianta „střední“. Statisticky průkazný rozdíl není mezi variantami „malé“ a „velké“.



Obr. 3: Znázornění ploch cév xylému příčných řezů cévního svazku jehlicemi v µm^2 ve skupinách „malé“, „střední“ a „velké“ v boxech s vyznačením statistických bodů (úsečka uvnitř obdélníku znázorňuje medián, obdélník znázorňuje 25–75% kvantil, proužky jsou „vnitřní hradby“ dat (min – max), bod ° může představovat „odlehlou hodnotu“).

Fig. 3: *Area of vessels xylem cells, transverse sections of the vascular volume pins in µm^2 in groups of "small", "medium" and "large", with an indication of statistical points (the line inside the rectangle represents median, rectangle is a 25–75% quantile, the stripes are non-outlier range, the ° point may represent "outlier").*

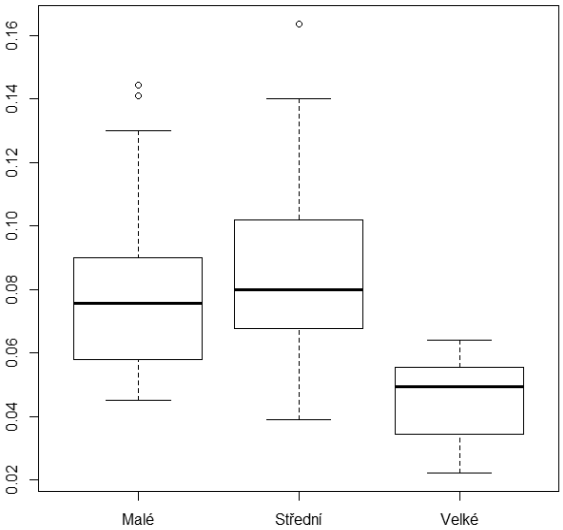
Výsledky měření plochy floému jsou znázorněny na Obr. 4. Ve všech variantách byly nalezeny statisticky významné rozdíly, maximální hodnoty **ploch floému** dosahuje varianta „velké“, následuje varianta „střední“ a nejmenší plochu má varianta „malé“. Rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou u těchto funkčních struktur menší než rozdíly v celkové ploše řezu, popř. ploch cévního svazku



Obr. 4: Znázornění ploch floému příčných řezů cévního svazku jehlicemi v µm^2 ve skupinách „malé“, „střední“ a „velké“ v boxech s vyznačením statistických bodů (úsečka uvnitř obdélníku znázorňuje medián, obdélník znázorňuje 25–75% kvantil, proužky jsou „vnitřní hradby“ dat (min – max), bod ° může představovat „odlehlou hodnotu“).

Fig. 4: *Area of the floému transverse slices vascular volume pins in µm^2 in groups of "small", "medium" and "large", with an indication of statistical points (the line inside the rectangle represents median, rectangle is a 25–75% quantile, the stripes are non-outlier range, the point may represent "outlier").*

Absolutní velikosti plochy jednotlivých částí cévních svazků jsou značně ovlivněny celkovou velikostí jehlic. Lepší vypovídací hodnotu o funkčnosti vodivých pletiv proto mají vzájemné poměry jednotlivých složek. Jedním z nejvýznamnějších parametrů je poměr plochy xylemu ku ploše cévního svazku (Obr. 5).



Obr. 5: Znázornění poměru cév xylému k ploše cévního svazku v anatomickém řezu středem jehlice podle skupin „malé“, „střední“ a „velké“ v boxech s vyznačením statistických bodů (úsečka uvnitř obdélníku znázorňuje medián, obdélník znázorňuje 25–75% kvantil, proužky jsou „vnitřní hradby“ dat (min – max), bod ° může představovat „odlehlou hodnotu“).

Fig. 5: *Ratio of xylem vessels to the desktop of the vascular bundle in anatomic cut through the center of the needles in groups of "small", "medium" and "large", with an indication of statistical points (the line inside the rectangle represents median, rectangle is a 25–75% quantile, the stripes are non-outlier range, the ° point may represent "outlier").*

Testování rozdílů poměru **cév xylému k ploše cévního svazku** mezi variantami ukázalo signifikantní rozdíl varianty „velké“ k oběma zbývajícím variantám. Rozdíly mezi variantou „střední“ a „malé“ jsou nesignifikantní.

Uvedené rozdíly ve vzájemných poměrech jednotlivých složek cévních svazků naznačují dobrou a efektivní funkčnost pletiv pro transport xylémové šťávy (důležitých

mikro a makroelementů k výživě) u jedinců z variant „malé“ a „střední“ oproti variantě „velké“.

Pro ukázku vazeb jednotlivých komponent zjišťovaných na řezu jehlic jsou v Tab. 1 uvedeny parametry korelace jednotlivých kvantitativních znaků.

Tab. 1: Korelační koeficienty vyjadřující míru závislosti mezi plochami příčného řezu jehlice, cévních svazků, ploch xylému, floému a albuminózních buněk.

***Tab. 1**: Correlation coefficients between cross-sectional areas of needles, vascular bundles, areas, phloemu and albuminous and xylem cells.*

	Řez	Céva	Xylem	Floem	Albumin. buňky
Řez	1,00	0,84	0,39	0,59	0,55
Céva	0,84	1,00	0,43	0,61	0,67
Xylem	0,39	0,43	1,00	0,49	0,21
Floem	0,59	0,61	0,49	1,00	0,39
Albumin. buňky	0,55	0,67	0,21	0,39	1,00

Hodnoty korelačních koeficientů ukazují odlišné typy závislostí. Nejnižší hodnoty korelačních koeficientů (0,21 a 0,39), ještě neznamenají nekorelovanost sledovaných strukturních změn. Nejtěsnější lineární vazba (0,84) byla zjištěna mezi plochou příčného anatomického řezu jehlicí a plochou cévního svazku. Hodnota korelačního koeficientu 0,67 přísluší větší míře závislosti ve vztahu plochy albuminózních buněk k ploše cévního svazku. Nejvyrovnanější jsou závislosti floému na příčném řezu jehlic s hodnotou 0,59; floému na příčném řezu jehlic s cévním svazkem 0,61 a floému na xylému 0,49. Nejnižší hodnota vztahu mezi plochou floému a albuminózách buněk má korelační koeficient 0,39. Korelace plochy cév xylému k příčnému řezu jehlic mají hodnotu 0,39, k cévnímu svazku 0,43, k albuminózním buňkám 0,21.

DISKUZE

Výsledky provedených analýz naznačují fyziologickou a strukturální odlišnost v anatomické stavbě jehlic jednotlivých variant (lišících se intenzitou růstu v juvenilní fázi) v rámci jedné populace smrku stejného genotypu. Tyto funkční fyziologické jednotky jsou důležitou součástí transportních systémů minerálních látek, vody a asimilátů, jež jsou pro růst rostlin nepostradatelné (PROCHÁZKA et al. 1998).

Podle očekávání jsou nejvyšší hodnoty velikosti celkové plochy příčného řezu jehlice u varianty „velké“ (Obr. 1), následuje varianta „střední“ a „malé“. Stejně tak je tomu ve velikostech ploch cévního svazku (Obr. 2). Nejpříznivější podmínky pro průtok xylémové šťávy se vyskytují v jehlicích u varianty „střední“. U varianty „velké“ a varianty „malé“ je plocha pro průtok téměř stejná, bez statistické významnosti (Obr. 3). Průtok floému vykazuje nejpříznivější podmínky u varianty „velká“, „malá“ varianta má nejnižší průtočnou plochu (Obr. 4).

V poměru xylému k cévnímu svazku (Obr. 5) pozorujeme nejnižší hodnoty u varianty „velké“. Je zde významný statistický rozdíl s variantami „malé“ a „střední“.

Další růst jedinců závisí na následné strukturní výstavbě celého asimilačního aparátu. Ve výsledcích analýz provedených v roce 2011 u starších smrků, roztříděných na základě intenzity růstu v juvenilní fázi (současný věk – 18 let) rostoucích na extrémní horské lokalitě (VP Pláň) byly zjištěny podobné výsledky. Nejnižší hodnoty poměru plochy xylému k ploše cévních svazků byly pozorovány u varianty „velké“ (KRPEŠ et al. 2012). Vzhledem

k důležitosti transportu xylémové šťávy do pletiv jehlic lze usuzovat na omezený průtok důležitých mikro a makroelementů k výživě u jedinců vypěstovaných z nejrychleji rostoucích semenáčků.

Celková rezistence je podmíněna také dalšími faktory, jako je např. výstavba prvotních krycích ochranných pletiv u jehlic.

ZÁVĚR

Na základě plošné kvantifikace specifických pletiv v jehlicích dvouletých semenáčků smrku byly zjištěny největší absolutní hodnoty jednotlivých částí vodivých elementů u jedinců varianty „velké“. Při posuzování parametrů průtočné plochy xylému k celkové ploše cévního svazku, tedy parametrů ovlivňujících zásobování mezofylových pletiv xylémovou šťávou a odvádění asimilátů z mezofylových buněk, se jeví jako nejpříznivější varianty „malé“ a „střední.

Strukturální analýzy asimilačních orgánů tedy potvrzují hypotézu o velmi dobrém přizpůsobení jedinců smrku s pomalejším růstem v juvenilní fázi k nepříznivým horským podmínkám.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu NAZV QI112A170 „Možnosti cíleného pěstování a využití genetický hodnotných částí populací sadebního materiálu smrku ztepilého s klimaxovou strategií růstu pro horské oblasti“.

LITERATURA

GRILL, D. – HÄRTL, O. (1969): Mikroskopische Untersuchungen an Fichtennadeln nach Begasung mit SO_2. Mikroskopie, 25: 115–122.

ITO, S. (1975): Histological responses of Japanese red pine needles exposed to sulfur dioxide. Journal of the Japanese Forestry Society. 57: 300–304.

JURÁSEK, A. – LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J. (2009): Effect of initial height of seedlings on the growth of planting material of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in mountain conditions. Journal of Forest Science, 55: 112–118.

KALINA, J. – SLOVÁK, V. (2004): The inexpensive tool for the determination of projected leaf area. Ekológia (Bratislava), 23: Suppl. 2: 163–167.

KRPEŠ, V. – LEUGNER, J. – MARTINCOVÁ, J. (2012): Strukturní analýza jehlic horského smrku s různou strategií růstu. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 4: 344–351.

PARAMESWARAN, N. – FINK, S. – LIESE, W. (1985): Feinstrukturelle Untersuchungen an Nadeln geschädigter Tannen und Fichten aus Waldschadensgebieten im Schwarzwald. European Journal of Forest Pathology, 15: 3: 168–182.

PROCHÁZKA, S. – MACHÁČKOVÁ, I. – KREKULE, J. – ŠEBÁNEK, J. (1998): Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.

SCHMITT, U. – LIESE, W. – RUETZE, M. (1986): Ultrastruktyrekke Veranderungen in gruen Nadeln geschadigter Fichten. Angewandte Botanik, 60: 441–450.

SUTINEN, S. (1987): Ultrastructure of mesophyll cells of Spruce needles exposed to O_3 allone and together with SO_2. European Journal of Forest Patology, 17: 362–368.

SUTINEN, S. – VUORINEN, M. – RIKALA, R. (2006): Developmental disorders in buds and needles of mature Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst., in relation to needle boron concentrations. Trees, 20: 5: 559–570.

Adresy autorů

Ing. JAN LEUGNER, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550,
517 73 Opočno
tel.: 494 668 391
e-mail: leugner@vulhmop.cz

doc. Ing. VÁCLAV KRPEŠ, Ph.D.
Ostravská univerzita
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie a ekologie
Chittussiho 10
710 00 Slezská Ostrava
tel.: 597 092 324
e-mail: vaclav.krpes@osu.cz

Rola proveniencie a kvality zdroja lesného reprodukčného materiálu

Role of the provenance of forest reproductive material and quality of its basic material

ROMAN LONGAUER – MARIÁN PACALAJ – SLAVOMÍR STRMEŇ – DUŠAN GÖMÖRY

Abstract:

On the example of six provenance trials with Norway spruce, common beech, silver fir and sessile oak, we illustrate the importance of the geographic origin of forest reproductive material. In Norway spruce, we assessed 2 provenance experiments, each comprised of 5 parallel plots. The autochthonous provenances of Norway spruce from Slovakia (age 45) differed by 21–44% in the mean stem volume and their growing stock, which depends on the growth and survival rate, as much as 39–96%. In a single-plot trials with silver fir, beech and sessile oak, the mean stem volumes of provenances differed by 64 to 88%, while the growing by more than 100%. Besides it, we analyzed production and silvicultural perspective of 30 provenances of Norway spruce from Poland, Slovakia and the Czech Republic. At a series of 5 parallel plots planted in an altitudinal gradient from 350 to 950 m a. s. l., the prospects of provenances corresponded with their origin in different geographic regions.

Keywords: *spruce, beech, fir, oak, provenance, production, silvicultural value, heritability*

Abstrakt

Na príklade 6 provenienčných pokusov so smrekom, bukom, jedľou a dubom na Slovensku demonštrujeme dôležitosť pôvodu lesného reprodukčného materiálu v rámci menších geografických oblastí. Smrek sme hodnotili v dvoch provenienčných pokusoch. Každý tvorí séria 5 paralelných plôch založených v rôznych podmienkach prostredia. Vo veku 38 a 45 sa na nich autochtónne slovenské proveniencie líšili v objeme stredného kmeňa o 21 až 44 %. V celkovej zásobe dreva, ktorá závisí od rastu aj prežívania, dosiahli rozdiely medzi provenienciami 39 až 96 %. V pokusoch s jedľou, bukom a dubom, ktoré tvorí len jedna plocha, dosiahli rozdiely medzi provenienciami v objeme stredného kmeňa 64–88 % a v celkovej zásobe na provenienciu viac ako 100 %. Produkčnú a pestovnú perspektívu 30 proveniencií smreka z Poľska, Slovenska a Českej republiky sme hodnotili na 5 plochách medzinárodného pokusu IUFRO 1972 vo veku 38 rokov. Vo výškovom gradiente 350 až 950 m n. m. perspektíva proveniencií do veľkej miery závisí od ich pôvodu v rôznych častiach areálu smreka.

Kľúčové slová: *smrek, buk, jedľa, dub, proveniencia, produkcia, pestovná hodnota, dedivost*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V obnove lesov na Slovensku aj v Českej republike dlhodobo prevláda umelá obnova. Napriek snahe o zvyšovanie podielu prirodzenej obnovy to tak pravdepodobne zostane aj v budúcnosti. Dôvodom sú opakujúce sa škody spôsobované abiotickými a biotickými škodlivými činiteľmi. O umelú obnovu sa tiež opierajú rekonštrukcie nepôvodných ihličnatých porastov. Pokiaľ v dôsledku ďalšieho postupu klimatickej zmeny dôjde k väčším posunom areálov drevín, v strednodobom horizonte budú potrebné aj rekonštrukcie listnatých porastov na klimaticky exponovaných stanovištiach. Na kvalifikované rozhodnutia v obnove a rekonštrukciách lesných porastov sú v tejto situácii popri odhade klimatickej zmeny mimoriadne dôležité aj informácie o reakcii lesných drevín na zmenu klimatických (stanovištných) podmienok.

Pôvod a kvalita zdroja lesného reprodukčného materiálu do veľkej miery predurčuje produkciu a ekologickú stabilitu zakladaných lesných porastov. Produkcia a obchod s lesným reprodukčným materiálom preto podliehajú regulácii na národnej úrovni a aj v rámci celej Európskej únie. Účelom súvisiacich predpisov a systému dohľadu je zabezpečiť pravosť lesného reprodukčného materiálu, kvalitu jeho zdrojov a dostupnosť súvisiacich informácií.

Príčina toho, prečo sú pôvod a kvalita zdroja lesného reprodukčného materiálu tak dôležité, spočíva v dedičných faktoroch:

- Rozdielnej odozve reprodukčného materiálu získaného v rôznych zdrojových populáciách na pestovanie v nových stanovištných podmienkach (viď napr. HANNERZ, WESTIN 2005; MÁTYÁS, YEATMAN 1992; KRUTSCH 1968).
- Vysokej dedivosti (miere prenosu z rodičov na potomstvo) dôležitých znakov a vlastností, ako sú rýchlosť rastu, tvar koruny, krivosť, vidličnatosť, hrúbka vetiev, náchylnosť na choroby (napr. CORNELIUS 1994; GEBUREK 2005).

Hodnotenie adaptačnej schopnosti lesných drevín sa opiera o provenienčné pokusy, ktoré slúžia na porovnanie rastu, prežívania a vitality potomstva porastov rôzneho geografického pôvodu. Sú metodicky jedinečným, hodnoverným a komplexným zdrojom informácií o stanovištnej adaptabilite lesných drevín (napr. JENSEN, DEANS 2004; GIERTYCH, MÁTYÁS 1992).

Sú to výsadby potomstiev porastov rôzneho geografického pôvodu (proveniencií), pričom stanovištné podmienky v mieste spoločnej výsadby (v provenienčnom pokuse) sa viac či menej líšia od podmienok v mieste pôvodu jednotlivých proveniencií. Provenienčný pokus zvyčajne pozostáva z niekoľkých paralelných plôch s tými istými provenienciami, ktoré boli vysadené v rôznych stanovištných podmienkach.

Našim cieľom bolo vyhodnotiť význam pôvodu (proveniencie) hlavných lesných drevín k zmene stanovištných podmienok a na základe získaných poznatkov odhadnúť možnosti a aj limity prenosu lesného reprodukčného materiálu pre rekonštrukcie nepôvodných smrečín na Slovensku. Na sérii 5 pokusných plôch pokusu IUFRO 1972 sme sa popri porovnaní rastu, prežívania a poškodenia pokúsili aj o hodnotenie produkčnej a pestovnej perspektívy 30 poľských, slovenských a moravských proveniencií smreka.

MATERIÁL A METODIKA

Reakciu lesných drevín nazmenu stanovištných podmienok sme hodnotili na 14 provenienčných pokusných plochách:

Smrek na sérii 5 plôch NLC z r. 1964 (výsadba 1968), vysadených v gradiente nadmorských výšok 475 až 1 275 m a na sérii 5 pokusných plôch IUFRO 1972 (výsadba 1976) v gradiente nadmorských výšok 300 až 1 000 m n. m. na strednom a severnom Slovensku

Jedľu na provenienčnej ploche Slovenská Ľupča – Dubová 1965 (výsadba 1970) v 600 m n. m. a na ploche Kľak-Vtáčnik 1976 (výsadba 1980) v 900 m n. m.

Dub zimný a letný na pokusnej ploche Jelenec v pohorí Tríbeč v 550 m n. m.

Buk lesný: 19 proveniencií na ploche TU Bieň v Kremnických vrchoch v 500 m n. m.

Prehľad údajov o pokusných plochách poskytujú Tab. 1 až 3.

Tab. 1: Smrek – údaje o sérii hodnotených provenienčných plôch pokusu 1964–68.

Tab. 1: *Norway spruce – the series of provenance plots of the experiment 1964–68.*

1964–68	**Veľký Lom, Lešť**	**Beňuš, Bujakovo**	**Beňuš, Zelenô**	**Biely Váh, Luxová**	**Pilsko Mútne**
Počet proveniencií *No. of provenances*	49	51	12	12	49
Spôsob založenia *Planting design*	Bloková schéma, 3 opakovania × 49 (spolu 147) jedincov na provenienciu, spon 2 m *Block scheme, 3 replicate blocks × 49 (∑ 147) trees per provenance, spacing 2 × 2 m*				
Výmera *Area* **[ha]**	3,37	3,37	0,94	0,94	3,37
Priem. ročná teplota *Mean annual temp.* **[°C]**	7,7	6,2	5,5	4,3	1,7
Roční srážky *Annual precipitation* **[mm]**	726	800	917	889	1386
Nadm. výška *Altitude* **[m]**	475	610	760	1 020	1 275
Zemepisné súradnice *Geogr. coordinates*	N 48° 19´ E 19° 19´	N 48° 50´ E 19° 42´	N 48° 49´ E 19° 47´	N 49° 02´ E 19° 56´	N 49° 31´ E 19° 17´
LVS, SLT *Vegetation type*	2-Fageto Quercetum	4-Fagetum typicum n. st.	5-Fageto abietum	5-Fageto aceretum	7-Piceetum

V teréne sa zisťovala výška, hrúbka a hodnotilo poškodenie jednotlivých stromov. Získané údaje sa vyhodnotili po provenienciách. Následne sa porovnávala stredná výška, hrúbka, objem stredného kmeňa, prežívanie a celková zásoba na provenienciu. Celková zásoba je kvôli porovnateľnosti v každom pokuse prepočítaná na jednotnú plochu. Prežívanie bolo možné vyhodnotiť vďaka tomu, že provenienčné pokusy boli od založenia po uskutočnenie meraní ponechané buď bez ťažbového zásahu (db, jd, bk) alebo sa v pokusoch uskutočnili schematické prebierky vo veku cca 30 rokov (sm). V druhom prípade sú rozdiely v prežívaní proveniencií o niečo menšie, ako by zodpovedalo prirodzenému zrieďovaniu. V slabšie prežívajúcich provenienciách sa totiž pri prebierke ponechala časť jedincov určených na odstránenie preto, aby v poraste nedošlo k vzniku príliš veľkých medzier.

Tab. 2: Smrek – údaje o slovenskej sérii proveniečných plôch pokusu IUFRO 1972 s provenienciami z Poľska, Slovenska a Českej republiky.

Tab. 2: *Norway spruce – Slovak plots of the IUFRO Experiment 1972 with provenances from Poland, Slovakia and the Czech Republic.*

IUFRO 1972	Zvolen, Stráže	Slov. Ľupča, Kmeťová	Beňuš, Bujakovo	Zakamenné, Paráč	Biely Váh, Klobušová
Počet proveniencií *No. of provenances*	30	19	30	30	31
Spôsob založenia *Planting design*	Bloková schéma, 4 opakovania × 25 (spolu 100) jedincov na provenienciu, spon 2 m *Block scheme, 4 replicate blocks × 25 (∑ 100) trees per provenance, spacing 2 × 2 m*				
Výmera *Area* **[ha]**	1,4	0,81	1,2	1,4	1,45
Priem. ročná teplota *Mean annual temp.* **[°C]**	8,1	7,1	6,2	4,6	4,5
Roční srážky *Annual precipitation* **[mm]**	719	862	800	1049	824
Nadm. výška *Altitude* **[m]**	330	490	690	800	1 000
Zemepisné súradnice *Geogr. coordinates*	N 48° 34´ E 19° 03´	N 48° 47´ E 19° 11´	N 48° 50´ E 19° 42´	N 49° 21´ E 19°14´	N 49° 02´ E 19° 57´
LVS, SLT *Vegetation type*	2 Fageto Quercetum	3 Querceto-Fagetum	4 Abieto – Fagetum	4 Fagetum ab. – piceosum	5 – Fageto abietum

Ta.b 3: Hodnotené proveniečné plochy jedle, duba zimného a buka

Tab. 3*: Information about (single-plot) provenance trails of silver fir, sessile oak and beech*

	Dubová, Slov. rudohorie	Kľak, Vtáčnik	Jelenec, Tríbeč	Bieň (Zvolen) Kremnické vrchy
Založené *Founded*	1965–70	1976–80	1982	1969–71
Počet proveniencií *No. of provenances*	30	40	35	19
Spôsob založenia v blokovej schéme *Block scheme design*	3 opakovania × 36 stromov na provenienciu *3 replicate blocks × 36 trees per provenance*	4 opakovania × 25 stromov na provenienciu *4 replicate blocks × 25 trees per provenance*	3 opakovania × 49 stromov na provenienciu *3 replicate blocks × 49 trees per provenance*	3 opakovania × 25 stromov na provenienciu *3 replicate blocks × 25 trees per provenance*
Priem. ročná teplota *Mean annual temp.* **[°C]**	7,5	7,2	8,2 oC	7,1 oC
Roční srážky *Annual precipitation* **[mm]**	816	900	730	880
Nadm. výška *Altitude* **[m]**	600	880	550	500
Zemepisné súradnice *Geogr. coordinates*	N 48° 49´ E 19° 45´	N 48° 19´ E 18° 59´	N 48° 25´ E 18° 12´	N 48° 47´ E 19° 11´
LVS, SLT *Vegetation type*	4 Abieto-fagetum	4 Abieto-fagetum	2 Fageto-Quercetum	4 Fagetum typicum

V pokuse so smrekom IUFRO 1972 sme rozdiely medzi 30 provenienciaimi na 5 plochách hodnotili pomocou hierarchického modelu analýzy variancie s úrovňami plocha, proveniencia, opakovania v rámci plochy a ich vzájomné interakcie. Rozdiely medzi provenienciami sme porovnali Duncanovými viacnásobnými párovými testami rozdielov znakov na hladine významnosti 95 %. Na sérii plôch sme vyhodnotili aj interakciu proveniencia × prostredie regresnou analýzou podľa FINLAY-WILKINSONA (1963). Ňou sme overili významnosť vzťahu výšky a objemu stredného kmeňa každej proveniencie k bonite

plôch (stanovíšť), na ktorých bola vysadená. Následne sa t-testom zisťovala odlišnosť regresného koeficientu od 1. Proveniencie s regresným koeficientom blízkym 1 sa vyznačujú priemernou stabilitou a rastú rovnako ako priemer na všetkých stanovištiach. Proveniencie s regresným koeficientom nižším ako 1 sú nadpriemerne stabilné a rastú rovnako (dobre aj zle) na optimálnych aj extrémnych stanovištiach. Pri regresnom koeficiente vyššom ako 1 ide o proveniencie špecializované na optimálne stanovištia.

Informácie o miere dedičnej podmienenosti fenotypových znakov lesných drevín sme spracovali formou rešerše publikovaných pôvodných prác z tejto oblasti. Spolu s prehľadom odhadov genetického zisku dosahovaného u lesných drevín ich prezentujeme v diskusii.

VÝSLEDKY

Hodnotenie významu pôvodu (proveniencie) lesného reprodukčného materiálu

Na hodnotenie vplyvu pôvodu reprodukčného materiálu na rast smreka, jedle, buka a duba sme použili údaje o strednej výške, objeme stredného kmeňa, prežívaní a celkovej zásobe na provenienciu (Tab. 4 a 5). Najmenej sa proveniencie v rámci tej istej plochy odlišovali v priemernej výške (6–37 %). V objeme stredného kmeňa, ktorý závisí od priemernej výšky ale aj hrúbky, už rozdiely medzi provenienciami na plochách dosiahli 24–72 %. Najväčšie boli rozdiely v zásobe na provenienciu, ktorú okrem rastu ovplyvňuje aj prežívanie stromov (viď Tab. 10a). Medzi autochtónnymi slovenskými provenienciami vo veku 45 rokov (pri vylúčení extrémnej vysokohorskej proveniencie z Tatier) sa na niektorých plochách priblížili k 100% (Tab. 4). V pokuse IUFRO 1972 s provenienciami zo širšieho regiónu (Tab. 5) boli rozdiely v zásobe samozrejme väčšie. S výnimkou najprodukčnejšej plochy Beňuš sa najhoršie a najlepšie proveniencie na plochách líšili o viac než 100 %.

Tab. 4: Vplyv proveniencie na rast, prežívanie a produkcii smreka: 11 autochtónnych slovenských proveniencií na 5 paralelných plochách v rôznych nadm. výškach, vek 45 rokov. Najväčšie rozdiely medzi provenienciami sú vyznačené tučne.

***Tab. 4**: Effect of provenance on growth, survival and production of Norway spruce: 11 autochthonous Slovak provenances at 5 parallel plots along and altitudinal gradient, age 45. Maximum differences are marked in bold.*

Rozdiely medzi provenienciami *Difference among provenances*	**Veľký Lom** 475 m	**Bujakovo** 610 m	**Zelenô** 760 m	**Biely Váh** 1 020 m	**Pilsko** 1 275 m
Stredná výška min-max [m], rozdiel % *Mean height min-max [m], difference %*	20,8– 22,3 (7 %)	24,3–25,8 (6 %)	24,1–25,8 (6 %)	19,7–21,8 (12 %)	15,8–19,0 (**20 %**)
Stredný kmeň min-max [m³] a rozdiel % *Mean stem volume [m³], difference %*	0,41–0,50 (24 %)	0,55–0,67 (21 %)	0,55–0,67 (21 %)	0,37– 0,51 (**37 %**)	0,32–0,45 (**44 %**)
Celková zásoba min-max [m³] a rozdiel % *Growing stock min-max [m³], difference %*	25–35 (**39 %**)	26–42 (**100 %**)	51–72 (**29 %**)	16–29 (**77 %**)	19–37 (**87 %**)
Prežívanie */Survival rate min-max* **[%]**	53–75	31–64	35–46	24–44	30–51

Tab. 5: Vplyv proveniencie na rast, prežívanie a produkciu smreka: 30 slovenských, poľských a českých proveniencií na 5 paralelných plochách pokusu IUFRO 1972, vek 38 r. Najväčšie rozdiely medzi provenienciami sú vyznačené tučne.

***Tab. 5**: Effect of provenance on growth, production and survival rate of N. spruce: 30 Polish, Slovak and Czech provenances at 5 plots of the IUFRO experiment 1972, age 38 years. Maximum differences are marked in bold.*

Rozdiely medzi provenienciami *Difference among provenances*	**Zvolen** 330 m	**Slov. Ľupča** 490 m	**Beňuš** 690 m	**Zákamenné** 800 m	**Biely Váh** 1000 m
Stredná výška min-max [m], rozdiel % *Mean height min-max [m], difference %*	17,1–21,5 (**25** %)	18,7–20,8 (11 %)	18,8–22,0 (17 %)	18,1–20,9 (16 %)	14,2–19,5 (**37** %)
Stredný kmeň min-max [m³] a rozdiel % *Mean stem volume [m³], difference %*	0,20–0,39 (**95** %)	0,25–0,36 (45 %)	0,32–0,43 (35 %)	0,33–0,48 (47 %)	0,25–0,45 (**72** %)
Celková zásoba min-max [m³] a rozdiel % *Growing stock min-max [m³], difference %*	9–22 (**151** %)	8–18 (**120** %)	13–21 (**61** %)	9–22 (**133** %)	6–15 (**167** %)
* **Defekty kmeňa** / *Stem defects* **[%]**	20	27	17	48	58
Prežívanie /*Survival rate min-max* **[%]**	32–65	26–55	32–50	23–50	21–44

* Defekty kmeňa: zlomy, dvojáky, deformácie /crown breaks, forking, stem deformations

V oboch pokusných sériách sme vo väčšine rastových znakov zistili najväčšie rozdiely medzi provenienciami na plochách v najmenšej a najväčšej nadmorskej výške. Na produkčnejších plochách v stredných polohách (Beňuš, Zákamenné) boli rozdiely spravidla menšie.

V Tab. 6 uvádzame výsledky hodnotenia podobných pokusov s bukom, dubom a jedľou, ktoré však pre každú drevinu tvorí len 1 plocha. Výsledky sú podobné ak u smreka. Vzhľadom na nižší vek a malé dimenzie stromov je informácia o objeme stredného kmeňa buka a jedle v pokuse Kľak-Vtáčnik iba orientačná. V týchto prípadoch sme nepočítali ani zásoby na provenienciu.

Tab. 6: Význam proveniencie vo vzťahu k rastu, prežívaniu a produkcii buka, duba a jedle vo veku 27–33 rokov. Najväčšie rozdiely medzi provenienciami sú vyznačené tučne.

***Tab. 6:** Effect of provenance on growth, production and survival rate of beech, oak and silver fir at the age 27–33 years. Maximum differences are marked in bold.*

	Buk *Beech*	**Dub zimný** *Sessile oak*	**Jedľa biela** / *Silver fir*		
			Dubová	**Kľak**	
	19	25	30	8	32
Počet, pôvod a vek proveniencií *Number, origin and age of provenances*	Slovensko *Slovakia* 30 r.	Slovensko *Slovakia* 32 r.	Slovensko *Slovakia* 33 r.	Slovensko *Slovakia* 27 r.	Stred, Európa *Centr. Europe* 27 r.
Stredná výška min-max [m] a rozdiel % *Mean height min-max [m], difference %*	10,2–12,3 (20 %)	9,7–11,5 (18 %)	10,9–13,5 (19 %)	5,3–6,8 (19 %)	3,8–7,4 (49 %)
Stred. kmeň min-max [m³] a rozdiel v % *Mean stem volume [m³], difference %*	0,03–0,06 (**96** %)	0,05–0,8 (**64** %)	0,09–0,17 (**88** %)	0,02–0,03 (**33** %)	0,02–0,04 (**100** %)
Celková zásoba min-max [m³] a rozdiel % *Growing stock min-max [m³], difference %*	nezisťovalo sa *missing data*	1,5-4,5 (**196** %)	4–11,5 (**181** %)	nezisťovalo sa *missing data*	
Prežívanie / *Survival rate min-max* **[%]**	60–87	25–67	44–74	40–74	28–74

V pokuse s jedľou Kľak-Vtáčnik sú okrem domácich aj zahraničné proveniencie. V Tab. 6 uvádzame ich strednú výšku a objem stredného kmeňa samostatne. V porovnaní s jedľou zo Slovenska sú vzájomné rozdiely medzi zahraničnými provenienciami viac ako dvakrát vyššie. Tak ako v pokuse so smrekom IUFRO 1972 aj tu vidno, že použitie

proveniencií z iných regiónov, najmä ak nebolo vopred overené v pokusoch, v praxi zvyšuje riziko problémov a strát. Platí to nielen z hľadiska produkcie, ale pri slabšom prežívaní aj z hľadiska stability a životnosti zakladaných lesných porastov.

Produkcia a pestovná perspektíva proveniencií smreka v pokuse *IUFRO 1972*

Medzi 30 provenienciami sme štatisticky významné rozdiely zistili vo všetkých 3 rastových charakteristikách (výškový a hrúbkový rast, objem stredného kmeňa) a to pre pokusné plochy spolu a aj na každej z 5 plôch samostane. Významné boli, samozrejme, aj rozdiely medzi plochami. V komponentoch analýzy variancie mali pri všetkých troch rastových charakteristikách najvyšší podiel úrovne Proveniencia a Plocha. Spomedzi rastových charakteristík (priemerná výška, hrúbka a objem stredného kmeňa proveniencií) bol podiel reziduálnej variancie najnižší u priemernej výšky.

Tab. 7: Priemerná výška, hrúbka, objem stredného kmeňa a celková zásoba na slovenských plochách pokusu IUFRO 1972.

***Tab. 7**: Mean heigth, diameter, stem volume and total growing stock of Norway spruce in the Slovak plots of the IUFRO experiment 1972.*

Plocha a jej nadm. výška *Plot and its altitude*	**Počet stromov** No. trees	**Priem.výška** *Mean height* **[m]**	sx%	**Priem. hrúbka** *Mean DBH* **[cm]**	sx%	**Stredný kmeň** *Mean stem* **[m³]**	sx%	**Celk. zásoba** *Growing stock* **[m³]**
Zvolen-Stráže, 330 m	1 545	19,86	12	18,4	30	0,289	62	446,5
Slov. Ľupča, 490 m *	716*	19,70	7	19,1	14	0.294	28	–
Beňuš, 710 m	1 335	**20,82**	10	21	20	**0,367**	41	**489,9**
Paráč, 800 m	1 186	19,76	9	**22,1**	19	**0,378**	38	448,3
Biely Váh, 950 m	954	17,73	12	21,9	21	0,334	44	318,6

* Plocha nie je kompletná, nie sú na nej všetky proveniencie. / *A plot with incomplete set of provenances.*

Sumárne porovnanie rastu proveniencií pomocou objemu stredného kmeňa uvádzame v Tab. 8. K nadpriemerným patrili 3 zo 6 zastúpených stredoslovenských a 6 z 8 západobeskydských proveniencií. Na druhej strane bola nadpriemerná len 1 z 9 proveniencií z poľských nížin (Zwierźyniec Lubełski), ani jedna z Českého masívu a Tatier. Medzi objemom stredného kmeňa a variačnými koeficientmi objemov stromov v rámci proveniencií sme zistili silnú negatívnu koreláciu (r = –0,72; P > 99 %). U pomalšie rastúcich proveniencií je výškový aj hrúbkový rast stromov menej vyrovnaný a variabilnejší je potom aj objem ich stredného kmeňa.

Tab. 8: Porovnanie proveniencií smreka podľa objemu stredného kmeňa a ich rozdelenie do homogénnych skupín (označených rovnakým písmenom) v pokuse IUFRO 1972. Pri interakcii proveniencia × prostredie * označuje existenciu vzťahu strednej výšky a objemu stredného kmeňa k priemerom 5 paralelných plôch (P > 0,95, F-test), za tým môže nasledovať informácia, či je proveniencia (P > 0,95, t-test) generalista alebo špecialista.

***Tab. 8**: Provenances according to the mean stem volume and their ranking into homogenous groups (denominated by the same letter) in the IUFRO Spruce Experiment 1972. Provenance × Site Interaction: Asterisks indicate correlation between the mean height /mean stem volume and means of individual plots (P > 0,95, F-test). It may be followed by information whether a provenance is a specialist or generalist (P > 0,95, t-test).*

Región *Region*	**Proveniencia** *Provenance*	**Objem stredného kmeňa** *Mean stem volume*		**Duncanovo triedenie** *Duncan grouping*								**Interakcia proven. × prostredie** *Provenance × Site Interaction*			
		[m³]	**Sx %**									**Str. výška** *Mean heigth*		**Str. kmeň** *Mean stem*	
Stred. SK	Predajná (N.Tatry)	0,401	39,9					A				*			
Vých. PL	Zwierźyn. Lubełski	0,397	41,1		B			A							
Stred. SK	Stará Voda	0,373	41,1		B			A		C		*			
Stred. SK	Beňuš	0,371	41,7		B		D	A		C		*			
Beskydy	Rycerka 700 m	0,366	43,1	E	B		D	A		C		*		*	špecial
Beskydy	Istebna – zapow.	0,364	44,0	E	B		D	A		C	F	*			
Beskydy	Istebna – Bukow	0,362	43,6	E	B		D	A		C	F	*			
Beskydy	Wisła	0,360	42,2	E	B		D	A		C	F				
Beskydy	Orawa	0,358	45,5	E	B		D	A	G	C	F				
Beskydy	Rycerka 620 m	0,351	40,5	E	B	D	H	A	G	C	F	*			
Stred. SK	Čierny Balog	0,349	47,1	E	B	D	H		G	C	F	*		*	
Beskydy	Novoť (Orava)	0,341	40,9	E		D	H	I	G	C	F				
Sev. PL	Wigry	0,341	44,5	E		D	H	I	G	C	F				
Čes.masiv	Miedzygórze	0,341	44,4	E		D	H	I	G	C	F	*		*	
Čes.masiv	Stronie Śląskie	0,335	45,8	E		D	H	I	G	C	F	*		*	
			priemer												
Čes.masiv	Svinošice	0,334	42,0	E		D	H	I	G	C	F	*			
Stred. SK	Červená Skala	0,325	48,0	E		D	H	I	G	C	F	*		*	
Sev. PL	Borki	0,324	46,1	E		D	H	I	G	C	F	*		*	
Vých. PL	Bliźyn	0,323	42,0	E		D	H	I	G	C	F	*			
Tatry	Tatranské Matliare	0,319	42,8	E		D	H	I	G		F	*	špecial	*	general
Stred. SK	Michalová, 680 m	0,318	50,9	E		D	H	I	G		F	*		*	
JV PL	Tarnawa	0,316	50,5	E			H	I	G		F	*	špecial	*	
Sev. PL	Kartuzy	0,314	41,5	E			H	I	G		F			*	
SV PL	Zwierźyniec Biał. 2	0,312	43,6				H	I	G		F	*	špecial		
Sev. PL	Nowe Ramuki	0,312	41,8				H	I	G		F	*		*	
Sev. PL	Zwierźyniec Biał. 1	0,305	45,9				H	I	G			*			
Stred. SK	Michalová 980 m	0,305	48,3				H	I	G			*		*	
Beskydy	Rycerka 950 m	0,299	44,7				H	I				*			
Sev. PL	Przerwanki	0,292	47,4					I				*		*	špecial
Tatry	Wytów – Tatry	0,226	70,2					J				*		*	

Interakcia proveniencia × prostredie

Prehľad výsledkov hodnotenia interakcií proveniencii s prostredím pre výškový rast aj objem stredného kmeňa uvádzame v 2 posledných stĺpcoch Tab. 8. Pri výškovom raste bola korelácia (P > 95 %) – a teda predvídateľný rast – prítomná u väčšiny proveniencií.

Čo sa týka odlišnosti regresného koeficienta od 1, menší ako 1 bol pri 5 provenienciách. Znamená to, že tieto proveniencie rastú vyrovnane na rôznych typoch stanovíšť. Patrí k nim 1 beskydská, 1 tatranská a 3 poľské nížinné proveniencie. S výnimkou beskydskej Rycerky 700 m n. m. však ide o priemerne a podpriemerne rastúce proveniencie.

Ak u proveniencie interakcia s prostredím chýba, jej reakciu na zmenu stanovištných podmienok (prenos) nemožno predvídať. Pri výškovom raste bolo takýchto prípadov len 5, pričom v troch šlo o proveniencie z nížin a pahorkatín Poľska. Pri objeme stredného kmeňa však interakcia s prostredím chýbala u väčšiny nadpriemerne a priemerne rastúcich proveniencií. Vysvetlením je, že do výpočtu objemu stredného kmeňa vstupuje aj hrúbka, u ktorej sme zistili negatívnu koreláciu s prežívaním proveniencií resp. hustotou ich výsadieb (Tab. 9).

Produkcia a pestovná perspektíva proveniencií

Na hodnotenie produkčnej perspektívy proveniencií sme použili celkovú zásobu, ktorá je súčinom objemu stredného kmeňa (zohľadňuje výškový aj hrúbkový rast) a počtu prežívajúcich stromov. Prepočítali sme ju na jednotný porovnávací základ 0,2 ha, čo je plocha pripadajúca na 1 provenienciu, ak je zastúpená na všetkých 5 plochách. Vynikajúce a zaostávajúce proveniencie sa v celkovej produkcii odlišujú o viac ako 50 % (Tab. 10c). Proveniencií, ktoré dosiahli aspoň 80 % zásoby najlepšej, bolo šestnásť: 5 z 8 zastúpených západobeskydských, 4 zo 7 stredoslovenských, všetky 3 hercýnske, a na druhej strane len 2 z 9 proveniencií zo stredného a severného Poľska.

Pestovnú perpektívu proveniencií sme odhadli porovnaním celkovej zásoby zdravých stromov (Tab. 10d), ktorá zohľadňuje nielen rast a prežívanie, ale aj mieru poškodenia (jeho hlavným zdrojom bolo lúpanie jeleňou zverou, ktoré zvýši výskyt hniloby kmeňa). V celkovej zásobe dreva zdravých stromov dosiahlo 85 % výkonu najlepšej proveniencie 13 z 30 proveniencií: Bolo to 6 zo 7 zastúpených stredoslovenských a všetky 3 hercýnske proveniencie. Z dobre rastúcich 8 západobeskydských proveniencií k nim patrili len 3 a z 9 proveniencií z nížin a pahorkatín Poľska len jediná proveniencia.

Tab. 9: Korelácie medzi rastovými charakteristikami a prežívaním, podielom nepoškodených a lúpaných stromov podľa proveniencií (* – P > 0,95 %; ** – P > 0,99 %).

Tab. 9: *Correlations between the growth characteristics and the survival rate, share of healthy trees and trees damaged by deer per provenance (* – P > 0.95%; ** – P > 0.99%).*

	Priem. výška *Mean height*	**Priem. hrúbka** *Mean DBH*	**Objem str. kmeňa** *Mean stem*	**Celk. zásoba** *Growing stock*	**Prežívanie** *Survival rate*
Prežívanie [%] *Survival rate*	0,248	0,328*	(0,273)	(0,786**)	-
Podiel nepoškodených [%] *Healthy trees per provenance*	–0,228	–0,328*	–0,267	–0,416**	–0,406*
Podiel lúpaných jedincov [%] *Trees damaged by deer [%]*	0,161	0,356*	0,230	0,430**	0,460**

Tab. 10: a) Prežívanie proveniencií; b) Podiely jedincov bez poškodenia; c) Celková zásoba; d) Celková zásoba zdravých stromov na provenienciu. Čiary označujú hranicu 85 % výkonu najlepšej proveniencie.

Tab. 10: *a) Survival rate of provenances; b) Share of healthy trees per provenance; c) Total growing stock; d) Growing stock of healthy tree per provenance. Horizontal lines indicate 85% of the value of the best performing provenance.*

a)		b)		c)		d)	
Prežívanie	**[%]**	**Podiel zdravých stromov**	**[%]**	**Celková zásoba na provenienciu**	**[m³]**	**Celková zásoba zdravých stromov**	**[m³]**
Rycerka 950 m	52	Przerwanki	75	Beňuš	92	Beňuš	58
Kartuzy	50	Čierny Balog	73	Zwierź. Lubelski	89	Zwierź. Lubelski	57
Beňuš	49	Tarnawa	73	Stará Voda	87	Čierny Balog	56
Michalová 930 m	48	Michalová 680 m	73	Istebna – Zapow.	86	Miedzygórze	55
Istebna – Zapow.	47	Witów	72	Orawa	80	Stará Voda	54
Svinošice	47	Miedzygorze	70	Miedzygórze	79	Michalová 680 m	53
Stará Voda	46	Tatran. Matliare	70	Rycerka, 700 m	78	Predajná	53
Miedzygorze	46	Predajná	70	Wisła	78	Stronie Śląskie	53
Michalová 680 m	46	Stronie Śląskie	70	Kartuzy	78	Wisła	52
Stronie Slaskie	45	Červená Skala	69	Rycerka, 950 m	77	Istebna-Zapow.	52
Zwierź. Lubelski	45	Borki	68	Rycerka, 620 m	77	Rycerka, 700 m	50
Orawa	45	Nowe Ramuki	67	Čierny Balog	77	Červená Skala	50
Čierny Balog	44	Wisła	67	Predajná	76	Svinošice	50
Rycerka 620 m	44	Svinošice	66	Stronie Śląskie	75	Orawa	49
Blizyn	44	Michalová 930 m	66	Svinošice	75	Michalová 930 m	48
Červená Skala	44	Novoť	65	Novoť (Orava)	74	Novoť (Orava)	48
Wisła	43	Zwierźyniec 2	65	Michalová 930 m	73	Borki	48
Borki	43	Rycerka 700 m	64	Michalová 680 m	73	Tarnawa	47
Novoť	43	Zwierź. Lubelski	64	Červená Skala	72	Tatr. Matliare	46
Rycerka 700 m	43	Beňuš	63	Bliźyn	71	Rycerka, 620 m	45
Zwierźyniec 1	42	Stará Voda	62	Borki	70	Bliźyn	44
Tarnawa	41	Bliźyn	62	Wigry	69	Rycerka, 950 m	44
Wigry	41	Zwierźyniec 1	62	Istebna-Bukow.	69	Kartuzy	42
Tatr.Matliare	41	Orawa	61	Tatr. Matliare	65	Przerwanki	42
Przerwanki	38	Istebna – Zapow.	60	Tarnawa	65	Istebna-Bukow.	41
Istebna Buk	38	Istebna Bukow.	60	Zwierźyniec 1	64	Wigry	41
Predajná	38	Wigry	60	Zwierźyniec 2	58	Zwierźyniec 1	40
Zwierźyniec 2	37	Rycerka 620 m	58	Przerwanki	56	Zwierźyniec 2	38
Nowe Ramuki	34	Rycerka 950 m	57	Nowe Ramuki	53	Nowe Ramuki	36
Witów	34	Kartuzy	54	Wytów – Tatry	38	Wytów – Tatry	27

DISKUSIA A ZÁVERY

Výsledky hodnotenia provenienčných pokusov potvrdzujú významný vplyv pôvodu lesného reprodukčného materiálu na produkciu aj ekologickú stabilitu lesných porastov zakladaných umelou obnovou. Vplyv pôvodu reprodukčného materiálu pritom prax a aj časť lesníckeho výskumu prehliada.

Najväčšie rozdiely sme v raste proveniencií sme zistili na najnižšie (Stráž 330 m) a najvyššie (Klobušová – Biely Váh, 950 m) položených pokusných plochách. V extrémnejších stanovištných podmienkach je teda výberu proveniencie a aj kvalite zdroja reprodukčného materiálu potrebné venovať najväčšiu pozornosť.

Okrem rešpektovania pravidiel prenosu lesného reprodukčného materiálu je mimoriadne dôležitá aj kvalita jeho zdroja. Príčinou je silná dedičná podmienenosť hospodársky a ekologicky významných znakov lesných drevín. Informácie o dedivosti hospodársky významných znakov lesných drevín uvádzame v Tab. 11, zostavenej na základe údajov získaných z publikácií WHITE et al. (2007); PAULE (1992); GEBUREK (2005); CORNELIUS (1996); DOEDE, ADAMS (1997); KANOWSKI et al. (1990); SAVILL et al. (1999); KUMM et al. (2000); GRIFFIN, COTTERILL (1988); TEISSIER DU CROS et al. (1980) a ďalších.

Vysoká dedivosť točitosti, vidličnatosti, krivosti kmeňa a výskytu mrazových trhlín. v praktickom vyjadrení znamená, že sa prejavia u 50–70 % jedincov, ktorých materský jedinec je ich nositeľom. V potomstve nekvalitných porastov sa navyše môže kumulovať viacero nežiadúcich znakov. Takýto reprodukčný materiál je pre vlastníka lesa mimoriadne nežiadúci: už v momente výsadby resp. znižuje potenciálne speňaženie produkcie zakladaného porastu o niekoľko desiatok %. A zvyčajne len preto, aby sa znížili výdavky na zber semena, ktoré sú zanedbateľným zlomkom nákladov na založenie, ďalšie pestovanie a ochranu lesných porastov.

Tab. 11: Dedivosť (miera prenosu z rodičov na potomstvo) hospodársky a ekologicky významných znakov lesných drevín.

***Tab. 11**: Heritability of economically and ecologically important traits of forest trees.*

Dedivosť *Heritability*	**Výškový rast** *Height growth* **[%]**	**Hrúbkový rast** *Stem diameter* **[%]**	**Krivosť** *Stem bending* **[%]**	**Točitosť** *Spiral grain* **[%]**	**Vidličnatosť** *Forking* **[%]**
Ihličnaté dreviny *Coniferous*	10–85	17–40	14–33	55–70	10–45
Listnaté dreviny *Broadleaved*	25–95	8–26	26–60		47–65

Dedivosť *Heritability*	**Uhol nasadenia vetiev** *Branching angle* **[%]**	**Hrúbka vetiev a hrčatosť** *Branch diameter and knots* **[%]**	**Hustota dreva** *Wood density* **[%]**	**Trhliny kmeňa** *Stem cracks* **[%]**	**Vegetatívna fenológia** *Vegetative phenology* **[%]**
Ihličnaté dreviny *Coniferous*	8–40	13–64	41–90	30– 93	80–100
Listnaté dreviny *Broadleaved*	16–62				

Vysoká dedivosť vidličnatosti a točitosti kmeňa listnatých drevín napríklad znamená, že nositeľmi týchto vlastností je viac ako polovica potomstiev semenných rodičov, ktorí sú ich nositeľmi. Pritom vidličnatosť znižuje nielen hodnotu produkcie, ale na miestach s vysokými

zimnými zrážkami a v hrebeňových polohách je významným predispozičným faktorom poškodenia korún jednotlivých stromov aj celých porastov buka.

Odhad prínosu selekcie na zlepšenie rastu a kvality lesných porastov oproti porastom priemernej fenotypovej kvality uvádzame v Tab. 11.

Tab. 12: Genetický zisk vďaka selekcii a šľachteniu, dosahovaný pri rôznom type zdrojov lesného reprodukčného materiálu (LINDGREN 2008 a osobná konzultácia, WHITE et al. 2007; TANZ 2001, PENTY et al. 2003).

***Tab. 12**: Genetic gain from selection and breeding estimated for conventional basic materials of forest reproductive material (LINDGREN 2008 and personal communication, WHITE et al. 2007; PENTY et al. 2003).*

	Uznané porasty *Selected seed stands*	**Neoverené semenné sady** *Unimproved seed orchards*	**Semenné sady 1,5. gen. s otestovanými klonmi** *Improved seed orchards with tested clones*	**Otestované veget. množené klony** *Tested clones*
Genetický zisk *Genetic gain* ΔG	3 až 5 %	6 až 10 %	17 až 23 %	25 %

Hodnoty genetického zisku zo selekcie a šľachtenia lesných drevín sú zjavne nižšie v porovnaní s rozdielmi medzi provenienciami (a dôsledkami prenosu lesného reprodukčného materiálu) ako aj v porovnaní s vysokými hodnotami dedivosti nežiadúcich vlastností lesných drevín. To len podčiarkuje, aké dôležité sú správne rozhodnutia pri používaní lesného reprodukčného materiálu a kvalita jeho zdrojov. V prípade ignorovania praxou sa dôsledky použitia materiálu pochádzajúceho z nevhodných zdrojov v lesných porastoch prejavujú celé desaťročia. Ide nielen o zjavné zhoršenie fenotypovej kvality, ale často prehliadané selektívne (a nenáhodné) poškodenia porastov vrcholcovými zlomami, straty na produkcii a vitalite, ktoré vedú k zvýšeným nákladom na ochranu a dokonca predčasnú obnovu. Snaha o okamžitú úsporu nákladov pri zakladaní porastov zaobstaraním lacnejších sadeníc z nekvalitného zdroja alebo nevhodného pôvodu je teda zanedbateľná v porovnaní s budúcimi komplikáciami, ktoré ich použitie spôsobuje.

Reakcia smreka na prenos a hodnotenie pestovateľskej perspektívy jeho proveniencií

Analýzou rastu a prežívania 30 proveniencií smreka na 5 plochách vo výškovom gradiente 700 metrov sa preukázal významný vplyv plochy (stanovišťa), proveniencie (pôvodu) a tiež interakcia proveniencii s kvalitou stanovišťa. Zaujímavé je, že najvyššie položená pokusná plocha v 5. LVS v 950 m nad morom leží podľa našich výsledkov nad produkčným optimom smreka. To sa potom nachádza pod spodnou hranicou jeho prirodzeného rozšírenia. Vzťahuje sa to, samozrejme, na vek smreka 35–45 rokov.

Interakcia s prostredím bola pri výškovom raste prítomná u väčšiny proveniencií, chýbala len v 6 prípadoch. Väčšina proveniencií s interakciou sledovala priemernú bonitu plôch (21 prípadov). Len 3 proveniencie boli „špecialisti“, ktorí zlepšili svoj rast na bonitnejších plochách/stanovištiach viac ako priemer. V objeme stredného kmeňa už bola interakcia s prostredím u väčšiny proveniencií nevýznamná, a to hlavne u dobre rastúcich proveniencií. Znamená to, že ich odozvu na zmenu podmienok prostredia nemožno odhadnúť. Tento jav však nemusí súvisieť s ich dedičnými danosťami. Môže byť dôsledkom 2 veterných kalamít, ktoré na najvyššie (Klobušová – Biely Váh) a najnižšie položenej

pokusnej ploche (Zvolen Stráž) zasiahli viac dobre rastúce proveniencie s väčším objemom stredného kmeňa.

Väčšina proveniencií zo Západných Karpát rastie v priemere veľmi dobre a vo výškovom raste je u nich prítomná štatisticky významná interakcia s prostredím. Výnimkou je časť beskydských proveniencií (Wisla, Orawa, Novoť). V tejto súvislosti k opatrnosti pri západobeskydských provenienciách (Wisla, Rycerka 700 m a 620 m, Istebna Zapowiedź) nabáda aj MATRAS (2009) v prierezovom hodnotení pokusu IUFRO 1972.

Čo sa týka reprezentatívnosti hodnoteného pokusu IUFRO 1972, provenienčné oblasti smreka v ňom nie sú zastúpené rovnomerne. Získané výsledky napriek tomu dávajú možnosť určitého zovšeobecnenia. K najlepšie rastúcim patria proveniencie smreka zo Západných Beskýd, a stredného Slovenska. Z hľadiska celkovej objemovej produkcie sa k nim zaraďujú aj proveniencie smreka z Hercýnskej oblasti. Rastú síce priemerne, vďaka veľmi dobrému prežívaniu dosiahli všetky tri viac ako 80% objemovej produkcie najlepšej proveniencie.

Pokiaľ by bol výber perspektívnych proveniencií založený na celkovej objemovej produkcii zdravých stromov, ktorá zohľadňuje aj mieru poškodenia, najspoľahlivejšie sú proveniencie smreka zo stredného Slovenska a Hercýnskej oblasti. Západobeskydské proveniencie by sa k nim nedali zaradiť kvôli vysokému podielu stromov poškodených lúpaním. Dobre rastú, vyžadujú však intenzívnejšiu starostlivosť a hlavne ochranu pred zverou. Smrek z pahorkatín a nížin Poľska nevyhovuje pre celkovo slabší rast a nepredvídateľnú odozvu na prenos do podmienok horských oblastí. Východopoľská proveniencia Zwierźiniec Lubełski, ktorá sa vyznačuje nadpriemerným rastom, objemovou produkciou a prežívaním je v tomto kontexte skôr výnimkou potvrdzujúcou pravidlo.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (100 %).

LITERATÚRA

CORNELIUS, J. P. (1994): Additive genetic variation and heritabilities in forest trees. Canadian Journal of Forest Research, 24: 2: 372–379.

DOEDE, D. L. – ADAMS, W. T. (1997): The genetics of stem volume, stem form, and branch characteristics in sapling Noble Fir. Silvae Genetica, 47: 4: 177–183.

FERGUSON, R. B. – LAND, S. B. – COOPER, D. T. (1977): Inheritance of growth and characters in American Sycamore. Silvae Genetica, 26: 5–6: 180–182.

GEBUREK, TH. (2005): Was ist bei der Herkunftswahl zu beachten. Waldbau – Informationstag Gmunden, April 7 2005. Dostupné na: <www.bfw.ac.at/050/pdf/1532_waldbauinformationstag_geburek.pdf>.

GIERTYCH, M., MÁTYÁS, C., 1991: Genetics of Scots Pine. Elsevier, Amsterdam.

GÖMÖRY, D. – LONGAUER, R. – HLÁSNY, T. – PACALAJ, M. – STRMEŇ, S. – KRAJMEROVÁ, D. (2012): Adaptation to common optimum in different populations of Norway spruce *(Picea abies* Karst.). European Journal of Forest Research, 131: 401–411.

GÖMÖRY, D. – FOFFOVÁ, E. – KMEŤ, J. – LONGAUER, R. – ROMŠÁKOVÁ, I. (2010): Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) provenance variation in autumn cold hardiness: Adaptation or acclimation. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 52: 2: 42–49.

GRIFFIN, A. R. – COTTERILL, P. P. (1988): Genetic variation of outcrossed, selfed ad open.pollinated progenies of Eucalyptus regnans and some implications for breeding strategy. Silvae Genetica, 37: 3–4: 124–131.

HANNERZ, M. – WESTIN, J. (2005): Autumn frost hardiness in Norway spruce plus tree progeny and trees of the local and transferred provenances in central Sweden. Tree Physiology, 25: 1181–1186.

JENSEN, J. S. – DEANS, J. D. (2004): Late autumn frost resistance of twelve north European provenances of Quercus species. Scandinavian Journal of Forest Research, 19: 390–399.

HÖGBERG, K.-A. – KARLSSON, B. (1998): Nursery selection of *Picea abies* clones and effects in field trials. Scandinavian Journal of Forest Research, 13: 12–20.

KANOVSKI, P. J. – MATHER, R. A. – SAVILL, P. S. (1990): Short note: Genetic control of oak shake; Some preliminary results. Silvae Genetica, 40: 3–4: 166–168.

KRUTZSCH P. (1968): Die Pflanzenschulergebnisse eines inventierenden Fichtenherkunftversuches (*Picea abies* KARST. und *Picea obovata* LEDEB.). Koniglig Skoghogskolan, Stockholm.

KUMM, M. – TAMM, UE. – MOELS, T. – JOEPERA, E. (2000): Korguse ja rinnasdiameetri paeritavuse uurimine harilikul maennil [Heritability of stem height and BHD in *Pinus sylvestris* L.]. Forestry Studies (Estonia), 32: 32–42.

LINDGREN, D. (2008): A way to utilise the advantages of clonal forestry for Norway spruce. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, 114: 8–15.

MATRAS, J. (2009): Growth and development of Polish provenances of *Picea abies* in the IUFRO 1972 experiment. Dendrobiology, 61: Supplement: 145–158.

MÁTYÁS, C. – YEATMAN, C. W. (1992): Effect of geographical transfer on growth and survival of jack pine (*Pinus banksiana* LAMB.) populations. Silvae Genetica, 41: 370–376.

PAULE, L. (1992): Genetika a šľachtenie lesných drevín. Príroda, Bratislava, 304 s.

PENTY, R. – TANZ, J. S. – HADLEY, M. J. – WOODS, J. H. (2005): Benefits of using selected reforesta-tion materials. Forest Genetics Council of British Columbia FGC Extension Note 03, 19 s.

REPO, T. – ZHANG, G. – RYYPPO, A. – RIKALA, R. – VUORINEN, M. (2000): The relation between growth cessation and frost hardening in Scots pines of different origins. Trees – Structure and Function, 14: 456–464.

ROHMEDER, E. – VON SCHÖNBORN, A. (1965): Der Einfluss von Umwelt und Erbgut auf die Widerstandsfähigkeit der Waldbäume gegenüber Luftverunreinigung durch Industrieabgase. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 84: 1–13.

ROMŠÁKOVÁ, I. – FOFFOVÁ, E. – KMEŤ, J. – LONGAUER, R. – PACALAJ, M. – GÖMÖRY, D. (2012): Nucleotide polymorphisms related to altitude and physiological traits in contrasting provenances of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Biológia (Bratislava), 67: 5: 909–916.

SAVILL, P. S. – SPENCER, R. – ROBERST, J. E. – HUBERT, J. D. (1999): Sixth year results from four ash *(Fraxinus excelsior)* breeding seedling orchards. Silvae Genetica 48: 2: 92–100.

SONESSON, J. – JANSSON, G. – ERIKSSON, G. (2002): Retrospective genetic testing of *Picea abies* under controlled temperature and moisture regimes. Canadian Journal of Forest Research, 32: 81–91.

TEISSIER DU CROS, E. – KLEINSCHMIT, J. – AZCEUF, P. – HOSLIN, R. (1980): Spiral grain in beech, variability and heredity. Silvae Genetica, 29: 1: 5–13.

TEISSIER DU CROS, E. – LEPOUTRE, B. (1983): Soil provenance interaction in beech (*Fagus silvatica* L .). Forest Science, 29: 2: 403–411.

TANZ, J. S. (2001): Incorporating Genetic Gain in Timber Supply Analysis. Cortex Consultants Inc. for Forest Genetics Council of Btritish Columbia. FGG Extension Note 1, 15 s.

WHITE, T. L. – ADAMS, W. T. – NEALE, D. B. (2007): Forest Genetics. CAB International, Wallingford, United Kingdom. 704 s.

Adresy autorů

Ing. ROMAN LONGAUER, CSc.
Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Zemědělská 3
613 00 Brno

Ing. MARIÁN PACALAJ, PhD.
Ing. SLAVOMÍR STRMEŇ
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen
T. G. Masaryka 22
960 92 Zvolen

prof. Ing. DUŠAN GÖMÖRY, DrSc.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Úspěšnost a nákladovost různých variant obnovy lesa po větrné kalamitě

Success and cost of different variants of forest regeneration on wind-thrown area

ANTONÍN MARTINÍK – LUMÍR DOBROVOLNÝ – VÁCLAV HURT

Abstract

In this paper, different variants of forest regeneration within the wind-thrown area are compared. Artificial regeneration by planting target tree species, birch seeding and control variants were established within the wind-throw area under natural conditions of the fertile site of middle elevations. The original mature coniferous stand dominated by spruce was blown down in 2010. Only the variant with artificial regeneration it is possible to evaluate as the successful regeneration in terms of the Czech forest law. On the other hand, the cost of establishing this variants in amount of 141, resp. 166 thousand CZK was the highest of all variants. The birch seeding was successful only on one part of the area. But the high density of birch seedling higher than 50 cm (34 thousand pcs per ha) shows on the biological justify of using this species in this area. Regardless of low density of target tree species higher than 20 cm on seeding plots (4 thous. per ha) as well as on control plots (1 thous. per ha) is not possible to evaluated that plots like successful in term of the Czech forest law. On the control plots, lower density of pioneer tree species about 10 thous. per ha was found on the middle part of the area.

Keywords: *wind-thrown area, forest regeneration methods, parameters of successful regeneration, economy of regeneration*

Abstrakt

V příspěvku je analyzována úspěšnost různých variant obnovy lesa na kalamitní holině. Varianty umělá obnova výsadbou cílových dřevin, síje bříza a samovývoj, tedy bezzásahovost) byly založeny po větrné kalamitě a rozpadu nepůvodního jehličnatého porostu na živném stanovišti středních poloh. Dle stávající národní legislativy je na zájmové ploše za úspěšně obnovený porost možné považovat varianty s umělou obnovou. Náklady na umělou obnovu 141, resp. 166 tis. Kč na ha jsou přitom ze všech variant největší. Síje břízy byla úspěšná pouze v jedné části holiny. Zjištěné parametry mladého březového porostu více než 34 tis. semenáčku na ha vysokých 50 a více cm potvrzují biologickou vhodnost použití této dřeviny. Podobně jako u síje je na ploše samovývoj limitem úspěšné obnovy především nízký počet zjištěných cílových dřevin – 4 tis., resp. 1 tis. semenáčku větších než 20 cm. V podmínkách střední části holiny byl u plochy samovývoj zjištěn rovněž nízký počet dřevin přípravných asi 10 tis. ks.ha^{-1}.

Klíčová slova: *kalamitní holiny, metody obnovy lesa, parametry úspěšné obnovy, ekonomika obnovy*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Převažujícím způsobem obnovy lesa v ČR je obnova umělá (ZPRÁVA 2009). Tu lze přitom řadit k nejnákladnějším výrobním fázím lesa pasečného (POLENO, VACEK 2009). Naproti tomu v hospodářských systémech nepasečných (podrostní, výběrný), kde probíhá především obnova přirozená, jsou náklady na obnovu minimální (KOŠULIČ 2010). Kromě ekonomických aspektů je s umělou obnovou spojena i řada biologických negativ – především kořenové deformace (MAUER et al. 2004).

S obnovou lesa je spojeno hodnocení její úspěšnosti (vyhl. č. 139/2004 Sb.). Dle lesního zákona by mělo být provedeno zalesnění holiny do dvou let od jejího vzniku (§ 31 lesního zákona). V návaznosti na obnovený porost jsou definovány také parametry zajištění porostu (vyhl. 139/2004 Sb.), které by měl vykazovat porost pět let od úspěšné obnovy, resp. 7 let od vzniku holiny. Bohužel nejen parametry obnovy, ale především parametry zajištění lesního porostu jsou specifikovány především pro systémy pracující s holinou, případně s obnovou umělou. U hospodářských způsobů nepasečných je tento problém často bezpředmětný.

Specifikum obnovy lesa jsou holiny kalamitní, ty postihují i lesy nepasečné a často svou velikostí překračují rámec zákona. Obnova lesa velkoplošných holin je spojena s řadou obtíží, např. extrémní klima, změny hladiny podzemní vody apod. (PĚNČÍK 1958, GREGOR, TUŽINSKÝ 2011). Při umělé obnově těchto porostů dochází následně k akceleraci jak biologických, tak ekonomických problémů (KAŇÁK 1988, KOŠULIČ 2010). Použití obnovy přirozené je problematické z důvodu zabuřenění a nedostatku mateřských stromů, resp. semenné banky na ploše holiny a jejím bezprostředním okolí (SANIGA 2010). Alternativou je síje přípravných dřevin, které mohou diverzifikovat obnovu a výrazně tak započít transformaci lesa. Biologická opodstatnitelnost těchto dřevin (KAŇÁK 1988) však často naráží na legislativní limity (viz příloha č. 4 vyhl. č. 83/1996 Sb.*)*.

Cílem příspěvku je v konkrétních podmínkách (kalamitní holině po nepůvodních smrčinách) porovnat úspěšnost různých způsobů (variant) obnovy lesa. Úspěšnost obnovy byla hodnocena po dvou letech od vzniku experimentu, tedy dle platné legislativy. Hodnoceny jsou tyto varianty obnovy: umělá obnova (výsadba), síje přípravné dřeviny a samovývoj (resp. bez-zásah).

METODY

Posuzovaná experimentální kalamitní plocha „Tipeček“ se nachází na území ŠLP „Masarykův les“ Křtiny. Holina vznikla v červnu roku 2010 po větrné kalamitě Antonín (DOBROVOLNÝ et al. 2010). Původním porostem byl asi 100letý plně zapojený převážně smrkový porost. Vzniklá asi 1,5ha holina bezprostředně navazuje na mladé lesní porosty a tvoří komplex 6 ha nezajištěných porostů. Převažující SLT 3S (svěží dubová bučina) na rovině do 5° přechází v severovýchodní části holiny k svažitému (západní expozice) terénu do SLT 3A.

V rámci holiny byly vytvořeny tři varianty obnovy lesa: výsadba, síje (bříza) a samovývoj. Všechny varianty byly založeny ve dvou opakováních: „velká“ 30 × 30 m a „malá“ 25 × 25m. Celkem bylo na ploše založeno těchto 6 TVP:

- TVP 1 „**malý“ samovývoj** (25 × 25 m) je umístěná ve východní části holiny a vzhledem k zachovalým okolním porostů má tvar ze západní strany otevřeného kotlíku o poloměru cca 30 m; plocha je ponechána od vzniku bez úmyslných zásahů.

- TVP 2 „**malá“ výsadba** (25 × 25 m) bezprostředně navazuje na malý samovývoj, ze severu a z jihu je krytá porostní stěnou. Na podzim v r. 2010 byla provedena umělá obnova smrku a buku v řadovém smíšení. Smrku – spon: 1,5 × 2,0 m, tj. 4 000 ks.ha^{-1}; buk – spon 2,0 × 0,5 m, tj. 10 000 ks.ha^{-1}. Skutečné vysázené počty sazenic na plochu SM 110 ks; BK 353 ks.
- TVP 3 „**velká“ síje** (30 × 30 m) plocha sousedí s malou výsadbou, pouze ze severovýchodní strany je ve vzdálenosti asi 30 m lemována žebrem původního porostu; na podzim 2010 a na jaře 2011 provedena síje břízy v množství 1 g na 1 m^2.
- TVP 4 „**velký“ samovývoj** (30 × 30 m) podobně jako sousedící velká síje je plocha pouze ze severní strany ohraničená žebrem (30 m široké) původního porostu; plocha ponechána od vzniku bez úmyslných zásahů.
- TVP 5 **„velká“ výsadba** (30 × 30 m) navazuje na předchozí, stejné stanovištní podmínky; na podzim v r. 2010 výsadba smrku a buku v řadovém smíšení, spon viz TVP 2, na jaře výsadba LP, BK, MD a DB do mezi-řad původní výsadby buk-smrk. Počty sazenic – SM: 141 ks; BK: 561 + 72 ks, LP 66 ks; DB 109 ks; MD 15 ks.
- TVP 6 **„malá“ síje** (25 × 25 m) v porovnání s ostatními TVP odlišný SLT – 3A, větší svažitosti terénu, na severní straně pouze odrostlá mlazina, mateřský porost se vyskytuje na západ od TVP. Na podzim 2010 a na jaře 2011 provedena síje břízy v množství 1 g na 1 m^2.

Pro variantu samovývoj a síje byl stav obnovy zjišťován na inventarizačních ploškách o velikosti 1 m^2. Ty byly na plochách rozmístěny v pravidelné síti ve středu dílce o velikosti 5 × 5 m. Na variantách „velkých“ bylo vytyčeno 36 plošek na „malých“ 25 plošek, tj. intenzita vzorkování 4 %. Obnova byla na ploškách zjišťována dle výškových tříd 2krát ročně, a to v červnu a říjnu (DOBROVOLNÝ et al. 2010). Pro účely tohoto sdělení je stav obnovy hodnocen k podzimní inventarizaci v r. 2012. Inventarizace výskytu obnovy byla členěna dle kategorií, které jsou blíže specifikovány v Tab. 1.

Na plochách s výsadbou jsou od založení pokusu sledovány ztráty v obnově. Po dvou letech od založení experimentu byla u vysázených dřevin změřena výška nadzemní části.

Ekonomická nákladovost jednotlivých variant je sledována od doby vzniku experimentu jako součet všech nákladových položek konkrétní plochy, přepočteno na ha.

VÝSLEDKY

Stav obnovy (viz Tab. 1).

TVP 1 „malý“ samovývoj

Z 25 inventarizačních plošek nebyl výskyt obnovy zaznamenán na dvou ploškách. Výskyt cílových dřevin byl zjištěn na 11 ploškách o celkové početnosti 12 800 ks.ha^{-1}. Cílové dřeviny s výškou nad 20 cm se vyskytovali na 4 ploškách a jejich hustota dosahovala 4 000 ks.ha^{-1}. Přípravné dřeviny (bříza, jeřáb, jíva, osika) ve výškové kategorii + 20 cm se vyskytovaly na 18 ploškách a jejich početnost dosáhla 66 tis. ks.ha^{-1}.

TVP 2 „malá“ výsadba

Po dvou letech od výsadby bylo na ploše zjištěno 1 760 ks.ha^{-1} smrku a 5 648 ks.ha^{-1} buku. Skutečné ztráty na obnově dosahovaly u smrku 2 % a u buku 17 %. Průměrná výška smrku na konci r. 2012 dosáhla 61 cm a výška buku 32 cm.

TVP 3 „velká“ síje

Z celkového počtu 36 plošek byla obnova břízy zjištěna na 23 ploškách. Průměrný počet semenáčků břízy byl 131 000 semenáčku na ha, jedinců nad 20 cm 90 000 ks a semenáčků nad 50 bylo 34 700 ks. Kromě semenáčku břízy bylo na inventarizačních ploškách zjištěno dalších 7 druhů dřevin a to: smrk, borovice, modřín, dub, vrba, osika a jeřáb. Výskyt těchto dřevin byl zjištěn na 12 ploškách a průměrná početnost dosahovala 7 000 semenáčku na ha. Největší podíl 25 % ze všech těchto dřevin připadal na modřín.

TVP 4 „velký“ samovývoj

Z 36 inventarizačních plošek nebyl výskyt obnovy zaznamenán na dvou ploškách. Výskyt cílových dřevin byl zjištěn na 9 ploškách o celkové početnosti 3 600 ks ha. Cílové dřeviny s výškou nad 20 cm se vyskytovaly na 4 ploškách a jejich hustota dosahovala 1 100 ks.ha^{-1}. Přípravné dřeviny (bříza, jeřáb, jíva, osika) ve výškové kategorii + 20 cm se vyskytovaly na 16 ploškách a jejich početnost dosáhla 16 700 tis. ks.ha^{-1}.

TVP 5 „velká“ výsadba

Na podzim roku 2012 byly na ploše zjištěny následující ha počty jednotlivých dřevin: SM 1 566 ks, BK 6 038 ks, LP 755 ks a DB 1 099 ks. Do těchto počtu jsou započteny jak ztráty, tak vylepšování. Skutečné ztráty dosahovaly pro jednotlivé dřeviny těchto hodnot: SM do 1 %, BK 18 %, LP 17 %, DB 10 %, MD 100 %. Průměrná výška jednotlivých dřevin byla na konci roku 2012 následující: SM 49 cm, BK 29 cm, LP 32 cm, DB 47 cm.

Tab. 1: Hektarové počty [tis. ks.ha^{-1}] a výškové kategorie obnovených dřevin dle jednotlivých variant.

***Tab. 1**: Density [thousands of pcs.ha^{-1}] and height category of regenerated tree specieses on the research plots.*

dřevina dle výškových tříd *tree species according to height category*	**TVP 1 samovývoj malý** *natural succession*	**TVP 4 samovývoj velký** *natural succession*	**TVP 3 síje velká** *seeding of birch*	**TVP 2 výsadba malá** *planting*	**TVP 5 výsadba velká** *planting*
[1]smrk < 20 cm	1,20	0,28	0,28		
smrk 20–50 cm	1,60		0,83		
smrk 0–130 cm				1,76	1,56
[2]buk 0–50 cm				5,65	6,04
[3]borovice < 20 cm	3,20	1,67	1,11		
borovice 20–50 cm		0,28			
[4]modřín < 20 cm	4,40	0,56	0,83		
modřín 20–50 cm	0,40	0,56	0,28		
modřín 50–130 cm		0,28			
[5]dub 0–130 cm	0,40		0,28		1,10
[6]habr 50–130 cm	1,60				
[7]lípa 0–50 cm					0,76
[8]Σ cílové > 20 cm	4,00	1,11	1,39	7,41	9,46
Σ cílové	12,80	3,61	3,61	7,41	9,46

dřevina dle výškových tříd *tree species according to height category*	**TVP 1 samovývoj malý** *natural succession*	**TVP 4 samovývoj velký** *natural succession*	**TVP 3 síje velká** *seeding of birch*	**TVP 2 výsadba malá** *planting*	**TVP 5 výsadba velká** *planting*
[9]bříza < 20 cm	2,00	139	36,39		
bříza 20–50 cm	32,40	5,28	55,28		
bříza 50–130 cm	23,60	8,61	34,44		
bříza > 130			0,28		
[10]jeřáb < 20 cm	0,40	0,28	0,56		
jeřáb 20–50 cm	4,00	0,56	0,28		
jeřáb 50–130 cm	0,80	0,83	0,28		
[11]vrba < 20 cm	0,40	0,28	0,56		
vrba 20–50 cm	4,00	0,56	0,28		
vrba 50–130 cm	0,80	0,83	0,28		
[12]osika < 20 cm		0,28			
osika 20–50 cm			0,56		
osika 50–130 cm			0,28		
osika > 130 cm	0,400				
[13]Σ cílové + pomocné	99,60	22,22	133,06		
pinacae 1. roč.	3,60				
modřín 1. roč.	2,00		0,28		
bříza 1. roč	12,80	0,83	4,72		
[14]bez	8,40	1,94	1,11		
[15]hloh			0,28		

1 – norway spruce, 2 – beech, 3 – pine, 4 – larch, 5 – oak, 6 – hornbeam, 7 – lime, 8 – target species, 9 – birch, 10 – rowan, 11 – willow, 12 – aspen, 13 – target + auxiliary specieses, 14 – elder, 15 – hawthorn

TVP 6 „malá“ síje

Obnova břízy na této ploše byla již při první inventarizaci na jaře roku 2011 shledána jako nedostatečná. Výskyt obnovy byl zaznamenán pouze na dvou ploškách. V prvním případě to byl 1 a ve druhém 4 semenáčky. Proto bylo od dalšího sledování upuštěno a plocha byla obnovena skupinovitou výsadbou na jaře roku 2012.

Ekonomika obnovy

Nejvyšší celkové hektarové náklady byly za sledované období zjištěny pro variantu výsadba a dosáhly 166 tis. Kč.ha^{-1} u „velké“ a 141 tis. Kč.ha^{-1} u var. „malá“ (Tab. 2). Rozdíly, asi 15 % v nákladech mezi „malou“ a „velkou“ variantou byly dány vyššími hektarovými počty a pestřejší dřevinou skladbou zvolenou při založení experimentu u „velké“ výsadby. Největší podíl z nákladů 48 %, resp. 43 % připadl u výsadby na obnovu, tj. nákup sazenic a vlastní výsadbu. Následovala položka ochrana dosahující 36 %, resp. 38 %. Náklady na přípravu stanoviště dosahovaly 17 %, resp. 20 % z celkových nákladů.

Náklady na obnovu síjí dosahovaly 21 % z celkových nákladů na „velkou“ výsadbu. Z celkových hektarových nákladů ve výši 35 tis. připadlo nejvíce – asi 4/5 na přípravu stanoviště zbytek tvořily náklady na obnovu (osivo a síje).

V případě varianty samovývoj byly jedinými náklady položka příprava stanoviště. Náklady na samovývoj dosahovaly 17 % z nákladů zjištěných u „velké“ výsadby.

Tab. 2: Náklady [Kč.ha^{-1}] na obnovu za dva roky od počátku obnovy, pro jednotlivé varianty obnovy.
***Tab. 2**: Cost [CZK.ha^{-1}] of different regeneration variants for two year of observation.*

Položka *Item*	**Samovývoj** *Succession*	**Síje** *Seeding*	**„Malá“ výsadba** *„Small“ planting*	**„Velká“ výsadba** *„Large“ planting*
Příprava stanoviště *Site preparation*	27 600	27 600	27 600	27 600
Obnova *Regeneration*	0	7 422	60 605	79 581
Ochrana *Protection*	0	0	53 180	59 222
Celkem *Total*	27 600	35 022	141 385	166 403

DISKUSE

Podle platné národní legislativy (č. 289/1995 Sb., vyhl. č. 139/2004 Sb.) musí být holina obnovena, resp. zalesněna do dvou let od jejího vzniku. *Za obnovený nebo zalesněný je pozemek považován tehdy, roste-li na něm nejméně 90 % minimálního počtu životaschopných jedinců rovnoměrně rozmístěných po ploše* (vyhl. č. 139/2004 Sb.). TVP „Tipeček“ vznikla s cílem porovnat i netradiční způsoby obnovy lesa (DOBROVOLNÝ et al. 2011) a hodnocení úspěšnosti obnovy tak v mnoha ohledech přesahuje rámec platné legislativy.

Parametry úspěšné obnovy lze po dvou letech od založení pokusu splňují především obě plochy varianty výsadby. Ztráty u většiny dřevin nepřesáhly 20 % a chybějící rostliny byly v průběhu exsperimentu doplněny výsadbou. Výjimkou je modřín kde 100 % ztráty lze pravděpodobně přičítat neodborné manipulaci se sadebním materiálem při obnově. Výška rostlin sice bezprostředně nepatří k parametrům úspěšné obnovy, nicméně již v této fázi obnovy lze usuzovat na vhodnost některých dřevin pro umělou obnovu na holině. U smrku je z průměrných výšek 49, resp. 61 cm, ale i z pozorování patrné, že vysazené rostliny přirůstaly. Naproti tomu z průměrných výšek zjištěných u buku – 29, resp. 32 cm a z vlastního pozorování bylo zřejmé, že tato dřevina často vůbec nepřirůstala. Výška použitého sadebního materiálu při výsadbě se pohybovala v rozpětí 36–50 cm. I přes nákladná ochranná opatření docházelo k opakovanému poškozování zvěří, ale i k zasychání terminální části vysázených rostlin. Lépe než buk odrůstali ostatní listnaté dřeviny, tedy lípa a dub. Výsledky pozorování tak potvrdily nevhodnost kultivace buku v prostředí holé plochy (např. KOŠULIČ 2010).

Pravidelná likvidace buřeně v mezi-řadách varianty výsadba neumožnila masivnější výskyt přirozené obnovy ostatních dřevin. Přesto se tyto dřeviny, především bříza, modřín a borovice na obou plochách vyskytovaly. Takto zmlazené dřeviny však nebyly součásti hodnocení a jejich výška často nedosahovala 20 cm.

Naproti tomu výskyt přirozené obnovy u varianty síje a samovývoj byl sledován dle zvolené metodiky již od nejranějších stádií. Limitujícím faktorem úspěšnosti obnovy na samovývoji a síji byl především nízký počet dřevin cílových, jejich prostorové rozmístění, v případě „malého“ samovývoje také výška u většiny rostlin pod 20 cm neskýtající záruku úspěšného odrůstání. Budoucí vývoj těchto rostlin na živném stanovišti s vysokou pokryvností buřeně je velmi problematický, nicméně nelze vyloučit jejich přežívání stejně

jako iniciaci další obnovy. Ta však může nastoupit až se značným zpožděním (PĚNČÍK 1958).

Jak na obou samovývojích, tak na „velké“ síji byl přitom zaznamenán značný výskyt dřevin přípravných, resp. dřevin s pionýrskou strategií (MÍCHAL 1994). I přes biologickou opodstatnitelnost využití těchto dřevin na kalamitních holinách (KOŠULIČ 2010) je jejich využití pro obnovu lesa velmi limitováno. Většina těchto dřevin spadá do kategorie pomocných lesních dřevin, jejichž přítomnost je při obnově omezena na 15 % z minimálních ha počtu pro konkrétní cílovou dřevinu (vyhl. č. 139/2004 Sb.). Oprávněnost jejich využití na holině přitom dokládá zjištěná výška rostlin, resp. početnost jedinců ve výškové kategorii nad 50 cm.

Zjištěné rozdíly v úspěšnosti obnovy v rámci jednotlivé varianty tedy na ploše „velké“ a „malé“ vypovídají o odlišných podmínkách v jednotlivých částech holiny. Pro iniciaci přirozené obnovy stejně jako pro odrůstání výsadby byly lepší podmínky v prostředí okraje holiny v porovnání s její centrální částí. Naproti tomu extrémní podmínky na „malé“ síji byly limitující pro úspěšnou obnovu břízy v této části holiny (MARTINÍK – v přípravě).

Podle předpokladu byly největší náklady zjištěny u výsadby, tedy u varianty, která současně splňuje podmínky platné legislativy. Nicméně budoucí vývoj této, stejně jako ostatních variant, a to nejen z hlediska zajištěného porostu, ale porostu plnící všechny požadované funkce je velmi obtížně předpověditelný. Zjištěné výsledky přitom naznačují značný potenciál využití přírodních procesů doplněných o racionální postupy v umělé obnově (kombinovaná nebo vícefázová obnova) jako cestu ke snížení nákladů při obnově lesa a tvorby stabilních hospodářských porostů (KULLA, SITKOVÁ 2012).

ZÁVĚR

Dvouleté pozorování různých variant obnovy lesa na konkrétní kalamitní holině přineslo následující zjištění:

- Z hlediska platné legislativy splňují kritéria úspěšně obnoveného porostu pouze obě plochy varianty výsadba; současně však za vynaložení největších ekonomických nákladů.
- V případě varianty síje a samovývoj byl limitní jednak výskyt dřevin cílových, jednak celková početnost stromků v obnově.
- Na plochách méně exponovaných s dostatečným výskytem dřevin přípravných poskytují výše uvedené varianty vhodné biologické předpoklady pro vytvoření nového porostu; u „velkého“ samovývoje a „malé“ síje tomu tak není a bez doplnění obnovy zřejmě nedojde ke vzniku porostu požadovaných parametrů.
- Úspěšnost, resp. neúspěšnost obnovy lesa na variantě síje a samovývoj byla zřejmá již v prvním roce experimentu; v dalších letech se obnova měnila nevýznamně.
- Ze dvou hlavních dřevin uměle vnášených na holinu dopadl hůře buk; za dvouleté sledování vykazoval ztráty sice jen do 20 % nicméně i přes ochranu proti zvěři a buřeni vůbec nebo jen minimálně přirůstal. Experimentem byla potvrzena problematičnost výsadby buku na holinu.

Zajímavé bude sledování dalšího vývoje na jednotlivých variantách. I když zákonem stanovené dvouleté hodnocení úspěšnosti obnovy je nyní pro samovývoj i síji negativní, může se v budoucnu ukázat prodloužení této lhůty (výjimkou) jako správný krok ke vzniku hodnotného porostu biologickou racionalizací, tzn. s menšími náklady na založení a menším

rizikem ztrát. Doplnění nebo podsadba cílových dřevin však budou zřejmě nezbytné, jejich potřebné množství však zatím zůstává otázkou.

LITERATURA

DOBROVOLNÝ, L. – HURT, V. – MARTINÍK, A. (2011): Založení experimentální plochy s různými způsoby obnovy lesa na ploše po větrné kalamitě. In: Proceedings of Central European Silviculture. Sborník referátů, Kacálek, D. et al. (eds.), Opočno, 28.–29. 6. 2011, VÚLHM, VS Opočno, s. 43–54.

GREGOR, J. – TUŽINSKÝ, L. (2011): Veterná kalamita a smrekové ekosystémy. TU Zvolen, 236 s.

KAŇÁK, K. (1988): Několik připomínek k rekonstrukci lesa v imisních oblastech. Lesnická práce, 67: 9: 409–415.

KOŠULIČ, M. (2010): Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. Brno, FSC: 449 s.

KULLA, L. – SITKOVÁ, Z. (2012): Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 207 s.

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E. – RYCHNOVSKÁ, A. (2004): Kořenový systém a chřadnutí smrku ztepilého. In: Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů, Mauer, O. (ed.), ÚZPL, LDF MZLU, Křtiny, s. 64–74.

MÍCHAL, I. (1994): Ekologická stabilita. Ministerstvo životního prostředí, Veronica, Brno, 275 s.

PĚNČÍK, J. (1958): Zalesňování kalamitních holin. SZN, Praha, 261 s.

POLENO, Z. – VACEK, S. et al. (2009): Pěstování lesů III – Praktické postupy pěstování lesů. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 951 s.

SANIGA, M. (2007): Pestovanie lesa. Lesnícka fakulta, TU Zvolen, 310 s.

Příloha č. 3 a č. 4 k vyhlášce č. 83 Ministerstva zemědělství ze dne 18. března 1996, o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Dostupné na <http://www.uhul.cz/legislativa/83_96/83_96.php>.

Vyhláška č. 139/2004 Sb., 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 funkcí lesa. Dostupné na <http://www.uhul.cz/legislativa/139_04/139_04.pdf>.

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). Dostupné na <http://www.uhul.cz/legislativa/289.php>.

Zpráva (2009): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 128 s.

Poděkování

Příspěvek byl řešen v rámci projektu KUS QJ1230330 „Stabilizace lesních ekosystémů vyváženým poměrem přirozené a umělé obnovy lesa“.

Adresa autorů

Ing. ANTONÍN MARTINÍK, Ph.D.; Ing. LUMÍR DOBROVOLNÝ, Ph.D.; Ing. VÁCLAV HURT, Ph.D.;
Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav zakládání a pěstování lesa
Zemědělská 3, 613 00 Brno

Kvalita zakládaných kultur – základ kvality nových porostů

Quality of plantation establishment – basis of quality of new forest stands

OLDŘICH MAUER – PETR VANĚK

Abstract

This article analyses conditions of root system and the work with artificially regenerated improving and reinforcing tree species at the time of established plantation. Plantations from 2. to 7. altitudinal vegetation zone belonging to all forest owners were analysed. More than 50% of trees with the most serious root system deformation had 125 plantations from 164 analyzed plantations. The adequate state of improving and reinforcing tree species was found only 78 out of 258 analysed plantations. The article submits some proposals for solutions.

Keywords: *planting, root system deformation, improving and reinforcing tree species*

Abstrakt

Práce analyzuje stav kořenového systému a práci s melioračními a zpevňujícími dřevinami po umělé obnově v době zajištění porostu. Analyzovány byly kultury od 2. do 7. lesního vegetačního stupně u všech majitelů lesa. Ze 164 analyzovaných kultur 125 mělo více než 50 % stromků s nejzávažnějšími deformacemi kořenového systému. Z 258 analyzovaných kultur pouze 78 mělo odpovídající stav melioračních a zpevňujících dřevin. V práci jsou podány návrhy na řešení.

Klíčová slova: *výsadba, deformace kořenového systému, meliorační a zpevňující* dřeviny

ÚVOD

Umělá obnova je a zřejmě ještě dlouhou dobu zůstane rozhodujícím způsobem obnovy lesa v České republice. Její realizace je poměrně jednoduchá, a proto bývá i podceňována. Stále však platí základní lesnické pravdy:

- Napoprvé obnovený porost bývá porostem nejkvalitnějším a i z hlediska další výchovy bezproblémovým.
- Kvalita užitého sadebního materiálu a pečlivost vlastní biotechniky obnovy ovlivňují kvalitu a stabilitu založených porostů desítky let – často více než vlastní výchovné zásahy.
- Volba dřevinné skladby a její rozmístění po ploše ovlivňují stabilitu porostů (ekosystému) a kvalitu vytěženého dříví.
- Obnova jako technologický proces je vždy kompromisem mezi aspekty technickými, ekonomickými a biologickými. Biologické aspekty však musí být prioritní, neboť jejich porušením nikdy nevypěstujeme kvalitní porost.
- Obnovu lesa neděláme pro současné vlastníky a uživatele, ale pro generace příští.

V současné době dochází k velkoplošnému chřadnutí a odumírání řady dřevin, mechanicky labilní porosty jsou rozvráceny sněhem, větrem, námrazou a napadány biotickými škůdci. I když predispozičních faktorů může být více, mezi nejvýznamnější patří špatný kořenový systém stromů a nevhodné prostorové rozmístění dřevin po ploše. Cíle příspěvku jsou proto dva – zjistit, jak vypadá kvalita kořenového systému vysázených dřevin v době zajištění porostů a zjistit, jak provozní praxe pracuje s melioračními a zpevňujícími dřevinami.

KVALITA KOŘENOVÉHO SYSTÉMU V DOBĚ ZAJIŠTĚNÍ POROSTŮ

Nepečlivou sadbou (vyvolávající deformace kořenového systému) nebo užitím sadebního materiálu s deformovaným kořenovým systémem strom vždy vytváří pouze malý kořenový systém s nepřirozenou architektonikou. Deformace kořenového systému jsou ireverzibilní, v dalším růstu je potom strom málo vitální, je negativně ovlivňován téměř jakýmkoliv stresorem, napadán parazitickými houbami a je mechanicky velmi nestabilní (MAUER, 2013a). I když deformace kořenového systému mohou být vyvolány i po pečlivé výsadbě, ve většině případů jsou způsobeny nevhodnou biotechnikou výsadby (MAUER, MAUEROVÁ, 2010).

Cílem ověřování bylo zjistit, jak vypadá kořenový systém uměle vysázených kultur v době zajištění porostu. Analyzováno bylo 164 kultur (porostů) v době 2 roky před zajištěním až 2 roky po zajištění. Analyzovány byly kultury u všech majitelů lesa, od 2. do 7. lesního vegetačního stupně včetně, na všech rozhodujících stanovištích hospodářského lesa. V každé kultuře bylo analyzováno 30 stromků ve třech odběrech (v tabulkách výsledků označených měření 1, 2, 3), a při každém odběru bylo analyzováno 10 stromků. Odběry 1 a 2 byly vedeny po úhlopříčkách (šikmo na směr řad vysázených stromků), odběr 3 byl veden ve třech přímkách kolmo na směr řad vysázených stromků. Při jednom odběru nebyly analyzovány stromky z jedné řady vysázených stromků, při žádném měření nebyly odebírány stromky z krajních řad a začátků a konců řad (zde je obecně kvalita výsadby málo dobrá). K analýzám byly vybírány průměrné stromky v kultuře (nebyli vybíráni předrostlíci, stromky poškozené – netvárné a stromky výrazně výškově nižší). Vzhledem k tomu, že cílem bylo zjistit, zda stromek má deformaci kořenového systému, kořenové systémy byly vyzvednuty ručně. Ostrým rýčem cca 15 cm od kmene byl stromek obryt a kořenový systém vyzvednut. Po jeho očištění byly zjišťovány tyto parametry a znaky – deformace do strboulu, deformace do písmene L a J, u každého stromku byla měřena délka nadzemní části, délka posledního přírůstu nadzemní části a tloušťka kořenového krčku (cca 5 cm nad půdním povrchem). U řady kultur byly archeologickým způsobem ručně vyzvednuty celé kořenové systémy, které byly podrobeny speciálním analýzám – v práci neuváděno. Analyzováno bylo 7 druhů dřevin obnovených prostokořenným sadebním materiálem, u smrku ztepilého a buku lesního byly analyzovány i kultury obnovené krytokořenným sadebním materiálem.

Výsledky jsou více než alarmující. Tab. 1 dokladuje, že 67,5 % vysázených stromků v analyzovaných kulturách mělo nejzávažnější deformace kořenového systému. Existují sice rozdíly mezi jednotlivými dřevinami (tyto jsou vyvolány větším či menším užitím prostokořenných semenáčků, neboť prostokořenné semenáčky s výrazně zkráceným kůlovým kořenovým systémem lze při výsadbě jen obtížně deformovat), u všech dřevin jsou deformace větší než 50 %. Kdybychom připustili, že deformace je přípustná do 50 % vysázených stromků, potom ze 164 vysázených kultur by vyhovovalo pouze 31 kultur.

V Tab. 2 jsou uvedeny výsledky analýz podle jednotlivých měření. Z tabulky vyplývá, že deformace mezi jednotlivými měřeními (mezi jednotlivými desítkami analyzovaných stromků) jsou minimální (totéž potvrzuje Tab. 3). Z Tab. 2 dále vyplývá, že naprosto převažující deformací je deformace do strboulu, u dřevin s výrazným kůlovým kořenovým systémem mají velký podíl i deformace do písmene L a J. U mnoha analyzovaných stromků nebyl zjištěn pouze jeden typ deformace, ale i typy dva (strboul + deformace do L nebo J.). Měření biometrických parametrů nadzemních částí stromků mělo za cíl zjistit, zda lze deformace kořenového systému poznat podle růstu nadzemní části. Tab. 2 dokladuje, že nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v růstu nadzemní části mezi stromky s deformací a bez deformace kořenového systému. (Ke stejnému závěru, cca do 15 let odrůstají stromky s deformací kořenového systému stejně jako stromky bez deformace, došel i MAUER, 2013b).

Tab. 1: Počet kultur s rozdílnou deformací kořenového systému (v každé kultuře hodnoceno 30 stromků).

Tab. 1: *Number of plantations with different deformations of root system (30 trees in each plantation were evaluated).*

Kultury s deformací koř. systému[1] [v %]	SM[2] prost.[9]	SM[2] kryt.[10]	BK[3] prost.[9]	BK[3] kryt.[10]	BO[4] prost.[9]	JD[5] prost.[9]	DB[6] prost.[9]	DG[7] prost.[9]	JV[8] prost.[9]	Všechny dřeviny[11]
100	5	-	-	1	1	2	1	1	-	11
91–99	4	1	3	-	5	3	3	1	1	21
81–90	6	1	5	2	5	1	4	1	2	27
71–80	5	-	4	4	7	4	3	1	3	31
61–70	6	3	1	5	4	4	4	-	1	28
51–60	1	-	4	2	4	1	2	1	-	15
41–50	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
31–40	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
21–30	5	-	1	1	1	1	4	-	-	13
11–20	1	-	2	1	1	-	2	-	-	7
1–10	-	-	1	2	1	-	5	-	-	9
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Celkem analyzovaných kultur[12]	33	5	21	18	29	17	29	5	7	164
Průměrné procento deformací ze všech kultur[13]	72,7	77,3	65,7	60,4	70,6	75,1	52,4	81,3	81,0	67,5

[1]plantations with root system deformations, [2]Norway spruce, [3]European beech, [4]Scots pine, [5]silver fir, [6]oak, [7]Douglas fir, [8]maple, [9]bare-rooted plants, [10]containerized plants, [11]all tree species, [12]sum of analyzed plantations, [13]average percentage of root system deformation of all plantations

Vypěstování stromů s velkým a nedeformovaným kořenovým systémem je jedinou lesnickou možností, jak minimalizovat vliv stresorů na kvalitu stromů. Připustíme-li současný stav kvality výsadeb, vytváříme podmínky pro problémy stromů a porostů v dalších letech. Domníváme se proto, že deformace kořenového systému by se měly stát jedním z kritérií zajištěného porostu. Při jejich zjišťování lze postupovat stejným způsobem – tzn. analyzovat 10 stromků na úhlopříčce. Snížíme-li nároky na minimum, za přijatelné lze považovat deformace do 5 stromků. V případě, že bude zjištěna deformace u 6 a více

stromků, je třeba kulturu celou přesázet, nebo znovu prosadit takovým počtem stromků jiné dřeviny, které zajistí novou kvalitní kostru porostu.

UŽITÍ MELIORAČNÍCH A ZPEVŇUJÍCÍCH DŘEVIN

Myšlenka – legislativně stanovit podíl melioračních a zpevňujících dřevin při obnovách, dále jen MZD, byla jistě velmi správná – zamezit tvorbě monokultur. Její legislativní určení a navazující výklad avšak byly dělány na dobré lesní hospodáře. V průběhu času se totiž ukazuje, že MZD se spíše a stále více stávají něčím, co slouží k tvorbě nekvalitních lesních porostů za minimálních ekonomických nákladů.

Pro posouzení současného stavu bylo analyzováno 258 kultur v době 2 roky před zajištěním až 2 roky po zajištění. Analyzovány byly kultury u všech majitelů lesa od 2. do 7. lesního vegetačního stupně včetně, na všech rozhodujících stanovištích hospodářského lesa.

Výsledky hodnocení a použitá kritéria pro hodnocení jsou uvedena v Tab. 4. Užitá kritéria vycházela z kritérií stanovených legislativou, byla však doplněna i o některé další aspekty, které legislativa přímo nestanovuje, ale kvalitu nových porostů výrazně ovlivňují (např. MZD výrazně výškově převyšují dřeviny vysázené kultury, MZD jsou vegetativního původu). Pro hodnocení „bez chyby“ byly v kritériu počet vysázených rostlin MZD brány ty situace, kdy byl vysázen počet MZD dle legislativy (příloha č. 6 k vyhlášce č. 139/2004 Sb. – Meliorační, zpevňující, přimíšené, vtroušené a pomocné dřeviny – Sazenice, označeno MZD na počty MZD) nebo počet vyšší (až plné hektarové počty – příloha č. 6 k vyhlášce č. 139/2004 Sb. – Základní dřeviny sazenice, označeno MZD na plné hektarové počty). V kritériu podíl vysázených dřevin MZD na ploše „bez chyby“ byly za správné brány situace, kdy podíl MZD byl velký jako minimální podíl MZD určený legislativou (příloha č. 3 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.), podíly větší nebo menší byly brány jako chybné.

Subjektivně hodnocenými kritérii byly – zda MZD odpovídá své funkci a zda MZD je vhodně rozmístěna v porostu. Obecně za poměrně nešťastné považujeme, že současná legislativa nerozděluje tyto dřeviny zvlášť na dřeviny meliorační a zvlášť na dřeviny zpevňující. Dřevina meliorační většinou nemůže splnit funkci zpevňující a má být v porostu jinak rozmístěna než dřevina zpevňující. (Cílem hodnocení nebyla ani skutečnost, že podle současné legislativy v některých hospodářských souborech některé určené dřeviny MZD mohou jen málo plnit funkci meliorační nebo zpevňující, nebo tam některé vhodné dřeviny chybí.) Pro hodnocení „bez chyby“ byly vybrána situace, kdy na stanovištích s málo vhodnými půdními podmínkami byla dřevina meliorační rozmístěna po celé (nebo větší části) plochy, na stanovištích ovlivněných větrem byla dřevina zpevňující (dřevina s hlubokým kořenovým systémem, v úrovni porostu) rozmístěna tak, aby rychlost větru minimalizovala.

Tab. 2: Deformace kořenového systému – výsledky analýz podle jednotlivých měření.

Tab. 2: *Deformation of root system – results of the analysis.*

Dřevina a typ sadeb. materiálu[1]	Číslo měř.[2]	Počet analyz. kultur	stromků[3]	Počet stromků bez def.	s def.[4]	str. s def.[5]	Počet stromků s deformacemi [ks][6]			Statisticky průkazné rozdíly mezi stromky s deformací a bez deformace[7]		
		[ks]		[ks]		[%]	Str-boul	L	J	ve výšce nadzemní části[8]	v tl. kořen. krčku[9]	ve velikosti posledního přírůstu[10]
SM[11]	1			89	241	73,0				0	0	0
prost.[18]	2			89	241	73,0	209	74	24	0	0	0
	3	33	330	92	238	72,1	211	68	28	0	0	0
	1–3	33	990	270	720	72,7	626	217	78			
SM[11]	1	5	50	12	38	76,0	38	9	0	0	0	0
kryt.[19]	2	5	50	10	40	80,0	40	2	0	0	0	0
	3	5	50	12	38	76,0	38	7	0	0	0	0
	1–3	5	150	34	116	77,3	116	18	0			
BK[12]	1	21	210	69	141	67,1	87	50	29	0	0	0
prost.[18]	2	21	210	78	132	62,9	80	51	25	0	0	0
	3	21	210	69	141	67,1	79	59	29	0	1 x	0
	1–3	21	630	216	414	65,7	246	160	83			
BK[12]	1	18	180	66	114	63,3	111	18	0	0	0	0
kryt.[19]	2	18	180	78	102	56,7	98	34	0	0	0	0
	3	18	180	70	110	61,1	102	29	0	0	0	0
	1–3	18	540	214	326	60,4	311	81	0			
BO[13]	1	29	290	88	202	69,7	122	66	58	1 x	0	0
prost.[18]	2	29	290	85	205	70,7	132	55	61	0	0	0
	3	29	290	83	207	71,4	127	63	61	0	0	0
	1–3	29	870	256	614	70,6	381	184	180			
JD[14]	1	17	170	38	132	77,6	122	55	2	0	0	0
prost.[18]	2	17	170	45	125	73,5	101	61	3	0	0	0
	3	17	170	44	126	74,1	102	60	5	0	0	0
	1–3	17	510	127	383	75,1	325	176	10			
DB[15]	1	29	290	128	162	55,9	97	66	39	0	1 x	0
prost.[18]	2	29	290	145	145	50,0	79	77	36	0	0	0
	3	29	290	141	149	51,4	85	75	38	0	0	0
	1–3	29	870	414	456	52,4	261	218	113			
DG[16]	1	5	50	8	42	84,0	40	9	0	0	0	0
prost.[18]	2	5	50	11	39	78,0	37	9	0	0	0	1 x
	3	5	50	9	41	82,0	41	7	1	0	0	0
	1–3	5	150	28	122	81,3	118	25	1			
JV[17]	1	7	70	13	57	81,4	37	19	12	0	0	0
prost.[18]	2	7	70	15	55	78,6	38	25	7	0	0	0
	3	7	70	12	58	82,9	41	22	12	0	0	0
	1–3	7	210	40	170	81,0	116	66	31			
Všechny dřeviny[20]	1	164	1 640	511	1129	68,8	860	367	166	1 x	1 x	0
	2	164	1 640	556	1084	66,1	814	388	156	0	0	1 x
	3	164	1 640	532	1108	67,6	826	390	174	0	1 x	0
	1–3	164	4 920	1 599	3 321	67,5	2 500	1 145	496			

[1]tree species, [2]number of measurement, [3]number of analyzed plantaions/trees, [4]number of trees with/without root deformations, [5]% of trees with deformation, [6]number of trees with deformation, [7)]statistically significant

differences between trees with and without deformation, [8]in height, [9]in root collar diameter, [10]in length of last increment, [11]Norway spruce, [12]European beech, [13]Scots pine, [14]silver fir, [15]oak, [16]Douglas fir, [17]maple, [18]bare-rooted plants, [19]containerized plants, [20]all tree species

Výsledky hodnocení stavu MZD nejsou dobré. Z 258 hodnocených kultur pouze 78 bylo založeno správně, přičemž řada z nich nemá pouze jednu chybu, ale i chyb několik. Za nejzávažnější problémy považujeme:

- Podíl MZD je plněn jakoukoliv dřevinou, bez ohledu na její funkci a rozmístění (velmi častá je její výsadba do jednoho kotlíku).
- Za nejzávažnější problém však považujeme to, že legislativa stanovuje minimální podíl MZD a nestanovuje jejich maximální podíl. Ve stále větším měřítku jsou proto zakládány nové kultury – celoplošně, na počty MZD a dřevinami MZD. Obzvláště se toho využívá tehdy, když MZD je současně dřevinou hlavní. Někteří pěstitelé si povolení snížených počtů vysvětlují i tak, že v kultuře mohou nastat až 50% ztráty, dřeviny na okraji děr jsou prý pak dřeviny MZD. Za extrémní, ale stále se rozrůstající, je třeba považovat skutečnost, že nové kultury jsou zakládány poloodrostky v počtu 800 ks.ha^{-1}.
- Ani stavu, kdy podíl MZD nemusí být splněn s ohledem na okolní porosty, není vhodný. Bez problému jsou tímto způsobem přeměňovány např. bučiny na téměř čisté smrčiny.
- Specifickým výkladem legislativy (obzvláště tím, že všechna kritéria zajištěné kultury nejsou ve vyhlášce soustředěna do jednoho bloku) někteří majitelé tvrdí, že v době zajištění v kultuře nemusí být žádná MZD.

Stav MZD není dobrý, ale ve většině případů neodporuje současné legislativě, která je stále více zneužívána (hodnocené kultury byly založeny před více než pěti lety, v současné době je situace ještě horší). I když opatření ke zlepšení současného stavu by mohla být celá řada, za prioritní a naprosto nezbytnou považujeme změnu legislativy v těchto bodech:

- MZD bez ohledu na jejich funkci a rozmístění v porostu vysazovat (obnovovat) na plné hektarové počty (stejně jako dřevinu hlavní, výjimkou mohou být záměrně zakládaná zpevňovací žebra).
- Stanovit maximální podíl MZD v době zajištění porostu.

Hodnocení stavu MZD bylo realizováno a proto i návrhy na opatření jsou určeny pro hospodářský les. Hodnocení bylo uskutečněno v uměle založených kulturách, v porostech založených přirozenou obnovou je situace obdobná a z hlediska stavu hlavní dřeviny často i horší.

Tab. 3: Rozdíly v počtu zjištěných stromků s deformací kořenového systému mezi jednotlivými měřeními (celkem bylo realizováno 492 měření).

Tab. 3: *Differences in number of trees with root system deformation between measurement (492 measurements in total).*

Rozdíl v počtu stromků [ks][1]	Rozdíly mezi jednotlivými měřeními[2]			Rozdíly celkem[6]	
	mezi 1. a 2. měřením[3]	mezi 2. a 3. měřením[4]	mezi 1. a 3. měřením[5]	počet [ks][7]	[%]
0	56 x	71 x	83 x	210 x	42,7
1	70 x	55 x	59 x	184 x	37,3
2	31 x	31 x	18 x	80 x	16,3
3	8 x	7 x	3 x	18 x	3,7
4 a více	0 x	0 x	0 x	0 x	0,0

[1)] difference in number of trees, [2)] differences between the measurements, [3)] between 1st and 2nd measurement, [4)] between 2nd and 3rd measurement, [5)] between 1st and 3rd measurement, [6)] differences in total, [7)] quantity [pcs]

Tab. 4: Výsledky hodnocení – užití MZD při umělé obnově (čísla znamenají počet kultur v ks).

Tab. 4: *Results of evaluation – soil improving and reinforcing species in artificial regeneration (numbers – number of plantations).*

Celkový počet analyzovaných kultur	**258**
Počet kultur, kde MZD vůbec nebyly (a měly být)	36
Počet kultur, kde MZD vůbec nebyly (zajišťovaly okolní porosty)	42
Počet kultur, kde MZD = dřevina hlavní	**56**
celá kultura na plné hektarové počty	10
MZD na počty MZD na ploše dle legislativy	9
MZD na počty MZD na ploše 2x větší	10
MZD na počty MZD po celé ploše kultury	13
v kultuře ztráty větší než 20 % (ztráty = podíl MZD)	14
Počet kultur s MZD	**125**
MZD neodpovídá dřevinám dle legislativy	15
MZD neodpovídá funkci	53
MZD je nevhodně rozmístěna	81
MZD je pouze v jednom kotlíku	57
MZD je na počty MZD	101
MZD je na plné hektarové počty	24
MZD je výškově výrazně vyšší	23
MZD je vegetativního původu	20
MZD je z přirozené (generativní) obnovy	44
MZD tvoří pouze jedna dřevina	97
MZD je na ploše menší než určuje legislativa	28
MZD je na ploše určené legislativou	39
MZD je na ploše 2x větší než určuje legislativa	36
MZD je na celé ploše kultury	22
počet kultur bez chyby	17
počet kultur s 1 chybou	4
počet kultur se 2 chybami	41
počet kultur se 3 chybami	38
počet kultur se 4 a více chybami	25
Celkový počet analyzovaných kultur bez chyby	**78**

Poděkování

Příspěvek je součástí projektu KUS QJ 1230330. Autoři příspěvku děkují všem, kteří umožnili dané analýzy realizovat.

LITERATURA

MAUER, O. (2013a): Václavka (*Armillaria* sp.) – další aspekt chřadnutí smrkových porostů. In: Sborník referátů Lýkožrout severský, jako vliv na chřadnutí smrkových porostů. ČLS, s. 25–33.

MAUER, O. (2013b): Výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. In: Sborník referátů Krytokořenný sadební materiál, ČLS, s. 40–43.

MAUER, O. – MAUEROVÁ, P. (2010): Vliv kvality užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů. In: Aktuálne problémy lesného školkárstva, semenárstva a umelej obnovy, sborník referátů, NLC Zvolen, s. 117–122.

Vyhláška č. 139/2004 Sb., 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 funkcí lesa.

Vyhláška č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.

Adresa autorů

prof. Ing. OLDŘICH MAUER, DrSc.

Ing. PETR VANĚK

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstování lesa

Zemědělská 3

613 00 Brno

Manažment lesov s výskytom hlucháňa na území Nízkych Tatier a Veľkej Fatry

Capercaillie-friendly forest management in the Nízke Tatry and Veľká Fatra Mts.

MARTIN MIKOLÁŠ – IVANA KALAFUSOVÁ – IVANA ČERNAJOVÁ
ZUZANA MICHALOVÁ – JOY COPPES

Abstract

We conducted systematic survey of the habitat suitability of Capercaillie (Tetrao urogallus) in the area of potential source population of the Western Carpathians – in Nízke Tatry and Veľká Fatra Mts. during the years 2011–2012. The habitat suitability is strongly dependent on the forest structure. Based on the analysis of variance, a primeval forest represents the most suitable habitat for capercaillie. The habitat suitability in the clear-cuts is significantly low, even the „dry" forest represents more suitable habitat. A large-scale loss of the habitat suitable for capercaillie occurred in the studied area. The threat for the source population is a threat for the whole capercaillie population of Slovakia. It is important to stop any further loss of suitable habitat of capercaillie and to enlarge the existing suitable habitat by specialized forest management measures. The concrete steps should be used for the urgent restoration of already antropogenically altered and degraded forest ecosystems (on the large-scale clear-cuts). It is necessary to create a complex management plan for Slovakia.

***Keywords**: capercaillie, habitat, forest management*

Abstrakt

V rokoch 2011–2012 sme vykonali systematické mapovanie vhodnosti habitatu hlucháňa hôrneho (*Tetrao urogallus*) v Nízkych Tatrách a Veľkej Fatre – oblasti potenciálnej zdrojovej populácie Západných Karpát. Vhodnosť habitatu tohto vtáčieho druhu silne závisí na štruktúre porastu. Pri porovnaní vhodnosti habitatu na základe analýzy variancie predstavuje prales pre pobyt hlucháňa najpriaznivejší habitat. Vhodnosť habitatu na holinách je preukazne nízka, aj suchý les predstavuje vhodnejší habitat. V skúmanej oblasti došlo k rozsiahlej strate vhodného habitatu hlucháňa. Ohrozenie zdrojovej populácie predstavuje ohrozenie celoslovenskej populácie. Je potrebné zabrániť ďalšej strate vhodného habitatu hlucháňa a vhodný habitat rozšíriť špecializovanými lesníckymi postupmi. Konkrétne opatrenia by mali byť využité najmä pre naliehavú reštauráciu už značne človekom poznačených a degradovaných lesných ekosystémov (na rozsiahlych odťažených plochách). Je potrebné vytvoriť ucelený plán manažmentu pre územie Slovenska.

***Kľúčové slová**: hlucháň hôrny, habitat, manažment lesa*

ÚVOD

Hlucháň hôrny je považovaný za indikátora zdravého spoločenstva horských lesov, v ktorom prežívajú ďalšie ohrozené a vzácne druhy (PAKALLA 2003). Pôvodný habitat hlucháňa je krajina, v ktorej dominuje prales premiešaný s plochami mladších vývojových štádií, ktoré nasledovali po prírodných disturbanciách, akými sú napríklad veterné, snehové či podkôrnikové kalamity (STORCH 1995). Na druhej strane, v niektorých oblastiach hustota hlucháňov nebola najvyššia v časoch nedotknutých pralesov, ktoré boli husté a tmavé, ale v časoch, keď praktiky využívania krajiny ľuďmi (napr. pastva, zber opadanky) vytvárali vhodné sekundárne biotopy (KLAUS et al. 1989).

Nízka reprodukcia spôsobená priamym a nepriamym vplyvom lesného hospodárstva je hlavný dôvod poklesu populácií tetrova hlucháňa v Európe (WEGGE et al. 2005). Plošný podiel vhodného habitatu vo fragmentovanej krajine je považovaný za dobré merítko životaschopnosti metapopulácie (HANSKI 1998). Okrem špecifických nárokov na štruktúru lesa, hlucháň má vysoké nároky aj na rozlohu vhodného prírodného prostredia. Telemetrické údaje ukázali, že hlucháne počas roka využívajú plochu 132–1 207 ha, priemerne 550 ha (STORCH 1995). Zabezpečenie dostatočného životného priestoru hlucháňa v krajine je potrebné chápať ako základný predpoklad pre jeho prežitie (STORCH 1997; BOLLMANN et al. 2011). V poslednej dekáde dochádza k rozsiahlym zásahom v horských smrečinách na Slovensku, ktoré predstavujú pre hlucháňa rozsiahlu stratu vhodného prírodného prostredia a pravdepodobne posledný úder pre fragmentovanú populáciu. Vetrová smršť z 19. 11. 2004, najmä v národnom parku Nízke Tatry, zasiahla rozsiahlu plochu lesných porastov. Následne došlo ku gradácií podkôrneho hmyzu a spracovaniu kalamity. Celkovo v Nízkych Tatrách od roku 2004 došlo k vzniku odťažených plôch s rozlohou viac ako 8000 ha, ďalej na viac ako 5000 ha boli použité pesticídy. Základnou otázkou prežitia hlucháňa na Slovensku je, akým spôsobom sa bude manažment týchto oblastí vyvíjať. Najväčší problém pre prežitie hlucháňa okrem samotnej straty vhodného habitatu predstavuje následný vznik rovnorodých homogénnych lesov s hustým korunovým zápojom.

METODIKA

Lokality výskumu sa nachádzajú v dvoch orografických celkoch, Nízke Tatry a Veľká Fatra. Obe pohoria patria do Fatransko-tatranskej oblasti. Porasty s lokalitami boli vybrané na základe predpokladaného výskytu. Tieto lokality sú situované prevažne v oblasti hornej hranice lesa pod centrálnym hrebeňom, príp. na niektorých napojených bočných výbežkoch. V nižších partiách pohoria v silne premenených lesoch, je jeho trvalý výskyt značne nepravdepodobný. Preto bol prieskum zameraný na miesta s vysokou pravdepodobnosťou výskytu hlucháňa hôrneho. Terénny prieskum sa uskutočnil v letnom období (júl–september) v rokoch 2011–2012, kedy je plne vyvinutá pozemná vegetácia. Celkovo bolo zmapovaných 666 plôch na 132 km. Územie bolo mapované v tranzektoch, každých 200 m boli priradené súradnice bodu, na ktorom boli na kruhovej ploche s polomerom 20 m odčítané a podrobne zaznamenané všetky kľúčové charakteristiky habitatu hlucháňa podľa metodiky na výpočet indexu vhodnosti habitatu HSI (STORCH 2002): *sklon svahu* (v triedach – 0: < 5°, 2: 6–15°, 3: 26–35°, 4: 36–45°, 5: > 45°), *pokryvnosť čučoriedky* [%], *výška bylinnej etáže* (v triedach – 1: 1–10 cm, 2: 11–20 cm, 3: 21–30 cm atď.), *pokryvnosť drevinného zmladenia* (v triedach – 1: < 25 %, 2: 26–50 %, 3: 51–75 %, 4: > 75 %), *sukcesné štádium porastu* (1: mladina, 2: žrďkovina, 3: žrďovina, 4: kmeňovina, 5: starý porast, 6: vekovo rôznorodý porast, 0: žiadny

les), *korunový zápoj* [%], *drevinové zloženie*, *prítomnosť medzier v poraste* a *prítomnosť preferovaných kŕmnych stromov* (*Abies alba, Pinus sylvestris, Pinus mugo, Pinus cembra*). Pobytové znaky (trus, perie, škrupiny, prachovisko atď.) sme hľadali po dobu 10 minút na výskumnej ploche každého bodu. Okrem toho sme na každej ploche určili typ stanovišťa – les, prales alebo kalamitná plocha. V prípade kalamitnej plochy sme rozlišovali asanovanú plochu (holiny) a ponechanú kalamitu (suchý les). Či sa daná výskumná plocha nachádza v pralese/pralesnom spoločenstve, sme určili podľa mapy pralesov Slovenska, pochádzajúcou z podrobného mapovania v rokoch 2009–2010 (odkaz 1). Tieto informácie sme následne použili na porovnanie vhodnosti habitatu a využívania habitatu na jednotlivých stanovištiach.

Výpočet indexu vhodnosti habitatu HSI – habitat suitability index (podľa STORCH 2002).

Pre výpočet HSI sme použili model, ktorý na rozdiel od pôvodného, nezahŕňa nadmorskú výšku, pretože výskumné plochy sa nachádzajú v približne rovnakej nadmorskej výške. SI (index vhodnosti) nadobúda hodnoty medzi 0 (nevhodný) a 1 (optimálny), je daný pre hodnoty každej premennej. Indexy vhodnosti sú následne skombinované do rovníc určujúcich hodnoty HSI. HSI sa počíta samostatne pre zimný a letný habitat, ktoré sa následne kombinujú do celoročného HSI.

Vzorec pre výpočet zimného HSI:

$$HSI_{zima} = (SI_{sukcesné\ štádium} * SI_{zápoj}) * (SI_{typ\ porastu} * SI_{sklon})^{1/2}.$$

Vzorec pre výpočet letného HSI:

$$HSI_{leto} = 0{,}25 * \{(SI_{sukcesné\ štádium} * SI_{zápoj}) + (2\ SI_{čučoriedka} * SI_{zmladenie}) + SI_{vegetácia})\} * SI_{sklon} * SI_{výška}.$$

Celoročný HSI je geometrickým priemerom zimného a letného HSI:

$$HSI_{rok} = (HSI_{zima} * HSI_{leto})^{1/2}.$$

Pre prehľadnosť sme následne hodnoty HSI rozdelili do piatich tried (1 = nevyhovujúci, 2 = pomerne nízky, 3 = priemerný, 4 = dobrý, 5 = excelentný habitat)

Štatistické vyhodnotenie

Pre zistenie vzťahu medzi skúmanými faktormi a zaznamenaným výskytom druhu sme spočítali medián, modus a priemer pre jednotlivé premenné habitatu. Dáta boli spracované v programoch Microsoft Excel a štatistickom programe R 2.13.2 (vývojársky tím R 2010). Pre zistenie závislosti HSI na jednotlivých typoch stanovíšť (les, odťažená plocha, prales) a ďalej pre určenie závislosti HSI na odťaženej ploche (spracovaná kalamita) verzus v suchom lese (nespracovaná kalamita) sme použili Kruskal-Wallisov test.

VÝSLEDKY

Vzťah medzi skúmanými faktormi a zaznamenaným výskytom druhu

Pri pozitívnej registrácii pobytových znakov je najfrekventovanejšia hodnota sklonu 6–25°. Výrazne nízky počet pozitívnych záznamov pobytových znakov je na sklonoch 36–45°. 67 % skúmaných plôch s pozitívnym záznamom výskytu druhu sa nachádza v sukcesne zmiešanom lese – tzn. s rôznorodou vekovou štruktúrou. Najfrekventovanejšia hodnota

korunového zápoja na plochách s pozitívnym záznamom výskytu hlucháňa je 60 %, následne 70 % a potom 50 %. Porasty so zápojom 90–100 % neobsahujú ani jeden pozitívny nález. Vo väčšine skúmaných porastov s pozitívnou registráciou (90 %) neprevyšuje pokryvnosť stromového zmladenia 25 %. Tetrov hlucháň vôbec neprebýva v lesoch s pozemnou vegetáciou vysokou 0–5 cm (celoročne sa im vyhýba), zatiaľ čo v 70–100 cm vegetácii neprebýva len vo vegetačnom období. Vegetácia vysoká len 0–5 cm súvisí s vysokým stupňom zápoja korunovej etáže (90–100 %). Najčastejšia hodnota výšky vegetácie s pozitívnym záznamom druhu je 20–30 cm (32 % z pozitívnych záznamov), potom sú ešte relatívne využívané plochy s výškou vegetácie 30–40 cm (30 % zo zaznamenaných pobytových znakov), menej 40–50 cm (16 % z pozitívnych záznamov), 10–20 (15 % z pozitívnych záznamov). Pokryvnosť čučoriedky na plochách so zaznamenaným výskytom hlucháňa, sa najčastejšie pohybovala v rozmedzí 30–40 %. Plochám s 0 % pokryvnosťou čučoriedky sa hlucháň vyhýba.

Porovnanie vhodnosti habitatu a využívania habitatu na jednotlivých stanovištiach

Priemerný HSI index na odťažených plochách (holinách) bol 0,02. Trieda vhodnosti na odťažených plochách je vyššia ako 1 iba na rozhraní s ešte stojacim lesom, kde stromy vytvárajú ešte čiastočný korunový zápoj. Priemerná hodnota HSI pre les dosahovala hodnotu 0,53, v pralese dosahovala najvyššiu priemernú hodnotu 0,66. Na základe analýzy variancie predstavuje prales pre pobyt hlucháňa najpriaznivejší biotop ($F_{(2)}$ = 149,7, $p < 0,001$), (Obr. 2). Pri porovnaní vhodnosti lesa vyschnutého po napadnutí podkôrnym hmyzom a odťažených polôh sa ukázalo, že prvý typ stanovíšť je preukazne vhodnejší ($F_{(1)}$ = 65,9, $p < 0,001$). Kým na holinách dosahoval priemer triedy vhodnosti HSI 4,98, v suchom lese činil len 2,35. Sumárny počet tried HSI na jednotlivých stanovištiach znázorňuje Tab. 1.

Tab. 1: Trieda vhodnosti biotopu v závislosti na druhu biotopu.

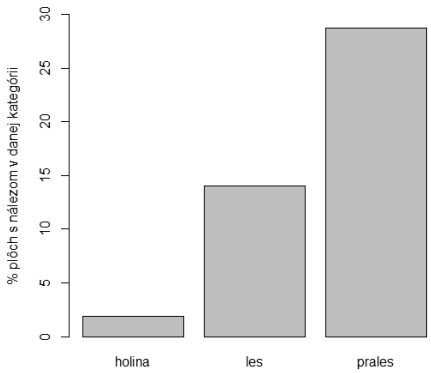
Tab. 1: *The HSI classes in clear-cut, managed forest and primeval forest.*

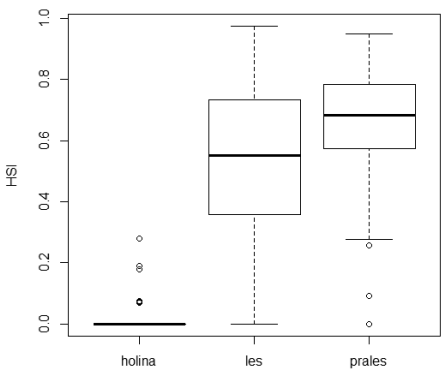
	biotop			
HSI trieda	**holina**	**les**	**prales**	**celkom**
1	52	62	2	116
2	1	90	4	95
3	0	142	18	160
4	0	142	40	182
5	0	90	23	113
Celkom	53	526	87	666

Tab. 2: Počet plôch so zaznamenanými pobytovými znakmi v závislosti na type stanovišťa.

Tab. 2: *Number of plots with capercaillie signs in managed forest, clear-cut and primeval forest.*

	biotop			
HSI trieda	**holina**	**les**	**prales**	**celkom**
zaznamenané	74	1	25	100
nezaznamenané	452	52	62	566
Celkom	526	53	87	666





Obr. 1 (vľavo): Porovnanie percent plôch so zaznamenanými pobytovými znakmi v rámci jednotlivých typov stanovíšť.

Fig. 1 (left): *Percentage of study plots with capercaillie signs in clear-cut, managed forest and primeval forest.*

Obr. 2 (vpravo): Porovnanie hodnôt HSI na jednotlivých typoch stanovíšť.

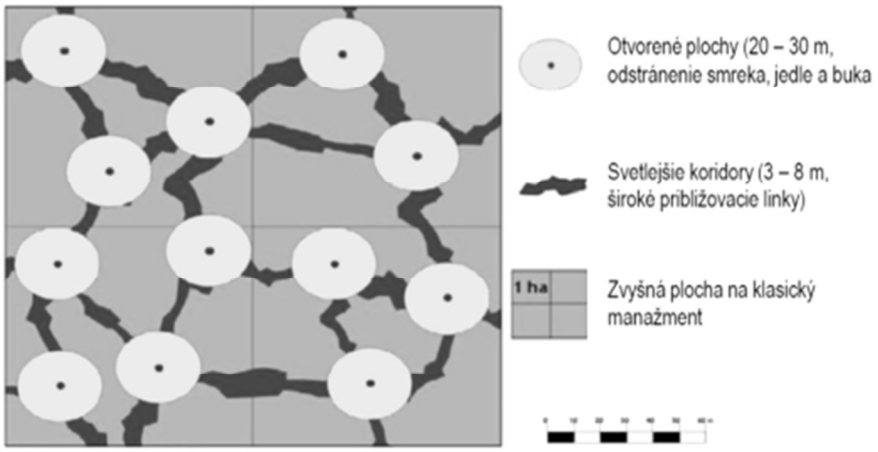
Fig. 2 (right): *Differences in the HSI values in clear-cut, managed forest and primeval forest.*

DISKUSIA

Niektoré pozitívne záznamy z mladín alebo kmeňovín predstavujú izolované jedince, ktoré sa na týchto miestach zdržujú len preto, že v tesnej blízkosti majú fragment vhodného habitatu, príp. staré „zaužívané“ tokanisko. Porasty so zápojom 90–100 % neobsahujú ani 1 pozitívny nález, nepredstavujú pre prítomnosť druhu vhodné stanovište. Druh dáva výrazne prednosť lesom s menej súvislou vrstvou regenerácie stromov. Nízke hodnoty pokryvnosti čučoriedky v lesných typoch typických výskytom čučoriedky opäť súvisia s vysokou hustotou a zápojom smrekov.

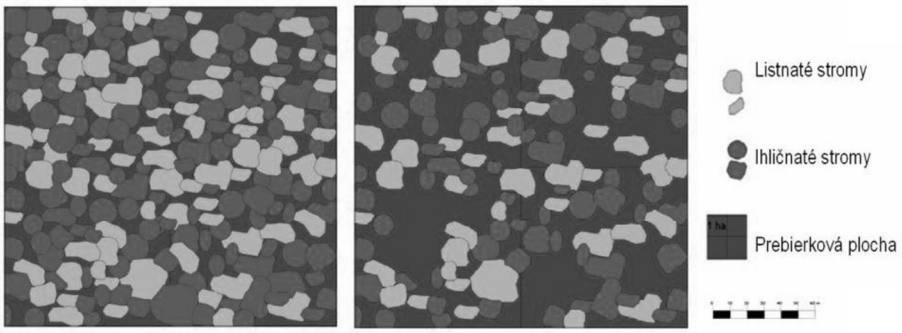
Pre zastavenie kritického poklesu populácie hlucháňa na Slovensku je nadovšetko dôležité zastaviť ďalšiu stratu starých a prestarnutých porastov, musí byť uchránená ostávajúca sieť neporušených lokalít výskytu hlucháňa, ktorá slúži ako dodávateľ pre okrajové populácie priľahlých fragmentovaných lesov určených pre lesohospodársku činnosť (WEGGE et al. 1992). Aj keď výsledky tejto štúdie potvrdzujú, že pralesy a prírodné lesy sú najviac využívanými habitatmi hlucháňa, bezzásahové územia (prírodné rezervácie) nie sú dostatočne veľké pre poskytnutie dostatku vhodného prírodného prostredia pre životaschopnú populáciu, ktorá by mala pozostávať najmenej z 470 jedincov (GRIM, STORCH 2000). Tieto požiadavky zreteľne ukazujú, že ochrana hlucháňa je možná iba vo vzájomne sa dopĺňajúcej sieti systému bezzásahových rezervácií a špeciálnych rezervácií, v ktorých bude aplikovaný hlucháňovi priateľský manažment lesa (BOLLMANN, MÜLLER 2012).

Lesohospodárske opatrenia nemusia mať zásadne negatívny vplyv na populáciu hlucháňa. V špeciálnych rezerváciách môže byť manažment doplnený o praktické lesnícke opatrenia (pozri Obr. 3, 4) na zachovanie tohto vtáčieho druhu.



Obr. 3: Manažment v porastoch mladín (podľa SUCHANT et al. 2011).

Fig. 3 *Management of young stands.*



Obr. 4: Manažment v porastoch pred a po prebierke. Nie je prevádzaná pravidelne usporiadaná prebierka (podľa SUCHANT et al. 2011).

Fig. 4: *Management of thinning stands (before and after thinning).*

Zabrániť vyhynutiu hlucháňa hôrneho je možné zdokonalením manažmentu horských lesov. Jedná sa o nový prístup smerujúci k tvorbe stabilných lesov. Konkrétne opatrenia by mali byť využité najmä pre naliehavú reštauráciu už značne človekom poznačených a degradovaných lesných ekosystémov (napr. na rozsiahlych odťažených plochách). Vylepšenie hlucháníeho habitatu znamená hlavne výchovu presvetlenejších lesných porastov a zvýšenie rôznorodosti štruktúry porastov. Hlavné ťažisko manažmentu má byť sústredené najmä na prerezávkové až prebierkové porasty, príp. na kmeňoviny, ktoré pôsobia ako bariérový prvok v hlucháních stanovištiach. V týchto mladých porastoch sú vytvárané letové a únikové linky. Ďalšie opatrenia zahŕňajú udržiavanie a vytváranie čistín, výsadbu jedle, zdokonaľovanie lesných okrajov, ponechávanie stojaceho a ležiaceho mŕtveho dreva apod. V dnešnej situácii je nutné aplikovať vhodné opatrenia smerom von z plôch aktuálneho výskytu, tzn. nie v lokalite výskytu, ale na jej hranici. Je potrebné tieto kroky uskutočniť, kým je prirodzená populácia dostatočne veľká (MACMILLAN, MARSHALL 2003). Pri manažmente lesa je dôležité zohľadniť stanovištné podmienky jednotlivých porastov.

Väčšina odporúčaní hlucháňovi-priateľského manažmentu je orientovaná do horských ihličnatých lesov (napr. MOLLET et al. 2001; SUCHANT et al. 2011), z ktorých poznatky sú odborne spracované a ľahko dostupné. V minulosti však boli na Slovensku významne hlucháňom využívané aj zmiešané porasty (SANIGA 2004), preto sú potrebné ďalšie štúdie, ktoré poskytnú podklad pre manažment týchto zanikajúcich karpatských habitatov hlucháňa.

LITERATÚRA

BOLLMANN, K. – GRAF, R. F. – SUTER, W. (2011): Quantitative predictions for patch occupancy of capercaillie in fragmented habitats. Ecography, 34: 276–286.

BOLLMANN, K. – MÜLLER, J. (2012): Naturwaldreservate: welche, wo und wofür? (Essay) Schweizerische Zeitschrift fur Forstwessen, 163: 6: 187–198.

GRIMM, V. – STORCH, I. (2000): Minimum viable population size of capercaillie *Tetrao urogallus*: results from a stochastic model. Wildlife Biology, 6: 219–226.

HANSKI, I. (1998): Metapopulation Dynamics. Nature, 396: 41–49.

KLAUS, S. – ANDREEV, A. V. – BERGMANN, H.-H. – MÜLLER, F. – PORKERT, J. – WIESNER J. (1989): Die Auerhühner. Die Neue Brehm- Bücherei. Band 86. Westarp Wissenschaften, Magdeburg, Germany, 280 s.

MACMILLAN, D. C. – MARSHALL, K. (2004): Optimising capercailzie habitat in commercial forestry plantations. Forest Ecology and Management 198: 351–365

MOLLET, P. – MARTI, CH. (2001): Auerhuhn und Waldbewirtschaftung. Bundesamt für Umwelt, Wald un Landschaft (BUWAL), Bern, 21 s.

PAKKALA, T. – PELLIKKA, J. – LINDÉN, H. (2003): Capercaillie *Tetrao urogallus* – a good candidate for an umbrella species in taiga forests. Wildlife Biology, 9: 309–316.

SANIGA, M. (1994): K biorytmu a ochrane tetrova hlucháňa (*Tetrao urogallus*) v Malej a Veľkej Fatre. Tichodroma 7: 17–25.

STORCH, I. (1995): Habitat requirements of Capercaillie. Proceedings of International Symposium on Grouse, 6: 150–154.

STORCH, I. (1997): Male teritoriality, female range use, and spatial organization of capercaillie *Tetrao urogallus* leks. Wildlife Biology 3: 149–161.

STORCH, I. (2002): On spatial resolution in habitat models: Can small-scale forest structure explain capercaillie numbers? Conservation Ecology, 6: 1: 6.
Dostupné na: <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art6>.

SUCHANT, R. – BRAUNISH, V. – FRITZ, J. – BLACHE, S. – EHRLACHER, J. (2011): Aktionsplan Auerhuhn, Aktionsblatt – Habitatgestaltung und naturnahe Waldwirtschaft. Forest Research Institute of Baden-Wuerttemberg.

WEGGE, P. – OLSTAD, T. – GREGERSEN, H. – HJELJORD, O. – SIVKOV, A. V. (2005): Capercaillie broods in pristine boreal forest in notrhwestern Russia: the importance of insects and cover in habitat selection. Canadian Journal of Zoology, 83: 1547–1555.

WEGGE, P. – ROLSTAD, J. – GJERDE I. (1992): Effects of boreal fragmentation on capercaillie grouse: empirical evidence and management implications. In: Wildlife 2001: Populations. McCullough, D. R., Barret, R. H. (eds), Elsevier Sci. Publ., s. 738–749.

Odkaz 1: Pralesy Slovenska. Dostupné na: <www.pralesy.sk>, [cit. 01-01-2013].

Adresy autorů
Ing. MARTIN MIKOLÁŠ
Mgr. ZUZANA MICHALOVÁ
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesa
Kamýcká 1176
165 21 Praha 6 – Suchdol

Ing. IVANA KALAFUSOVÁ
ŠOP SR
S CHKO Strážovské vrchy
189 Orlové
017 01 Považská Bystrica

Mgr. IVANA ČERNAJOVÁ
Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky
Benátská 2
128 01 Praha 2

JOY COPPES
Forest Research Institute of Baden-Wuerttemberg FVA
Wildlife Ecology Division
Wonnhaldestraße 4
79100 Freiburg
Germany

Množství opadu v různě vychovávaných mladých borových porostech

Amount of litter-fall in differently thinned young pine stands

JIŘÍ NOVÁK – DAVID DUŠEK – MARIAN SLODIČÁK

Abstract

Long-term observation of amount of litter-fall in young Scots pine stands is presented in this paper. Litter-fall was analysed in locality of pine vegetation zone (Pineto-Quercetum oligotrophicum – arenosum) in control (unthinned) and thinned stands during the period of 1993–2011. We found that litter-fall in young pine stands (age of 8–26 years) achieved from 2 to 6 tons per hectare. Amount of litter-fall varied (increasing trend) with the increase of basal area and the decrease of number of trees (continual dying of small trees from below). Results showed possible decrease of litter-fall after thinning in the following eight years. Annual amount of litter-fall may be affected by climatic factors – higher litter-fall in the years with lower sum of precipitation and higher temperatures.

***Keywords**: Scots pine, litter-fall, thinning, climatic factors*

Abstrakt

V příspěvku je vyhodnoceno dlouhodobé sledování množství opadu v mladých porostech borovice lesní. Na lokalitě chudého boru (SLT 1M) byly v letech 1993 až 2011 sledovány opadové poměry v kontrolním bezzásahovém porostu a v porostu s výchovou. Bylo zjištěno, že v mladých (věk 8 až 26 let) porostech borovice každoročně opadává 2 až 6 tun sušiny na hektar. Množství opadu se mění (trend nárůstu) se zvyšující se výčetní základnou porostů a s ubýváním ustupujících podúrovňových jedinců. Z výsledků vyplývá, že se výchovný zásah může projevit snížením ročního opadu až v osmi následujících letech. Množství ročního opadu také může být ovlivněno klimatickými faktory – vyšší opad v letech s podprůměrnými srážkami a nadprůměrnými teplotami.

***Klíčová slova**: borovice lesní, opad, výchova, klimatické faktory*

ÚVOD

Poznání koloběhu živin v lesních porostech je nezbytnou součástí studia přírodních ekosystémů. Důležitou složkou tohoto cyklu je opad odumřelé biomasy lesních dřevin. Předpokládá se, že jeho množství a struktura mohou být ovlivňovány stanovištěm, klimatem, ale také pěstebními zásahy. V borových porostech se touto problematikou zabývali např. AGREN, KNECHT (2001) nebo CSONTOS et al. (2007), kteří se pokusili sestavit modely produkce opadu. Efekty stanoviště a výchovných zásahů na opad borovice analyzoval BLANCO et al. (2009, 2008, 2011).

Pokud jde přímo o druh borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), byly v tomto směru zkoumány koloběhy živin v lesních porostech Španělska (BLANCO et al. 2005; SANTA-REGINA, TARAZONA 2000), Finska (UKONMAANAHO et al. 2008) nebo Polska (SUKOVATA et

al. 2010). Přestože již bylo získáno velké množství poznatků, vliv pěstebních opatření na uložení uhlíku a hlavních živin v lesních ekosystémech není dosud dostatečně objasněn (RUIZ-PEINADO et al. 2013; JURGENSEN et al. 2012).

Výzkumem množství a akumulace opadu ve vztahu k výchovným zásahům se dlouhodobě věnují pracovníci Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice Opočno. Vzhledem k tomu, že je borovice lesní v ČR druhou nejvíce zastoupenou dřevinou, byla sledování těchto charakteristik zahájena již před dvaceti lety.

Cílem předkládaného příspěvku je prezentovat část výsledků sledování opadu zjištěných na dlouhodobém experimentu s výchovou borovice lesní Týniště ve východních Čechách. Prezentovaná analýza je zaměřena na množství opadu v mladém borovém porostu a jeho ovlivnění výchovnými zásahy a průběhem klimatických charakteristik.

METODIKA

Výzkum probíhal na experimentu Týniště, který byl založen v roce 1991 v tehdy 6letém porostu borovice lesní vzniklém řadovou výsadbou o původní hustotě cca 10 000 ks.ha^{-1}. Série je lokalizována ve východních Čechách na chudých půdách SLT 1M v nadmořské výšce 260 m. Experiment je složen ze dvou srovnávacích variant (Kontrola – bez zásahu, Zásah – s výchovnými zásahy).

První zásah byl proveden v roce 1992 (věk 7 let) kombinovaným výběrem, tj. část stromů byla odebrána schematicky odstraněním každé páté řady a další část byla odstraněna negativním výběrem v podúrovni ve zbylých řadách. Takto bylo při tomto zásahu odstraněno 47 % stromů reprezentujících 31 % výčetní základny. Druhý zásah byl proveden o devět let později (v roce 2001) ve věku 16 let a bylo při něm odstraněno 16 % stromů (odpovídající 17 % výčetní základny) pozitivním výběrem v úrovni (podrobněji viz SLODIČÁK et al. 2011).

Sledování opadových poměrů bylo zahájeno v roce 1993, kdy zde byly instalovány opadoměry s jednotlivou záchytnou plochou 0,25 m^2 v počtu 5 kusů na variantu. Vzorky opadu byly odebírány týdně (první dva roky), později měsíčně (do roku 1996) a od roku 2004 čtvrtletně a laboratorně byly stanovovány kvantitativní charakteristiky (sušina při 80 °C). Pro účely této práce byly vyhodnoceny údaje o roční sušině opadávané biomasy za období 1993 až 2011.

Množství sušiny opadu pak bylo dáváno do vztahu s vývojem každoročně měřených dendrometrických charakteristik (N – počet stromů, G – výčetní základna) a klimatických veličin – srážky a teploty ze stanice umístěné přímo na experimentu.

Data byla zpracována v softwaru Unistat (verze 5.0) pomocí základních popisných charakteristik (aritmetický průměr, směrodatná odchylka) a k vyjádření vztahu mezi sledovanými veličinami byl použit Pearsonův korelační koeficient.

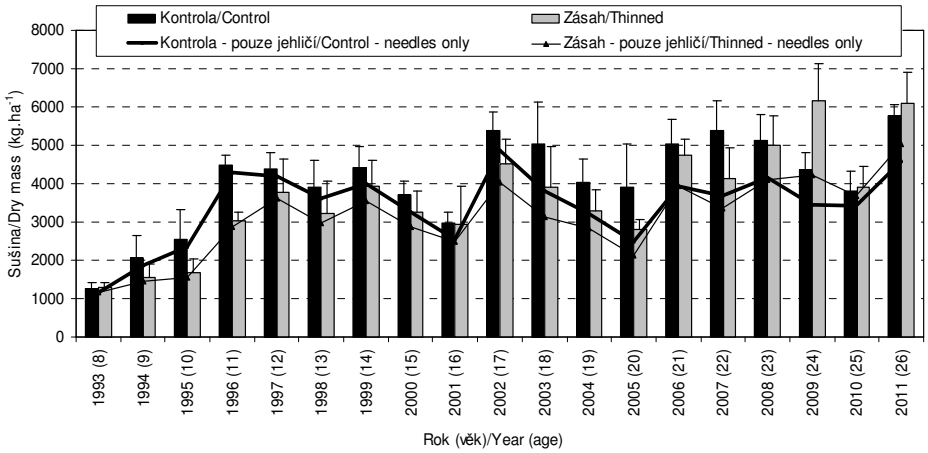
VÝSLEDKY

Sušina opadu

Ve sledovaných mladých borových porostech činil ve věku 8 až 26 let, tj. za 19 let sledování, průměrný roční opad na hektar 4,1 (kontrolní porost) a 3,6 (porost s výchovou) tun sušiny (Obr. 1). Minimální roční opad cca 1,3 t.ha^{-1} byl na obou variantách zjištěn v prvním roce sledování (1993) ve věku 8 let. Naopak nejvyšší hodnoty ročního opadu jsou

zaznamenány na konci sledovaného období (věk 26 let), cca 6 tun na hektar. I když je tedy zřejmý postupný nárůst opadu s věkem porostu, na obou variantách byly zaznamenány meziroční výkyvy těchto hodnot.

Podíl jehličí v celkovém opadu se prvních deset let sledování 1993–2002 (věk 8–17 let) pohyboval mezi 85 až 96 % na obou variantách pokusu. V následujících letech se podíl jehličí v celkovém opadu mírně snižoval, přičemž minima bylo dosaženo na kontrolní ploše v roce 2005 (64 %) a na ploše s výchovou v roce 2009 (68 %).



Obr. 1: Roční opad (průměry a směrodatné odchylky) v mladých různě vychovávaných borových porostech experimentu Týniště (věk 8–26 let) v období 1993–2011.

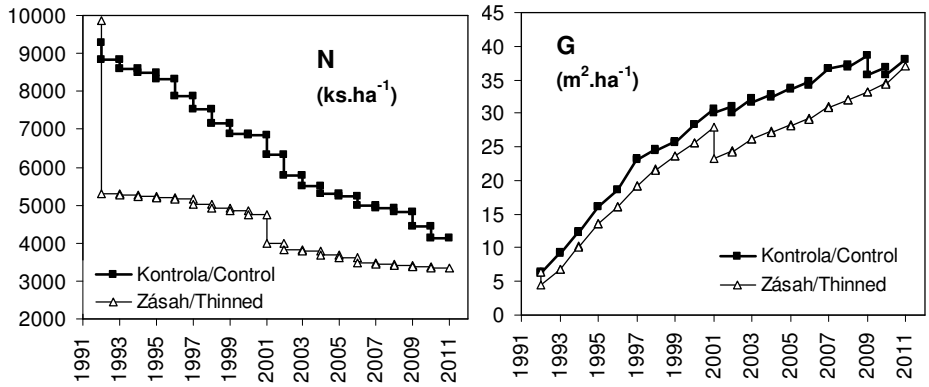
Fig. 1: *Annual litter-fall (means and standard deviations) in young differently thinned pine stands of experiment Týniště (age of 8 – 26 years) in the period of 1993–2011.*

Efekt výchovy

Na obou variantách pokusu se kontinuálně snižoval počet stromů N a současně se zvyšovala výčetní základna G (Obr. 2). V kontrolním porostu byl úbytek stromů způsoben nahodilou těžbou odumřelých jedinců. K nejvyššímu propadu výčetní základny došlo v lednu 2010 (hodnoty jsou vztaženy k roku ukončené vegetace 2009, tj. ve věku 24 let), kdy bylo v důsledku poškození sněhem odstraněno více jak 7 % G. Na variantě s výchovou bylo poškození sněhem v tomto roce zanedbatelné, a tak byl tento porost ovlivňován hlavně úmyslnými výchovnými zásahy na počátku experimentu v roce 1992 (věk 7 let) a v roce 2001 ve věku 16 let (podrobnější popis zásahů viz metodika).

Z průběhu hodnot ročního opadu (Obr. 1) je zřejmé, že první výchovný zásah provedený na počátku experimentu se projevil v následujících letech ve sníženém množství opadu ve srovnání s kontrolním porostem. Maxima bylo dosaženo ve třetím (1995) a čtvrtém (1996) roce po zásahu, kdy v porostu s výchovou opadávalo o 33 – 34 % méně sušiny než v porostu kontrolním. V dalších letech se tento rozdíl mezi variantami pohyboval v rozmezí 10 až 17 %. V roce 2001 pak již opadlo téměř stejné množství sušiny (rozdíl pouze 1 %) na obou variantách. V tomto roce (věk 16 let) byl také proveden druhý zásah na variantě s výchovou. Rozdíly v opadu mezi oběma sledovanými variantami se opět zvýšily až na 28 % v roce 2005 (věk 20 let). Efekt zásahu zřejmě dozníval až do roku 2008, kdy bylo množství opadu opět téměř shodné (rozdíl 2 %) na obou variantách. V posledních třech letech sledování

(2009–2011) již opadávalo více sušiny v porostu s výchovou, přičemž maximální rozdíl (o více jak 40 % více sušiny opadu v porostu výchovou ve srovnání s kontrolou) bylo zaznamenáno v roce 2009.



Obr. 2: Počet stromů (N) a výčetní základna (G) v různě vychovávaných mladých borových porostech experimentu Týniště v období 1993–2011 (věk 8–26 let).

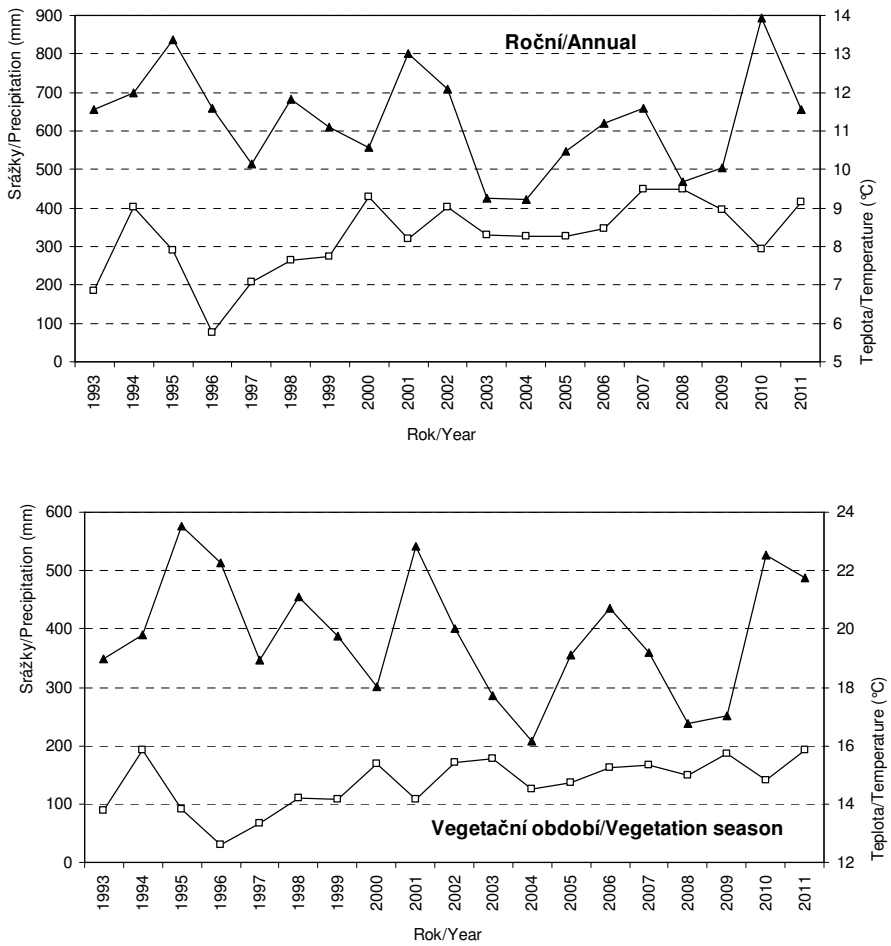
Fig. 2: *Number of trees (N) and basal area (G) in differently thinned young pine stands of experiment Týniště in the period of 1993–2011 (age of 8–26 years).*

EFEKT KLIMATICKÝCH CHARAKTERISTIK

Klima v oblasti Týniště nad Orlicí je pro sledované období charakterizováno průměrnou teplotou a úhrnem srážek za rok a za vegetační období (duben až září) v jednotlivých letech (Obr. 3). Průměrná roční teplota byla 8,2 °C, s maximem v letech 2007 a 2008 (9,5 °C) a minimem v roce 1996, (5,7 °C). Průměrná teplota byla ve vegetačním období 14,7 °C, s maximem v roce 2011 (15,9 °C) a minimem v roce 1996 (12,6 °C).

Průměrné roční srážky činily 628 mm. Minimum bylo zaznamenáno v roce 2004 (423 mm). Maximální roční úhrn srážek byl zjištěn v roce 2010 (892 mm). Průměrné srážky za vegetační období činily 390 mm. Minimum bylo zaznamenáno v roce 2004 (209 mm). Maximální srážky vegetačního období byly zjištěny v roce 1995 (576 mm).

Z hodnocení vlivu klimatických charakteristik na množství ročního opadu vyplynula těsnější korelace mezi hodnotami ročního opadu a Langova dešťového faktoru (Obr. 4). Byl zde zjištěn negativní vztah (R = –0,43 až –0,46) mezi množstvím opadu a hodnotou Langova faktoru, tj. poměru ročních srážek a teplot, a to na obou variantách pokusu. Je zde tedy zřejmý trend vyššího opadu v letech s nižšími srážkami a současně s nadprůměrnými teplotami.

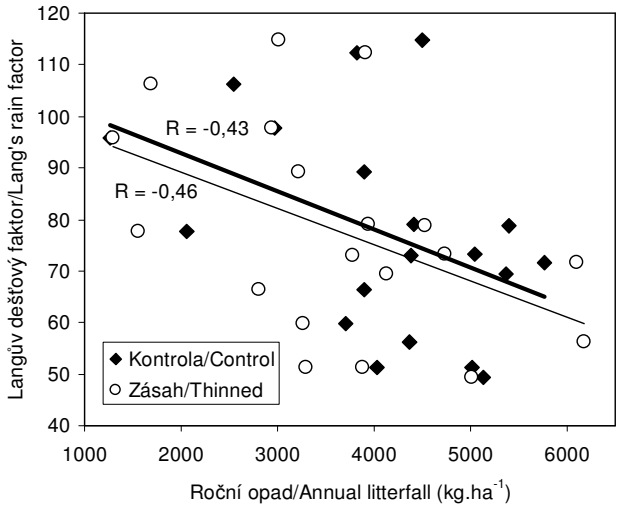


Obr. 3: Průměrná teplota vzduchu (°C) a úhrn srážek (mm) za rok (nahoře) a za vegetační období duben až září (dole) pro lokalitu Týniště nad Orlicí v období 1993–2011.

Fig. 3: *Mean air temperature (°C) and sum of precipitation (mm) – annual (above) and for vegetation season from April to September on locality Týniště nad Orlicí in the period of 1993–2011.*

Nízký úhrn srážek zejména ve vegetačním období bude pravděpodobně i příčinou velkého nárůstu množství ročního opadu v roce 2009 na variantě s výchovou. V roce 2008 a 2009 byly ročně i za vegetační období zaznamenány silně podprůměrné úhrny srážek. Efekt se projevil silněji na ploše s výchovou, kde je vzhledem k volnějším korunám dlouhodobě i větší biomasa jehličí, která v důsledku suššího období opadla.

Dalším, vůbec nejsušším rokem ve sledovaném období byl rok 2004. Efekt na množství opadu byl však zřejmě částečně zastíněn doznínáním efektu výchovného zásahu provedeného v roce 2001.



Obr. 4: Závislost mezi ročním množstvím opadu a hodnotami Langova dešťového faktoru na experimentu Týniště v období 1993–2011.

Fig. 4: *Relationship between annual litter-fall and values of Lang's rain factor in experiment Týniště in the period of 1993–2011.*

DISKUSE A ZÁVĚR

Zjištěné množství opadu v mladém borovém porostu cca 4 tuny na hektar je v souladu s dříve publikovanými výsledky (2 až 4 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$) z různě starých borových porostů (VIRO, 1955; PEŘINA, VINTROVÁ 1958; ALBREKTSON 1988; HOFFMANN, KRAUSS 1988; KUOKI, HOKKANEN 1992; FINER 1996, PAUSAS 1997; AUGUSTO et al. 2002; BLANCO et al. 2006). Naše výsledky ukázaly značnou meziroční variabilitu opadu, a tak potvrdily nutnost dlouhodobého sledování uvedené problematiky.

Struktura opadu se v průběhu sledování měnila, přičemž podíl jehličí v celkovém opadu se s věkem snížil. Důvodem je zřejmě postupné odumírání spodních větví na kmíncích. Podíl jehličí v opadu 60 až 70 % zjistili v porostech borovice lesní ASTEL et al. (2009) a FINER (1996) a v porostech *Pinus massoniona* LI et al. (2005).

Naše poznatky o trendu nárůstu opadu spolu s klesající hustotou a rostoucí výčetní základnou jsou v souladu se zjištěním NAVARRA et al. (2013), kteří popisují v mladých porostech *Pinus halepensis* průkaznou lineární závislost množství opadu na hustotě porostů, zápoji, kruhové základně a roční produkci biomasy. Také MATALA et al. (2008) zjistil korelaci mezi opadem a růstem stromů.

Zaznamenaný trend nižšího celkového opadu na variantě s výchovou několik let po provedení zásahů je v souladu s poznatky NAVARA et al. 2013 a BLANCA et al. (2008), kteří konstatují vyšší hodnoty opadu v hustších borových porostech kvůli vyšší konkurenci. Podobně KIM et al. (2009) zjistil ve 40letých porostech *Pinus densiflora* nižší vstupy uhlíku z opadu ve vychovávaných porostech ve srovnání s kontrolou. Naopak ve starších, cca 60letých porostech *Pinus pinaster* uvádí RUIZ-PEINADO et al. (2013), že výchova

střednědobě nemění celkový obsah uhlíku v půdě, což naznačuje udržitelnost takovýchto pěstebních opatření.

V našem experimentu přetrvával efekt zásahu (nižší opad na variantě s výchovou) až osm let (první zásah). Podobný efekt, avšak kratší (do pěti let po zásahu) zaznamenal v porostech *Pinus resinosa* KIM et al. (1996).

Z naší analýzy je zřejmý trend vyššího opadu v letech s nižšími srážkami a současně s nadprůměrnými teplotami. Podobně BLANCO et al. (2006) prokázal pozitivní korelaci množství opadu se suchem a deficitem vlhkosti nebo FINER (1996) uvádí, že meziroční variace v množství opadu borovice těsně souvisí se sumou efektivních teplot. Také ve starších borových porostech byla zjištěna průkazná závislost množství opadu na průměrných teplotách (MARTINEZ-ALONSO et al. 2007). Ve více jak 110letých porostech zaznamenali KUOKI A HOKKANEN (1992) při vyšších průměrných teplotách v červenci vyšší opad v témže i následujícím roce. Také po vyšších teplotách v březnu až dubnu se v témže roce zvýšilo množství opadu v těchto porostech.

Naše analýzy klimatických efektů na množství opadu mají vzhledem k předběžným výsledkům omezený rozsah. Na rozdíl od listnáčů, kde je hmota listoví tvořena a opadává každoročně, u borovice se do opadu dostávají starší ročníky jehlic. Další šetření se tedy zaměří i na vztahy mezi množstvím ročního opadu a klimatickými charakteristikami z předešlých let. Například ve Finsku (LEHTONEN et al. 2008) bylo zjištěno, že opad v borových porostech je ovlivněn produkcí jehličí před 4 až 6 lety.

ZÁVĚR

Na základě provedeného sledování opadu v mladých borových porostech lze konstatovat:

- V porostech borovice do 30 let každoročně opadává 2 až 6 tun sušiny na hektar.
- Množství opadu se mění (trend nárůstu) se zvyšující se výčetní základnou porostů a s ubýváním ustupujících podúrovňových jedinců.
- Výchovný zásah se může projevit snížením ročního opadu až v osmi následujících letech.
- Množství ročního opadu může být ovlivněno klimatickými faktory – vyšší opad v letech s podprůměrnými srážkami a nadprůměrnými teplotami.

Naznačené trendy je třeba potvrdit dalším výzkumem, s přiměřenou dobou sledování a také na větším spektru stanovišť.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR s označením MZE-0002070203.

LITERATURA

AGREN, G. I. – KNECHT, R. E. (2001): Simulation of soil carbon and nutrient development under *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. Forest Ecology and Management, 141: 117–129.

ALBREKTSON, A. (1988): Needle Litterfall in Stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden, in Relation to Site Quality, Stand Age and Latitude. Scandinavian Journal of Forest Research, 3: 333–342.

ASTEL, A. – PARZYCH, A. – TROJANOWSKI, J. (2009): Comparison of litterfall and nutrient return in a *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* and an *Empetro nigri-Pinetum* forest ecosystem in northern Poland. Forest Ecology and Management, 257:2331-2341.

AUGUSTO, L. – RANGER, J. – BINKLEY, D. – ROTHE, A. (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59: 233–253.

BLANCO, J. A. – ZAVALA, M. A. – IMBERT, J. B. et al. (2005): Sustainability of forest management practices: Evaluation through a simulation model of nutrient cycling. Forest Ecology and Management, 213: 209–228.

BLANCO, J. A. – IMBERT, J. B. – CASTILLO, F. J. (2006): Influence of site characteristics and thinning intensity on litterfall production in two *Pinus sylvestris* L. forests in the western Pyrenees. Forest Ecology and Management, 237: 342–352.

BLANCO, J. A. – IMBERT, J. B. – CASTILLO, F. J. (2008): Nutrient return via litterfall in two contrasting *Pinus sylvestris* forests in the Pyrenees under different thinning intensities. Forest Ecology and Management, 256: 1840–1852.

BLANCO, J. A. – IMBERT, J. B. – CASTILLO, F. J. (2009): Thinning affects nutrient resorption and nutrient-use efficiency in two *Pinus sylvestris* stands in the Pyrenees. Ecological Applications, 19: 682–698.

BLANCO, J. A. – BOSCO, I. J. – CASTILLO, F. J. (2011): Thinning affects *Pinus sylvestris* needle decomposition rates and chemistry differently depending on site conditions. Biochemistry, 106: 397–414.

CSONTOS, P. – ROCCHINI, D. – BACARO, G. (2007): Modelling factors affecting litter mass components of pine stands. Community Ecology, 8: 247–255.

FINER, L. (1996): Variation in the amount and quality of litterfall in a *Pinus sylvestris* L. stand growing on a bog. Forest Ecology and Management, 80: 1–11.

HOFFMANN, H. – KRAUSS, H. H. (1988): Streufallmessungen in gedüngten und ungedüngten mittelalten Kiefernbeständen auf Tieflandstandorten der DDR. Beitr Forstwirtschaft, 22: 97–100.

JURGENSEN, M. – TARPEY, R. – PICKENS, J. et al. (2012): Long-term effect of silvicultural thinnings on soil carbon and nitrogen pools. Soil Science Society of America Journal, 76: 1418–1425.

KIM, C. – SHARIK, T. L. – JURGENSEN, M. F. (1996): Title: Litterfall, nitrogen and phosphorus inputs at various levels of canopy removal in oak and pine stands in northern Lower Michigan. American Midland Naturalist, 135: 195–204.

KIM, C. et al. (2009): Influences of forest tending works on carbon distribution and cycling in a *Pinus densiflora* S. et Z. stand in Korea. Forest Ecology and Management, 257: 1420–1426.

KUOKI, J. – HOKKANEN, T. et al. (1992): Long-term needle litterfall of a Scots pine *Pinus sylvestris* stand – relation to temperature factors. Oecologia, 89: 176–181.

LEHTONEN, A. – LINDHOLM, M. – HOKKANEN, T. et al. (2008): Testing dependence between growth and needle litterfall in Scots pine – a case study in northern Finland. Tree Physiology, 28: 1741–1749.

LI, Z. A. – ZOU, B. – XIA, H. P. et al. (2005): Litterfall dynamics of an evergreen broadleaf forest and a pine forest in the subtropical region of China. Forest Science, 51: 608–615.

MARTINEZ-ALONSO, C. – VALLADARES, F. – CAMARERO, J. J. (2007): The uncoupling of secondary growth, cone and litter production by intradecadal climatic variability in a mediterranean scots pine forest. Forest Ecology and Management, 253: 19–29.

MATALA, J. – KELLOMAKI, S. – NUUTINEN, T. (2008): Litterfall in relation to volume growth of trees: Analysis based on literature. Scandinavian Journal of Forest Research, 23: 194–202.

NAVARRO, F. B. – ROMERO-FREIRE, A. – DEL CASTILLO, T. – FORONDA, A. – JIMENEZ, M. N. – RIPOLL, M. A. – SANCHEZ-MIRANDA, A. – HUNTSINGER, L. – FERNANDEZ-ONDONO, E. (2013): Effects of thinning on litterfall were found after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. Forest Ecology and Management, 289: 354–362.

PAUSAS, J. G. (1997): Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. Journal of Vegetation Science, 8: 643–650.

PEŘINA, V. – VINTROVÁ, E. (1958): Vliv opadu na humusové poměry borových porostů na pleistocenních píscích. Lesnictví, 4: 673–688.

RUIZ-PEINADO, R. – BRAVO-OVIEDO, A. – LOPEZ-SENESPLEDA, E. et al. (2013): Do thinnings influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods? European Journal of Forest Research, 132: 253–262.

SANTA-REGINA, I. – TARAZONA, T. (2000): Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of Sierra de la Demanda, Spain. Arid Soil Research and Rehabilitation, 14: 239–252.

SLODIČÁK, M. – NOVÁK, J. – DUŠEK, D. (2011): Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young Scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. Forest Ecology and Management, 262: 1913–1918.

SUKOVATA, L. – KOLK, A. – KAROLEWSKI, P. et al. (2010): Effect of the Scots pine defoliation by herbivorous insects on chemical composition of needles, litter and soil. Sylwan, 154: 639–648.

UKONMAANAHO, L. – MERILA, P. – NOJD, P. et al. (2008): Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. Boreal Environment Research, 13: 67–91.

VIRO, P. J. (1955): Investigation on forest litter. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 45: 1–65.

Adresa autorů

Ing. JIŘÍ NOVÁK, Ph.D.

Ing. DAVID DUŠEK

doc. RNDr. MARIN SLODIČÁK, CSc.

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

Rubná zrelosť porastov smreka, jedle a buka

Felling maturity of spruce, fir and beech stands

RUDOLF PETRÁŠ – JULIAN MECKO

Abstract

The results of the research of value production and felling maturity of spruce, fir and beech pure and even-aged stands are presented in this paper. The ages of gross production culmination according to models of value yield tables of surveyed wood species were derived. The mathematical models of assortment growth tables, the average wood prices in Slovakia according to assortments from year of 2006 and modal stocking development depending on stands age were used for its derivation. The optimal felling maturities were evaluated into the culmination age of the total mean increment of gross production according to the development of modal stocking which were separately calculated for each of wood species. Silver fir has defined for site indexes 40–20 of felling maturity ages by upon to 80–150 years. For spruce it is just 5 years less and for beech about 20–25 years less than fir. Rotation periods application in the forest mensuration practice according to wider typological units, as are for example forest stand group, is incorrect. The rotation periods should be applied for stand groups in shortlist of yield class groups.

Keywords: *spruce, fir, beech, felling maturity, rotation periods*

Abstrakt

Prezentujú sa výsledky výskumu hodnotovej produkcie a rubnej zrelosti rovnorodých a rovnovekých porastov smreka, jedle a buka. Odvodili sa veky kulminácie brutto produkcie podľa modelov hodnotových rastových tabuliek skúmaných drevín. Na ich odvodenie sa použili matematické modely sortimentačných rastových tabuliek, priemerné ceny dreva na Slovensku podľa sortimentov z roku 2006 a vývoj modálneho zakmenenia v závislosti od veku porastov. Optimálne rubné zrelosti sa stanovili do veku kulminácie celkového priemerného prírastku brutto produkcie podľa vývoja modálneho zakmenenia stanoveného osobitne pre každú drevinu. Jedľa má veky rubnej zrelosti pre bonity 40–22 vo veku 80–150 rokov, smrek približne o 5 rokov menej a buk o 20–25 menej ako jedľa. Aplikácia rubných dôb podľa širších typologických jednotiek ako sú napr. hospodárske súbory je nesprávna. Rubné doby by sa mali aplikovať pre súbory porastov v užších bonitných skupinách.

Kľúčové slová: *smrek, jedľa, buk, rubná zrelosť, rubné doby*

ÚVOD

Na Slovensku sa už približne 40 rokov realizuje cieľavedomý výskum produkcie dreva v lesných porastoch. Jeho hlavným výsledkom boli aj modely rubnej zrelosti a rubných dôb hlavných drevín (HALAJ et al. 1990), ktoré sa od roku 1991 realizujú v lesníckej praxi. Uvádzané dielo má pre súčasnú, ale aj budúcu hospodársku, ale najmä ťažbovú úpravu lesov

veľký význam. I keď v problematike rubných dôb uplynulo 20 rokov od ich celoplošnej realizácie, nastolili sa počas tohto obdobia i niektoré pochybnosti a nedôvera k ich ďalšiemu paušálnemu uplatňovaniu. Nedôvera sa dotýkala nielen vlastných výsledkov, teda vekov rubnej zrelosti a rubných dôb, ale aj výberu kritérií a metodiky ich odvodenia. HALAJ et al. (1990) uplatnili pri odvodzovaní vekov rubnej zrelosti tieto metodické princípy a podklady:

- Porasty lesných drevín sú podľa nich rubne zrelé vo veku, keď je ich priemerná ročná produkcia najvyššia, t.j. vo veku keď kulminuje celkový priemerný prírastok (CPP). Hlavným podkladom pre odvodenie produkcie porastov sa stali modely hodnotových rastových tabuliek (PETRÁŠ, HALAJ 1990).
- Rozlišovali modely porastov s plnohodnotným a neplnohodnotným zakmenením. Do plnohodnotného zaradili plné zakmenenie 1,0 a kritické 0,85 (v zmysle Assmannovej teórie) odvodené z miery plného zakmenenia modelov rastových tabuliek. Do neplnohodnotného sa zaradili porasty s priemerným modálnym zakmenením 0,73 pre jedľu a 0,78 pre smrek a buk, ale aj porasty s konštantným zakmenením 0,7 pre všetky dreviny. Pre porasty s neplnohodnotným zakmenením sa stanovila rubná zrelosť podľa metódy NYMBURSKEHO-ZÁRUBU (1957) a BACHMANNA (1968).
- Optimálnou sa stala kombinovaná rubná zrelosť určená do veku porastu, v ktorom je súčet strát na produkcii pri aplikácii technickej, hodnotovej, ktorá sa započítala 2 krát a ekonomickej zrelosti (hodnota produkcie po odpočítaní nákladov na obnovu lesa) minimálny.

Cieľom práce je prezentovať nové poznatky o vplyve základných prírodných a ekonomických faktorov na rubnú zrelosť porastov smreka, jedle a buka, navrhnúť ich veky rubnej zrelosti a rubné doby.

MATERIÁL A METÓDY

Po zhodnotení výsledkov výskumu rubnej zrelosti, ktoré dosiahli HALAJ et al. (1990) sa akceptovala kulminácia CPP odvodená z hrubého finančného výnosu (brutto produkcie) porastov podľa modelov rastových tabuliek (HALAJ et al. 1987), sortimentačných rastových tabuliek (PETRÁŠ et al. 1996) a priemerných ponukových cien dreva Lesov SR š.p. na lokalite expedičný sklad z roku 2006. Neprijala sa ekonomická rubná zrelosť, pri ktorej sa od hrubého výnosu odpočítajú náklady na obnovu lesa alebo aj náklady na celú ťažbovú činnosť. V oboch prípadoch sú tieto náklady veľmi variabilné, subjektívne a ťažko ich aj kvantifikovať na celé produkčné obdobie.

Namiesto priemerných (konštantných) stupňov zakmenenia počas celého života porastov sa zvolilo modálne zakmenenie podľa permanentnej inventarizácie (PIL) k 1. 1. 2009, ktoré sa s vyššími vekovými stupňami porastov prirodzene znižuje. Takéto porasty sú reálne a kulminácia CPP je jediným a spoločným kritériom pre ich rubnú zrelosť. Tieto porasty integrujú v sebe zo začiatku, pri vyššom zakmenení v nižšom veku reálny vývoj plnohodnotných a neskôr, pri nižšom zakmenení vo vyššom veku reálny vývoj neplnohodnotných porastov.

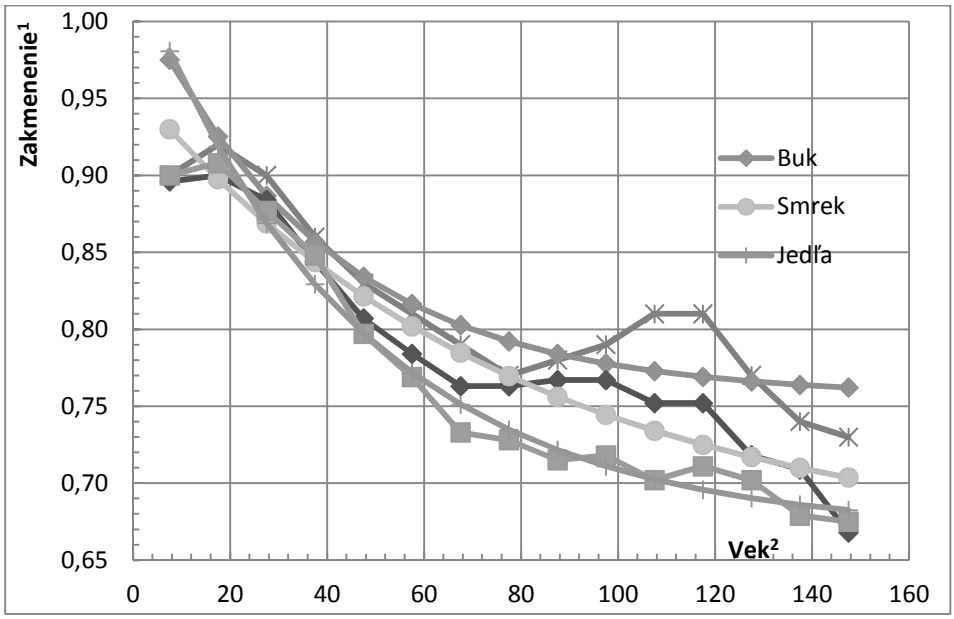
VÝSLEDKY

Modely modálneho zakmenenia

Pod modálnym zakmenením sa rozumie najčastejšie sa vyskytujúce zakmenenie v reálnych porastoch. Z databáz PIL sa vybrali priemerné zakmenenia pre hospodárske lesy podľa vekových stupňov a drevín. Ich priemerné a modelové hodnoty sú podľa drevín na Obr. 1. Pri všetkých drevinách zakmenenie s vyšším vekom hyperbolicky klesá. Približne od 0,90–0,95 vo veku 10 rokov po 0,68–0,76 vo veku 150 rokov. Najnižšie hodnoty, približne 0,68–0,70 tu dosahuje jedľa a smrek. Vyššie hodnoty 0,76 dosahuje buk.

Kulminácie CPP z hrubého výnosu podľa drevín a zakmenenia porastov

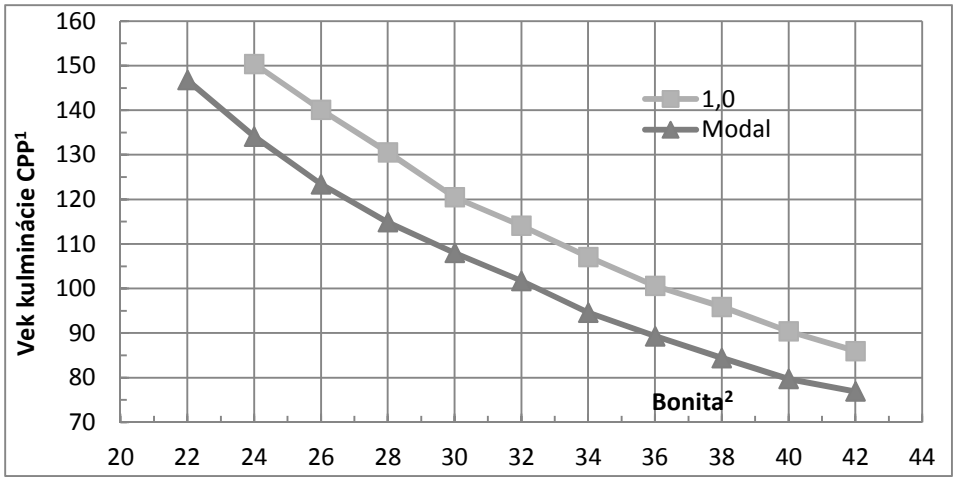
Pre lepšiu ilustráciu vplyvu zakmenenia na veky kulminácií CPP drevín sú k dispozícií ich grafy (Obr. 2, 3, 4) pre plné zakmenenie 1,0 a pre vyrovnané modálne zakmenenie v závislosti od bonity porastov. Z nich je zrejmé, že veky kulminácii CPP sa zvyšujú s nižšou bonitou a pri najnižších bonitách sú vyššie ako 160 rokov. Nebolo možné ich v tejto časti spresniť, pretože modely rastových tabuliek simulujú produkciu porastov len do 160 rokov. Veky kulminácii CPP pri plnom zakmenení sú stále vyššie ako pri modálnom. Pri smreku o 16–9 rokov, jedli 13–11 a buku len o 3–6 rokov. Súvisí to pravdepodobne s tým, že buk má zo skúmaných drevín najvyššie modálne zakmenenie.



[1]stocking, [2]age (years), buk – beech, smrek – spruce, jedľa – fir

Obr. 1: Modálne zakmenenie pre smrek, jedľu a buk v závislosti od veku porastov.

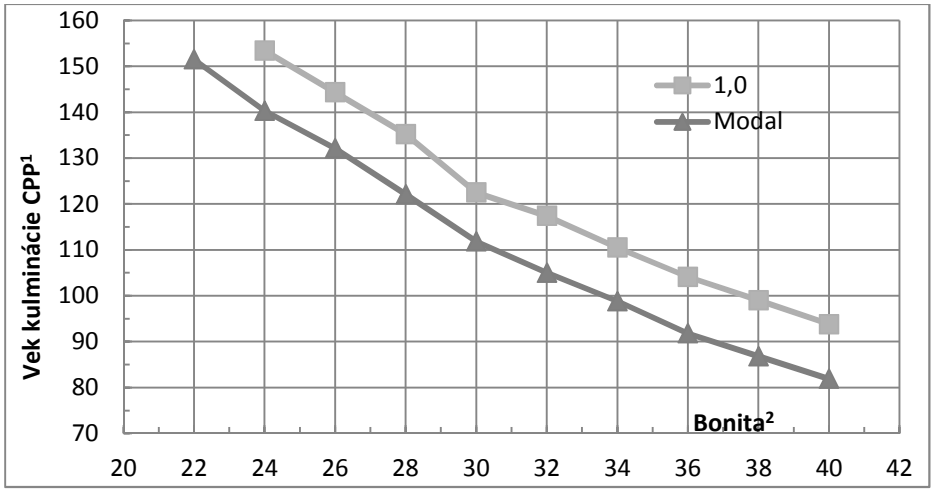
Fig. 1: *Modal stocking of spruce, fir and beech depending up stands age.*



[1]culmination age of total average increment, [2]site index

Obr. 2: Veky kulminácie CPP v závislosti od bonity smrekových porastov pre zakmenenie 1,0 a modálne.

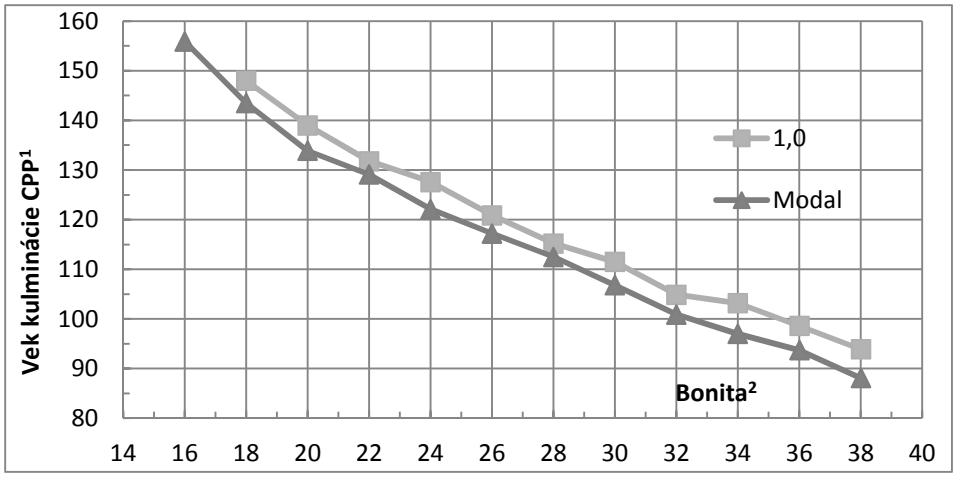
Fig. 2: *Culmination ages of total mean increment depending up site index of spruce stands for 1.0 and modal stocking.*



[1]culmination age of total average increment, [2]site index

Obr. 3: Veky kulminácie CPP v závislosti od bonity jedľových porastov pre zakmenenie 1,0 a modálne.

Fig. 3: *Culmination ages of total mean increment depending up site index of fir stands for 1.0 and modal stocking.*



[1]culmination age of total average increment, [2]site index

Obr. 4: Veky kulminácie CPP v závislosti od bonity bukových porastov pre zakmenenie 1,0 a modálne.

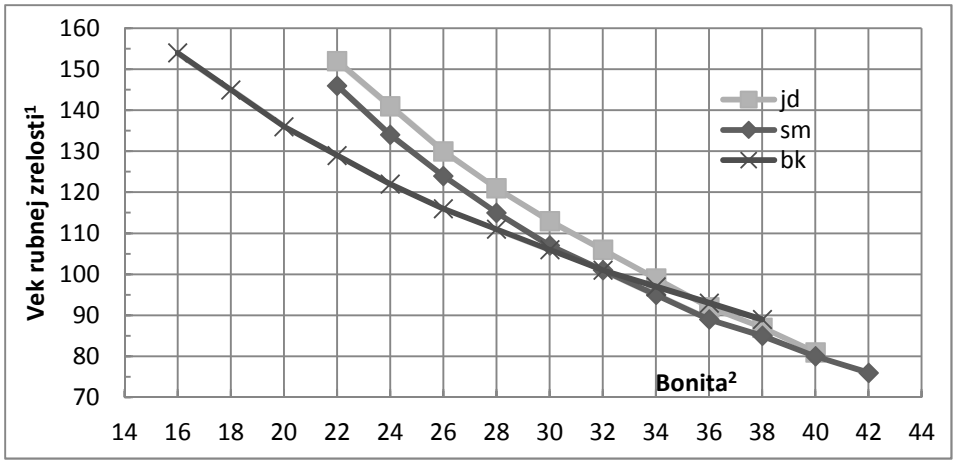
Fig. 4: *Culmination ages of total mean increment depending up site index of beech stands for 1.0 and modal stocking.*

Rubná zrelosť drevín

Na základe získaných poznatkov a vybraných kritérií navrhujeme stanoviť veky rubnej zrelosti podľa kulminácie CPP z hrubého výnosu a s modálnym zakmenením v závislosti od veku porastov. Na Obr. 5 sú ich vyrovnané hodnoty.

V jedľových porastoch s bonitami 22–42 sú najvyššie rubné zrelosti, približne 150–80 rokov. Smrek má v tomto bonitnom rozsahu priemerne o 5 rokov menej a ich rozdiel sa s vyššou bonitou znižuje prakticky na nulu. Buk je rubne zrelý skôr, najmä v najnižších bonitách, oproti jedli približne o 20–25 rokov. Rozdiely v zrelosti medzi drevinami sa s vyššou bonitou znižujú a od bonity 32 sú približne len v rozsahu do 5 rokov.

Odvodené veky rubnej zrelosti sa porovnali s vekmi, ktoré odvodili HALAJ et al. (1990). V prvom prípade sa použilo modálne zakmenenie podľa drevín v závislosti od veku porastu a s cenovou úrovňou sortimentov z roku 2006. Aj v druhom prípade to bolo modálne zakmenenie, avšak konštantné počas celého života porastu s cenovou úrovňou sortimentov z roku 1988. V prvom prípade je rubná zrelosť podľa vekov kulminácie CPP z hrubého výnosu a v druhom je rubná zrelosť kombinovaná z hrubého výnosu, technickej a ekonomickej zrelosti. Odvodené veky rubnej zrelosti sú oproti HALAJOVI et al. (1990) vyššie o 6–16 rokov len pri jedli a o 3–4 roky pri buku. Pri smreku sú rozdiely prakticky nulové.



[1]felling maturity age, [2]site index, jd – fir, sm – spruce, bk – beech

Obr. 5: *Veky rubnej zrelosti drevín v závislosti od bonity porastov odvodené z kulminácie CPP hrubého výnosu (HV) pre modálne zakmenenie.*

Fig. 5: Ages of tree species felling maturity depending up site index class derived from culmination of total mean increment of gross yield (GY) of modal stocking.

Rubné doby drevín

Rubné doby drevín sa odvodili pre hospodárske súbory (HS) rovnakým postupom ako HALAJ et al. (1990). K jeho priemerným bonitám podľa hospodárskych súborov lesných typov (HSLT) a následne podľa HS sa priradili z Obr. 5 príslušné veky rubnej zrelosti drevín, ktoré považujeme za rubné doby. Z nich sa zostavili pre jednotlivé dreviny celkové rozpätia priemerných boníl a rubných dôb (Tab. 1).

Tab. 1: Celkové rozpätia priemerných boníl a rubných dôb drevín podľa hospodárskych súborov (HS).

Tab. *1: Total margins of average site indexes and rotation periods in relation to forest stand groups (FSG).*

Drevina[1]	Priemerná bonita v HS[2]	Rubné doby [roky][3]	
		Odvodené[4]	HALAJ et al. 1990
Smrek[5]	31–35	90–100	90–110
Jedľa[6]	28–32	110–120	100–110
Buk[7]	23–28	110–120	110–120

[1]tree species, [2]average site index in FSG, [3]rotation periods (years), [4]derived, [5]spruce, [6]fir, [7]beech

Pri všetkých drevinách sú priemerné bonity zo všetkých HS v pomerne úzkom rozpätí. Z toho potom vyplýva aj veľmi úzke rozpätie rubných dôb, len 10 rokov v rámci všetkých HS. Keď porovnáme odvodené rubné doby k rubným dobám podľa HALAJA et al. (1990) môžeme konštatovať, že sa mierne znížili pri smreku a zvýšili pri jedli. Buk zostal bez zmeny.

Po podrobnej analýze odvodených rubných dôb pre hospodárske súbory a dreviny je zrejmé, že pri každej drevine odpovedajú len priemerným bonitám. Porastom na lepších bonitách sú rubné doby vysoké a naopak, na horších nízke. V prípade ich aplikácie sa síce dosiahne štatistická priemerná rubná doba, avšak pri všetkých obnovovaných porastoch

okrem priemerných bonít sa dosiahne nižšia priemerná ročná hodnotová produkcia. Teda v týchto prípadoch sa vyprodukuje strata. V porastoch lepších bonít vznikne strata z ich predržania a horších bonít z predčasnej obnovy. Tieto straty sa nespriemerujú na nulovú stratu, ale sa sčítajú. Z tohto dôvodu navrhujeme, aby sa rubné doby uplatňovali nie podľa hospodárskych súborov, ale pre súbory porastov v užších skupinách bonít.

Tab. 2: Rubné doby pre súbory porastov podľa drevín a bonít

Tab. 2: *Rotation periods of stands groups according to tree species and site indexes*

Rubná doba [roky][1]	Bonitné stupne podľa drevín[2]		
	Smrek[3]	Jedľa[4]	Buk[5]
80	38–42	40	-
90	34–36	36–38	36–38
100	32	34	32–34
110	28–30	30–32	28–30
120	26	28	24–26
130	24	26	22
140	22	24	18–20
150	-	22	16
160	-	-	-
160+	22-	22-	16-

[1]rotation period (years), [2]site indexes of tree species, [3]spruce, [4]fir, [5]beech

ZÁVER A DISKUSIA

Smrekové, jedľové alebo bukové porasty sú na Slovensku najvýznamnejšími producentmi drevnej hmoty. Preto je problematika ich optimálnej rubnej zrelosti mimoriadne závažná. Z metodiky odvodenia optimálnej rubnej zrelosti HALAJA et al. (1990) sa akceptovala kulminácia CPP odvodená z hrubého finančného výnosu (brutto produkcie) porastov podľa modelov rastových tabuliek (HALAJ et al. 1987), sortimentačných rastových tabuliek (PETRÁŠ et al. 1996) a priemerných ponukových cien dreva Lesov SR, š. p. na lokalite expedičný sklad z roku 2006. Namiesto konštantných stupňov zakmenenia počas celého života porastov sa zvolilo modálne zakmenenie, ktoré s vyššími vekovými stupňami porastov prirodzene klesá.

Najvyššie rubné veky, približne 150–80 rokov majú jedľové porasty. Smrek má približne o 5 rokov menej. Bukové porasty sú rubne zrelé v nižšom veku, v najnižších bonitách približne o 20–25 rokov. Rozdiely v zrelosti medzi drevinami sa s vyššou bonitou znižujú a od bonity 32 sú približne len v rozsahu do 5 rokov. Odvodené veky rubnej zrelosti sa porovnali s vekmi, ktoré odvodili HALAJ et al. (1990). Sú vyššie o 6–16 rokov len pri jedli a o 3–4 roky pri buku. Pri smreku sú rozdiely prakticky nulové.

Vzhľadom na vysokú závislosť vekov rubnej zrelosti od bonity porastu, nie je správne ich uplatňovať ako rubné doby pre širšie typologické jednotky, napr. hospodárske súbory prostredníctvom ich priemerných bonít. Optimálne rubné doby by sa mali stanoviť pre súbory porastov s veľmi úzkym bonitným rozpätím, približne 1–2 bonitné stupne.

Skúmané dreviny sú vysoko produkčné nielen v rovnorodých a rovnovekých porastoch, ale aj v ich porastových zmesiach. Okrem toho vynikajú aj vyššou statickou stabilitou. Je

však otázkou, aká by mala byť ich optimálna rubná zrelosť. Pravdepodobne iná, závislá nielen od objemovej produkcie, ale aj od kvality produkovaného dreva. Predpokladáme, že pri riešení projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja Výskum zákonitosti rastu a produkcie zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastov Západných Karpát sa nám podarí dopovedať aj na túto otázku.

Poznámka

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0255-10.

LITERATÚRA

BACHMANN, R. P. (1968): Untersuchungen zur Wahl des Verjügungszeitpunktes im Waldbau. Züruch, ETH: 112.

HALAJ, J. – GRÉK, J. – PÁNEK, F. – PETRÁŠ, R. – ŘEHÁK, J. (1987): Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Príroda, Bratislava, 361.

HALAJ, J. – PETRÁŠ, R. (1998): Rastové tabuľky hlavných drevín.Slovak Academic Press, Bratislava, 325 s.

HALAJ, J. – BORTEL, J. – GRÉK, J. – MECKO, J. – MIDRIAK, R. – PETRÁŠ, R. – SOBOCKÝ, E. – TUTKA, J. – VALTÝNI, J. (1990): Rubná zrelosť drevín. Lesnícke štúdie, 48: 117.

NYMBURSKÝ, B. – ZÁRUBA, C. (1957): Ekonomické hodnocení produkčních ztrát, vznikajících působením škodlivých činitelů v lesních porostech. Zprávy VÚLHM, 3: 1: 47–53.

PETRÁŠ, R. – HALAJ, J. (1990): Teoretické základy zdokonalenia rastových tabuliek hlavných drevín. (Záverečná správa). VÚLH, Zvolen, 152 s.

PETRÁŠ, R. – HALAJ, J. – MECKO, J. (1996): Sortimentačné rastové tabuľky drevín. Bratislava, Slovak Academic Press: 252.

Adresa autorov

doc. Ing. RUDOLF PETRÁŠ, CSc.

Ing. JULIÁN MECKO, CSc.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled

Evaluation of the research of the Douglas-fir in the Czech Republic – review

VILÉM PODRÁZSKÝ – JIŘÍ KUBEČEK – RADEK ČERMÁK – IGOR ŠTEFANČÍK

Abstract

Presentation summarizes the results concerning the effects of cultivation of Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco), especially in the last decades, on the intensity of production as well as non-production forest functions in the conditions of the Czech Republic. It analyzes the research outcomes from the point of view of volume and value production in comparison with other native tree species, from the point of view of the soil effects and effects on the ground vegetation diversity, and from the point of view of stability and cultivation in the last period. The main aim is represented by the comparison with Norway spruce, that could be replaced by Douglas-fir with some advantages – favourable impact on amount and value of the timber production, on the soil and biodiversity status of the ground vegetation. Also the stability of forest stands can be supported considerably. Douglas-fir represents favourable alternative to the Norway spruce in lower and middle altitudes and it can contribute highly to the competitiveness of the Czech forestry.

Keywords: *Douglas-fir, Czech Republic, growth, soil effects, herb layer effects, economics*

Abstrakt

Příspěvek shrnuje poznatky o vlivu pěstování douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco), především z posledních desetiletí, na plnění produkční a mimoprodukčních funkcí lesů v podmínkách České republiky. Analyzuje výsledky výzkumu z hlediska srovnání objemové i hodnotové produkce s ostatními domácími dřevinami, z hlediska vlivu na půdu a společenstva přízemní vegetace i z hlediska aspektů stability a pěstování z posledního období. Hlavním cílem je srovnání se smrkem ztepilým jako dřevinou, která může být douglaskou ve vhodných podmínkách nahrazena, a to s příznivým dopadem na výši a hodnotu produkce dřeva, s příznivými důsledky na stav a vývoj lesních půd i diverzity přízemní vegetace. Také stabilita porostů může být tímto procesem výrazně podpořena. Douglaska tak představuje vhodnou náhradu za smrk v nižších a středních polohách a přispět tak k vyšší konkurenceschopnosti českého lesního hospodářství.

Klíčová slova: *douglaska, Česká republika, růst, vliv na půdy, vliv na přízemní vegetaci, ekonomika*

ÚVOD

Introdukce cizokrajných dřevin je celosvětově využívána jako systém opatření zvyšujících produkci lesů, stabilitu lesních porostů a bezpečnost produkce, stejně tak je zaměřena v jednotlivých případech na zvýšení plnění specifických funkcí lesů. Tyto aspekty bývají zdůrazňovány i v případě předpokládané klimatické změny ve světle dokládaných klimatických extrémů v antropogenně ovlivněné biosféře (BORŮVKA et al. 2005; VACEK et al. 2009). Výzkum introdukovaných dřevin je v první řadě zaměřen na vyhodnocení jejich produkce a provozních aspektů pěstování, méně již na jejich environmentální funkce (CARTER, LOWE 1986; GRIER, MACCOLL 1971; JUSSY et al. 2000; KNOEP, SWANK 1997; KONNERT, RUETZ 2006; SICARD et al. 2006; SVERDRUP et al. 2006; TURPAULT et al. 2005, 2007). Lesnický výzkum stanovil pro Českou republiku jako optimální podíl produkčně významných exot hodnotu 7 % (BERAN, ŠINDELÁŘ 1996), třebaže jejich větší využití musí v našich podmínkách překonávat řadu překážek. Mezi uvedenými dřevinami zaujímá nejvýznamnější místo ve světovém, evropském, ale potenciálně i českém měřítku douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). Je považována jako jedna z komerčně nejvýznamnějších dřevin světa s rozsáhlým přirozeným areálem Severní Americe i s úspěšnými výsadbami po celém světě (Evropa, Argentina, Nový Zéland, Írán aj.). Prospívá díky své značné ekovalenci v nejrůznějším prostředí a tvoří zde stabilní porosty (LARSON 2010). Například ve Francii patří k nejdůležitějším hospodářským dřevinám využívaným k zalesňování a obnově lesa ve druhé polovině 20. století, roste zde na více než 400 tis. ha s roční výsadbou kolem 5 mil. sazenic (FERRON, DOUGLAS 2010). Podobná situace je pak ve většině zemí západní Evropy.

Také v českých zemích byla této dřevině věnována značná pozornost, zejména v minulém období a ze strany soukromých vlastníků lesa, na druhé straně se především v posledních desetiletích setkává s odporem orgánů státní správy a environmentalistických organizací, podobně jako jiné introdukované dřeviny (PODRÁZSKÝ et al. 2009a). V posledních dekádách klesaly roční výsadby douglasky, na druhé straně roste střední věk porostů a výrazně pak jejich zásoba (KOUBA, ZAHRADNÍK 2011). Plocha porostů douglasky tak dosahuje v současné době kolem 5600 ha a další výsadby pak v menší míře probíhají každý rok (PODRÁZSKÝ et al. 2013a), byť nikoli výrazně. I v českých poměrech je douglaska dlouhodobě považována za jednu z nejperspektivnějších dřevin (HOFMAN 1964). Ve druhé polovině minulého století bylo založeno i několik provenienčních pokusů ke studiu proměnlivosti této dřeviny, které pak prokázaly značný význam výběru místa původu a značnou endogenní variabilitu douglasky. Jsou potvrzeny regiony, odkud lze odebírat osivo z původního areálu s nejvyšší pravděpodobností úspěchu následných výsadeb (BERAN 1993, 1995; CAFOUREK 2006; HOFMAN et al. 1964; ŠIKA 1974, 1975, 1985; ŠIKA, HEGER 1972; ŠIKA, PÁV 1990). Na této bázi pak může nadále pokračovat úspěšná introdukce (MARTINÍK, PALÁTOVÁ 2012).

Hlavním cílem předkládaného souhrnu dosavadních poznatků je zhodnocení možnosti náhrady zatím dominantního smrku ztepilého douglaskou tisolistou a posouzení dopadu tohoto procesu na produkci lesních porostů, stav lesních půd a diverzitu lesních společenstev.

PRODUKCE A RŮST DOUGLASKY

V posledním období, zhruba od počátku milénia, opět vzrostl zájem o douglasku, a to jak z hlediska produkce cenného dříví, tak i z hlediska stabilizace lesních porostů. Největší pozornost byla věnována její produkční funkci. Bylo navázáno na starší práce, které dokládaly vhodnost této dřeviny a její produkční schopnosti (BERAN, ŠINDELÁŘ 1996; HOFMAN 1964; ŠINDELÁŘ 2003).

Rovněž novější studie potvrdily 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 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 m^3 u douglasky, 3,17 m^3 u smrku a 3,70 m^3 u modřínu. Letokruhové analýzy umožnily odvodit roční objemový přírůst jednoho kmene ve výši 0,12 až 0,16 m^3, což může dosáhnout až hodnoty 1,5 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 DG 6,30 m^3, naproti tomu u smrku 1,93 m^3, a 2,25 m^3 u MD. Objemový přírůst na základě letokruhových analýz byl pro jednotlivé stromy určen ve výši 0,06 až 0,10 $m^3.rok^{-1}$.

MARTINÍK a KANTOR (2007, 2009) analyzovali nadzemní biomasu douglasky ve dvou porostech středního věku (69 a 75 let) na bohatých stanovištích (SLT 3B) na území ŠLP Křtiny z hlediska množství a ve druhém případě i obsahu živin. Doložili zásadní význam pozice stromu v porostní struktuře pro růstové parametry, utváření asimilačního aparátu a poutání živin nadzemními složkami biomasy. Jako výrazné riziko pro pěstování douglasky hodnotili její schopnost čerpat živiny z půdního prostředí ve vysoké míře, což při neuváženém odběru biomasy může vést k ochuzení stanoviště. Jako prevenci doporučili pěstování této dřeviny ve směsi se stanovištně původními dřevinami a ponechání maxima nevyužitelné biomasy po těžbě na místě.

Značný produkční potenciál této dřeviny byl 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 $m^3.ha^{-1}$, 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).

Další porost 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 °C, 550–650 mm, luvizemě). Zásoba v tomto případě činila 266 $m^3.ha^{-1}$ pro listnáče, 507 $m^3.ha^{-1}$ pro smrk a pro nejmladší douglasku 579 $m^3.ha^{-1}$. Průměrný roční přírůst byl určen ve výši 4,43 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ pro listnáče, 8,45 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ pro smrk a 12,87 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ 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 °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 $ks.ha^{-1}$ činilo 352,1, 349,4, 157,1 a u douglasky 438,6 $m^3.ha^{-1}$, ta tak představovala jednoznačně nejproduktivnější dřevinu v daných poměrech (PODRÁZSKÝ et al. 2009a, 2009b, 2010).

Při zalesňování je třeba vždy respektovat vhodnost stanoviště pro jednotlivé dřeviny, jak prokázali například BARTOŠ a KACÁLEK (2011). Na jednotlivých plochách tak douglasku může předrůstat modřín, v závislosti na vlhkostních a obecně půdních podmínkách. I jejich výsledky doložily minimální rovnocennost růstu douglasky a smrku v prvních letech po výsadbě na různých lokalitách Podorlicka.

Ojedinělý je prozatím výzkum hodnotové produkce douglasky. V českých podmínkách je zatím jedinou výraznější publikovanou studií práce PODRÁZSKÉHO et al. (2013a). Autoři hodnotili objemovou a hodnotovou produkci na základě údajů LHP na ŠP Hůrky Vyšší odborné školy lesnické a Střední lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga v Písku. Byly analyzovány všechny porostní skupiny, ve kterých měla douglaska větší zastoupení než 20 % a které dosahovaly věku vyššího než 30 let. Pro potřeby tohoto srovnání byly vybrány porosty na stanovišti charakterizovaném SLT 3K, celkem se jednalo o zpracování 372 porostních skupin: 92 skupin se zastoupením DG ve věku 30–124 let, buku (130 skupin, 30–160 let), dubu (164 skupin, 34–160 let) a modřínu (120 skupin, 32–160 let). Objem stojící zásoby v $m^3.ha^{-1}$ v členění podle jednotlivých dřevin a věk byly převzaty z LHP (na r. 2010–2019). Zjištěný objem stojící zásoby analyzovaných dřevin byl upraven na plné zakmenění a na plochu jednoho hektaru, aby mohla být realizována komparace dosahovaného efektu jednotlivých dřevin. Ke studiu průběhu produkčních parametrů byla využita Korfova funkce (KORF 1939). V době kulminace byl běžný hodnotový přírůst douglasky roven hodnotě 26 622 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$, dubu 19 926 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$, smrku 19 494 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$, modřínu 14 427 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ a buku 9 360 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$. Průměrný hodnotový přírůst byl pro jednotlivé dřeviny kalkulován ve výši: 13 098 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ (DG), 10 698 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ (SM), 7 831 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ (MD), 7 751 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ (DB) a 5 293 $Kč.ha^{-1}.rok^{-1}$ (BK). Přesto, že produkce douglasky byla pro nedostatek reálných dat podceněna (např. ceny sortimentů byly kalkulovány podle SM), byla prokázána nejen objemová, ale i hodnotová produkce DG výrazně vyšší ve srovnání s ostatními sledovanými

dřevinami. Výrazná potenciální hodnotová produkce byla doložena i v případě porostů, dosahujících mýtní zralosti (REMEŠ et al. 2010).

Také v porostech středního věku byla hodnotová produkce douglasky výrazně vyšší než jiných srovnávaných dřevin. V již výše popisovaném porostu (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2010, PODRÁZSKÝ et al. 2009a) doložili REMEŠ et al. (2010) průměrný roční přírůst hodnotový v relativních hodnotách u DG 100 %, u smrku ztepilého 66 % a u smíšeného porostu listnáčů 34 %.

Studie zaměřené na srovnání produkce douglasky s hlavními dřevinami dokládají podstatné zvýšení produkční funkce lesních porostů při zavádění této dřeviny do porostní směsi. Jedná se o významné navýšení nejen objemové, ale i hodnotové produkce, a to i při srovnání se smrkem ztepilým jako nejvýznamnější domácí hospodářskou dřevinou.

VLIV DOUGLASKY NA PŮDNÍ PROSTŘEDÍ

Již první práce, dokládající vliv douglasky na půdní prostředí, prokázaly jednak vyšší nároky na půdní živiny, na druhé straně i příznivější rozklad a transformaci opadu této dřeviny zejména ve srovnání se smrkem ztepilým (PODRÁZSKÝ et al. 2001a, 2001b, 2002). Při srovnání na stanovištích charakteru 3K až 3S na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy bylo prokázáno, že ve srovnání s přirozenou druhovou skladbou (DB, HB, LP) probíhá výraznější akumulace humusu s vyššími charakteristikami půdní acidity, na druhé straně byly tyto půdní vlastnosti značně příznivější ve srovnání se smrkovými porosty na stejném stanovišti. Douglaska tedy vykázala méně nepříznivý vliv na stav lesních půd, konkrétně humusových forem, ve srovnání se smrkem.

K podobným závěrům došel MARTINÍK (2003) při studiu smíšeného porostu ve věku 73 let na bohatém stanovišti (3B) na území ŠLP Křtiny. Sledovány byly pedochemické vlastnosti a minerální výživa v závislosti na zastoupení douglasky v porostní směsi. Výsledky doložily zhoršování půdních vlastností se zvyšujícím se podílem douglasky ve směsi, především jako snížení obsahu bazických kationtů (Ca, Mg) v A horizontu. Projevilo se tak poutání živin v biomase intenzivně přirůstajícího porostu. Výživa se blížila optimu podle evropských standardů. Doporučení autora tedy směřuje k individuální, popřípadě skupinovité příměsi této dřeviny v lesních porostech.

MENŠÍK et al. (2009) srovnávali stav půd ve smíšeném porostu smrku a buku, dále v porostech smrku a douglasky na kyselých (3K) a středně bohatých (4H) stanovištích školních lesů na Písecku a Křtinsku. Jejich šetření vedlo k závěru, že porosty DG akumulovaly 25,0 $t.ha^{-1}$ nadložního humusu ve srovnání se 79,4–79,4 $t.ha^{-1}$ smrkových porostů. V porostech douglasky byly hodnoty půdní reakce příznivě vyšší v holorganických i organominerálních horizontech, také hodnoty C/N byly ovlivněny douglaskou příznivě, při srovnání jednotlivých dřevin na stejných stanovištích.

Ve výše popisovaném porostu na území ŠLP Kostelce nad Černými lesy (např. PODRÁZSKÝ et al. 2010) byly rovněž doloženy příznivé účinky douglasky ve srovnání se smrkem (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005, 2008). Pedochemické charakteristiky byly výrazně příznivější v profilu humusových forem: půdní reakce, charakteristiky půdního sorpčního komplexu, dynamika půdní organické hmoty a dusíku. Vliv douglasky se blížil účinkům jedle obrovské, byl méně příznivý ve srovnání s listnatými porosty, ale výrazně příznivější ve srovnání se smrkem ztepilým.

Výrazné působení douglasky na stav humusových forem z hlediska půdního chemizmu bylo doloženo i na zalesněné zemědělské půdě (PODRÁZSKÝ et al. 2009a, 2009b, 2010). Humusové formy v 39 let starých porostech douglasky, smrku ztepilého, borovice lesní, břízy bělokoré byly srovnávány s odpovídající složkou ekosystému mýtního lesa (BO, SM) na trvale zalesněné půdě a se sousedním polem. V nadložním humusu byly nejpříznivější ukazatele půdního chemizmu (pH, S, H, T, V) průkazně doloženy v porostu douglasky (v porostu břízy se nadložní humus dosud nevytvořil). Intenzivně rostoucí porost DG se projevil v poklesu obsahu přístupného fosforu. Ve všech porostech založených na zemědělské půdě byl podstatně příznivější stav ve srovnání se starším jehličnatým porostem, porost břízy se od půdního prostředí sousedního pole lišil nejméně. Působení douglasky lze hodnotit jako méně acidifikující ve srovnání s ostatními koniferami.

Ve stejných porostech hodnotili stav pedofyzikálních charakteristik horizontu A PODRÁZSKÝ a KUPKA (2011). Výsledky sledování doložily určité změny ve stavu hydrofyzikálních charakteristik lesních půd v závislosti na dřevinné skladbě, těžbě porostu, nebo na zalesnění zemědělské půdy. Zalesnění zemědělských půd vede podle předběžných výsledků, zřejmě v důsledku aktivity kořenových systémů, edafonu a míšení organické a minerální půdní hmoty, k významnému snížení objemové hmotnosti půdy, měrné hmotnosti půdy, a naopak k výraznému zvýšení pórovitosti a provzdušněnosti. Těžební aktivity působí výrazným opačným trendem. Ze sledovaných lesních dřevin vykazovala douglaska tisolistá poměrně nejméně výrazné vlivy, což je dáno jejím intenzivním růstem spojeným s nároky na vodu a živiny a rychlostí rozkladu jejího opadu. Lesnická opatření na druhé straně zřejmě neohrožují výrazným způsobem retenční vlastnosti lesních půd, naopak zalesnění vede k lepším retenčním a vodohospodářským poměrům v krajině. Pěstování douglasky ve vhodně zvolené příměsi pak vodní režim lesních půd významně neovlivní.

Ze zahraničních pramenů např. AUGUSTO et al. (2003) potvrdili, že ve větším krajinném měřítku ovlivňují stav půd a přízemní vegetace ve větší míře geografické a geologické podmínky a lesnická opatření, než aktuální dřevinná skladba lesních porostů (borovice lesní, douglaska, jedle bělokorá, buk, dub), jen smrk má výraznější vliv na stanoviště. Studie, zaměřené na jednotlivé lokality a zvýrazňující tak vliv jednotlivých dřevin, však jednoznačně potvrdily v našich podmínkách takové působení douglasky na půdní vlastnosti, které nás opravňuje hodnotit ji velice příznivě ve srovnání s dominantně obnovovanými jehličnany, konkrétně smrkem ztepilým. Při jejím pěstování ve smíšených porostech pak lze předpokládat potenciál udržení relativně příznivých půdních vlastností, s přihlédnutím k podmínkám jednotlivých lokalit.

DALŠÍ ENVIRONMENTÁLNÍ A EKOLOGICKÉ FUNKCE DOUGLASKY A JEJÍ PĚSTOVÁNÍ

O vlivu douglasky na další složky životního prostředí a na biodiverzitu lesních ekosystémů je v domácích podmínkách minimum údajů. Pouze PODRÁZSKÝ et al. (2011) studovali složení přízemní vegetace v porostech s různým druhovým složením včetně douglasky na souboru 44 ploch v různých stanovištních podmínkách České republiky. V porostech této dřeviny bylo prokázáno nevýznamné, ale patrné zvýšení počtu druhů ve srovnání s jinými dřevinami, především smrkem, a zároveň posun společenstev směrem k bohatším stanovištím, zejména s ohledem na dusík, což bylo odpovídající výsledkům doloženým v zahraničí (AUGUSTO et al. 2003). Dosud nepublikované výsledky z našich

šetření z další sezóny, na podstatně větším souboru ploch (přes 100), dokládají podobné poznatky.

Jako důležitá funkce sledované dřeviny se jeví její podpora statické stability lesních porostů. MAUER a PALÁTOVÁ (2012) studovali vývoj kořenových systémů na živných stanovištích ŠLP Křtiny ve věku porostů 10, 20, 30, 60 a 80 let. Již od mladého věku potvrdili vývoj kompaktního kořenového systému zajišťujícího značnou stabilitu jedinců. Douglaska tak může představovat významný stabilizační prvek lesních porostů, což potvrzují i zahraniční zdroje (SERGENT et al. 2010). Domácí i zahraniční zdroje potvrdily vyšší odolnost vůči suchu a lepší využívání dostupné půdní vody (EILMANN, RIGLING 2010; URBAN et al. 2009, 2010). Jako jedno z možných rizik výraznějšího zavádění douglasky je uváděna zvýšená míra nitrifikace a potenciální ztráty dusíku především v čistých porostech (ZELLER et al. 2010), což koresponduje s přirozenou dynamikou douglaskových porostů a jejích společenstev, s častými disturbancemi na jedné a s výrazným zastoupením olší na přirozených lokalitách s častým výskytem požárů (BINKLEY 1986).

Značný je i potenciál douglasky z hlediska přirozené obnovy. Na kyselých stanovištích je prokázáno její masivní zmlazování, bez problémů využitelné pro obnovu porostů (BUŠINA 2007; KANTOR et al. 2010), na bohatších stanovištích mohou být problémy s konkurencí buřeně HART et al. (2010). Vcelku ale lze začlenit douglasku do systémů podrostního hospodářství a přirozené obnovy bez větších těžkostí.

MARTINÍK a PALÁTOVÁ (2012) studovali a ověřovali vhodnost různých způsobů předosevní přípravy osiva douglasky. Srovnávali 7 oddílů zelené varianty (z toho jeden vzorek neznámého původu z ČR) a 7 oddílů varianty šedé. Prokázali vhodnost různých způsobů předosevní přípravy a jejich upotřebitelnost a nezbytnost z hlediska plného využití zdrojů osiva. Byly prokázány i rozdíly mezi proveniencemi, což musí být respektováno při další introdukci z původních oblastí rozšíření douglasky.

ZÁVĚRY DOSAVADNÍCH ŠETŘENÍ V ČESKÝCH PODMÍNKÁCH

Rozbor prací původem z české oblasti potvrdil, že pozornost věnovaná douglasce tisolisté je plně oprávněná, jeví se, podobně jako v jiných evropských (i dalších) zemích jako dřevina s velkým potenciálem využití v lesním hospodářství. Zejména významné je její srovnání se smrkem ztepilým, který je v rámci českého lesnictví dosti na ústupu, ať již pro své účinky na prostředí lesního ekosystému, nebo z hlediska zdravotního stavu. Jeho podíl v českých lesích a zejména na těžbě dříví se bude v příštích desetiletích zřejmě výrazně snižovat (PODRÁZSKÝ et al. 2013b). Douglaska se pak ukazuje jako jeho možná a více než plnohodnotná náhrada z řady důvodů:

- produkční potenciál douglasky v nižších i středních polohách je výrazně vyšší než ostatních domácích dřevin, včetně smrku ztepilého,
- její působení na stav půd je méně výrazné, acidifikační vliv je výrazně nižší a v porostech jehličnanů má douglaska charakter meliorační dřeviny,
- méně ovlivňuje biodiverzitu přízemní vegetace, v jejích porostech je srovnatelná nebo vyšší ve srovnání s přirozenými společenstvy a dochází k méně výraznému posunu v jejich stanovištně indikačním charakteru,
- douglaska působí výrazně stabilizačním vlivem z hlediska statiky porostů a jejich mechanické stabilizace,

- její nároky na pěstování se v daných nižších a středních podmínkách nebudou diametrálně lišit od nároků smrkového hospodářství, nebo pěstování jiných jehličnanů, a to včetně školkařských technologií a využití přirozené obnovy.

Většinu potenciálně negativních důsledků jejího pěstování, především výrazný odběr živin intenzivním přírůstem, lze do značné míry eliminovat jejím dominantním způsobem pěstování ve směsi s jinými dřevinami. Otázkou pak zůstává ponechání těžebních zbytků na lokalitě z hlediska minimalizace odběru živin a ztrát organické hmoty a orientace na dřevní surovinu, která je v našich podmínkách méně běžná, třebaže je její potenciál využití rovněž minimálně srovnatelný s domácími jehličnany, jako je smrk nebo modřín. Může tak být přínosem nejen pro vlastníky a správce lesa, ale i pro stabilitu a vitalitu českých lesů a přispět tak výrazným způsobem ke konkurenceschopnosti českého lesního hospodářství.

Poděkování

Příspěvek vznikl jako součást řešení výzkumného projektu NAZV Q/112A172 Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách a projektu IGA Pěstování douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na kyselých stanovištích ve středních polohách na území ŠLP ČZU a ŠP Písek

LITERATURA

AUGUSTO, L. – DUPOUEY, J.-L. – RANGER, J. (2003): Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. Annals of Forest Sciemce, 60: 823–831.

BARTOŠ, J. – KACÁLEK, D. (2011): Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. Zprávy lesnického výzkumu, 56: Special: 6–13.

BERAN, F. (1993): Fenotypová proměnlivost a růst douglasky tisolisté na školním polesí Hůrka (SLŠ Písek). Zprávy lesnického výzkumu 38: 3: 5–15.

BERAN, F. (1995): Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. Zprávy lesnického výzkumu, 40: 3–4: 7–13.

BERAN, F. – ŠINDELÁŘ, J. (1996): Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České republiky. Lesnictví – Forestry, 42: 8: 337–355.

BINKLEY, D. (1986): Forest nutrition management. J. Wiley, New York, 289 s.

BORŮVKA, L. – PODRÁZSKÝ, V. – MLÁDKOVÁ, L. et al. (2005): Some approaches to the research of forest soils affected by acidification in the Czech Republic. Soil Science and Plant Nutrition, 51: 5: 745–749.

BUŠINA F. (2007): Natural regeneration of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in forest stands of Training Forest District Hůrky, Higher Forestry School and Secondary Forestry School in Písek. Journal of Forest Science 53: 20–34.

CARTER, R. E. – LOWE, I. E. (1986): Lateral variability of forest floor properties under second-growth Douglas-fir stands and the usefulness of composite sampling techniques. Canadian Journal of Forest Research, 16: 5: 1128–1132.

CAFOUREK, J. (2006): Provenienční pokusy douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) v oblasti středozápadní Moravy. In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12.–13. 10. 2006, ČZU, Praha 7–15.

EILMANN, B. – RIGLING, A. – (2010): Douglas fir – a substitute species for Scots pine in dry inner-Alpine valleys? In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. 18.–20. 10. 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85: 10.

FERRON, J. L. – DOUGLAS, F. (2010): Douglas-fir in Fance: history, recent economic development, overviews for the future. In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. 18.–20. 10. 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg. 85: XI.

GRIER, C. C. – MACCOLL, J. G. (1971): Forest floor characteristics within a small plot in Douglas-fir in western Washington. Soil Science Society of America Proceedings 35: 988–991.

HART, V. – HARTOVÁ, M. – TAUCHMAN, P. (2010): Analysis of herbicide effects on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) natural regeneration. Journal of Forest Science, 56: 5: 209–217.

HOFMAN, J. (1964): Pěstování douglasky. 1. vydání, SZN, Praha, 253 s.

HOFMAN, J. – VACKOVÁ, M. – HEGER, B. (1964): Zpráva o prvních proveniencních pokusech s douglaskou tisolistou v ČSSR. Acta musei Silesiae CIII, Opava: 43–50.

JUSSY, J. H. – COLIN-BELBRAND, M. – RANGER, J. (2000): Production and root uptake of mineral nitrogen in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Beaujolais Mounts. Forest ecology and management,128: 197–209.

KANTOR, P. (2008): Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise, Journal of Forest Science, 54: 7: 321–332.

KANTOR, P. – MAREŠ, R. (2009): Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek, Journal of Forest Science, 55: 7: 312–322.

KANTOR, P. – BUŠINA, F. – KNOTT, R. (2010): Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco a její přirozená obnova na školním polesí Hůrky středních lesnických škol Písek. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 4: 251–263.

KANTOR, P. – KNOTT, R. – MARTINÍK, A. (2001a): Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in a mixed stand. Ekológia (Bratislava). 20: Suppl. 1: 5–14.

KANTOR, P. – KNOTT, R. – MARTINÍK, A. (2001b): 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, 47: 45–59.

KNOEPP, J. D. – SWANK, W. T. (1997): Forest management effects on surface soil carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal, 61: 3: 928–935.

KONNERT, M. – RUETZ, W. (2006): Genetic aspects of artificial regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Bavaria. European Journal of Forest Research, 125: 261–270.

KORF, V. (1939): Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona lesních porostů. Lesnická práce, 18: 339–379.

KOUBA, J. – ZAHRADNÍK, D. (2011): Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice, 21. 11. 2011, ČZU, Praha, s. 52–66.

LARSON, B. (2010): The dynamics of Douglas-fir stands. In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. 18.–20. 10. 2010, Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85: 9–10.

MARTINÍK, A. (2003): Possibilities of growing Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in the conception of sustainable forest management. Ekológia (Bratislava), 22: Suppl. 3: 136–146.

MARTINÍK, A. – KANTOR, P. (2007): Branches and the assimilatory apparatus of full-grown trees of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) of a different coenotic position. Ekológia (Bratislava), 26: 223–239.

MARTINÍK, A. – KANTOR, P. (2009): Analýza nadzemní biomasy douglasky tisolisté. Lesnická práce 88(1): 24–25.

MARTINÍK, A. – PALÁTOVÁ, E. (2012): Je předosevní příprava osiva douglasky tisolisté nezbytná? Zprávy lesnického výzkumu, 57: 1: 47–55.

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E. (2012): Root system development in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on fertile sites. Journal of Forest Science, 58: 9: 400–409.

MENŠÍK, L. – KULHAVÝ, J. – KANTOR, P. – REMEŠ, M. (2009): 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, 55: 345–356.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – LIAO, C. Y. (2001a): Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na stav lesních půd. In. Krajina, les a lesní hospodářství. Sborník z konference, 22.–23. 1. 2001, Česká zemědělská univerzita, Praha, s. 24–29.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – MAXA, M. (2001b): Má douglaska degradační vliv na lesní půdy? Lesnická práce, 80: 9: 393–395.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – LIAO, CH. Y. (2002): Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na stav humusových forem lesních půd – srovnání se smrkem ztepilým. Zprávy lesnického výzkumu 46: 86–89.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2005): Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. Zprávy lesnického výzkumu 50: 1: 46–48.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2008): Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu, 53: 1: 27–34.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – HART, V. – TAUCHMAN, P. (2009a): Douglaska a její pěstování – test českého lesnictví. Lesnická práce, 88: 6: 376–381.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – HART, V. – MOSER, W. K. (2009b): Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. Journal of Forest Science, 55: 7: 299–305.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2010): 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. 18.–20. 10. 2010, Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85: 64.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – TAUCHMAN, P. – HART, V. (2010): Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu 55: 1: 12–17.

PODRÁZSKÝ, V. – KUPKA, I. (2011): Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. Zprávy lesnického výzkumu, 56: Special: 1–5.

PODRÁZSKÝ, V. – VIEWEGH, J. – MATĚJKA, K. (2011): Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. Zprávy lesnického výzkumu, 56: Special: 44–51.

PODRÁZSKÝ, V. – ZAHRADNÍK, D. – PULKRAB, K. – KUBEČEK, J. – PEÑA, J. B. (2013a): Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. Zprávy lesnického výzkumu, 59, (přijato k publikaci).

PODRÁZSKÝ, V. – KOUBA, J. – ZAHRADNÍK, D. – ŠTEFANČÍK, I. (2013b): Změny v druhové skladbě českých lesů – výzva pro lesnický i dřevozpracující sektor. In: Dřevostavby 2013. Volyně 27.–28. 3. 2013, VOŠ a SPŠ Volyně, 3–7.

REMEŠ, J. – PODRÁZSKÝ, V. – HART, V. (2006): 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, 12.–13. 10. 2006, Kostel nad Černými lesy, ČZU, Praha, 65–69.

REMEŠ, J. – PULKRAB, K. – TAUCHMAN, P. (2010): Production and economical potential of Douglas fir on selected locality of the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy. In: News in silviculture of introduced tree species. Kostelec, 21. 10. 2010, CULS Prague. 68–69.

SERGENT, A. S. – ROZENBERG, P. – MARCAIS, B. – LEFEVRE, Y. – BASTIEN, J. C. – AGELEISEN, L. M., BREDA, N. (2010): Vulnerability of Douglas-fir in a changing climate: study of decline in France after the extreme 2003 drought. In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. 18.–20. 10. 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg. 85: 21–22.

SICARD, C. – SAINT-ANDRE, L. – GELHAYE, D. – RANGER, J. (2006): Effect of initial fertilisation on biomass and nutrient content of Norway spruce and Douglas-fir plantations at the same site. Trees, 20: 229–246.

SVERDRUP, H. – THELIN, G. – ROBLES, M. –, STJERNQUIST, I. – SŐRENSEN, J. (2006): Assessing nutrient sustainability of forest production for different tree species considering Ca, Mg, K, N and P at Björnstorp Estate, Sweden. Biogeochemistry, 81: 219–238.

ŠIKA, A. (1974): První výsledky mezinárodního provenienčního pokusu s douglaskou v Čechách. Časopis Slezského muzea, Opava XXIII.

ŠIKA, A. (1975): Rozdíly v odolnosti proveniencí douglasky vůči zimnímu vysýchání. Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, 46: 171–183.

ŠIKA, A. (1985): Reprodukční možnosti douglasky tisolisté v ČSR z domácích zdrojů. Práce VÚLHM, 67: 41–62.

ŠIKA, A. – HEGER, B. (1972): Vyhodnocení prvních provenienčních pokusů s douglaskou tisolistou v českých zemích. Práce VÚLHM, 41: 105–121.

ŠIKA, A. – PÁV, B. (1990): Výškový růst douglasky na provenienčních plochách ČR v různých fázích vývoje. Lesnictví, 36: 5: 367–380.

ŠINDELÁŘ, J. (2003): Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté. Lesnická práce, 82: 3: 14–16.

TURPAULT, M. P. – UTÉRANO, C. – BOUDOT, J. P. – RANGER, J. (2005): Influence of mature Douglas fir roots on the solid soil phase of the rhizosphere and its solution chemistry. Plant and soil, 275: 327–336.

TURPAULT, M. P. – GOBRAN, G. R. – BONNAUD, P. (2007): Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. Geoderma, 137: 3–4: 490–496.

URBAN, J. – ČERMÁK, J. – NADYEZHDINA, N. – KANTOR, P. (2009): Growth and transpiration of the Norway spruce and Douglas fir at two contrasting sites. Water issues in dryland forestry. 1st ed., Sede Boqer, Israel, Ben Gurion university.

URBAN, J. – ČERMÁK, J. – KANTOR, P. (2010): Comparison of radial increment and transpiration of Douglas fir nad Norway spruce. In: News in silviculture of introduced tree species. Kostelec nad Černými lesy, 21. 10. 2010, ČZU, Praha, s. 77–81.

VACEK, S. – HEJCMAN, M. – SEMELOVÁ, V. – REMEŠ, J. – PODRÁZSKÝ, V. (2009): Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. European Journal of Forest Research, 128: 367–375.

ZELLER, B. – ANDRIANARISOA, S. – JUSSY, J. H. (2010): Impact of Douglas-fir on the Ncycle: Douglas fir promote nitrification? In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. 18.–20. 10. 2010, Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg. 85: 11.

Adresa autorů

prof. Ing. VILÉM PODRÁZSKÝ, CSc.

Ing. JIŘÍ KUBEČEK

Ing. RADEK ČERMÁK

doc. Ing. IGOR ŠTEFANČÍK, CSc.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa

Kamýcká 1176

165 21 Praha 6 – Suchdol

Vnášení jedle bělokoré a buku lesního do jehličnatého lesa v rámci jeho přestavby na LÚ Klokočná

Introduction of silver fir and European beech into cultural coniferous stands during their conversion in Klokočná Forest Range

JIŘÍ PROCHÁZKA – PAVEL LEVÝ – JAN KOHOUT

Abstract

As part of close-to-nature forestry in the forest district Klokočná there have been introduced autochthonous species Beech (Fagus sylvatica [L.]) and Fir (Abies alba [Mill.]) into the cultural forest with high proportion of spruce. Presented study shows experiments description and preliminary results from the experimental stand Klokočná, where silvicultural management is aimed to the gradual changes of clear-cut stands to the stands with richer structure. Preliminary results present evaluation of beech and fir stands growth on the experimental plots. One of the most important factors influencing these plants is game damage. Healthy and vital plantations survive mainly on the fenced parts of experimental plots.

Keywords: *Klokočná, game damage, stand forest transformation, height increment*

Abstrakt

V rámci uplatňování přírodě bližších způsobů hospodaření na lesním úseku Klokočná jsou do místních převážně smrkových porostů vnášeny původní dřeviny – buk lesní (*Fagus sylvatica* [L.]) a jedle bělokorá (*Abies alba* [Mill.]). Tento příspěvek předkládá popis výzkumných prací a ploch zaměřených na vnášení těchto dřevin v modelovém objektu Klokočná, zaměřeném na přestavbu lesa pasečného na les bohatě strukturovaný. Součástí příspěvku jsou předběžné výsledky hodnocení odrůstání výsadeb buku a jedle na sledovaných výzkumných plochách. Na odrůstání těchto dřevin zde mají zcela zásadní vliv škody zvěří. Životaschopné vitální výsadby jsou prakticky pouze na oplocených plochách.

Klíčová slova: *Klokočná, škody zvěří, přestavba lesa, výškový přírůst*

ÚVOD

V České republice jsou smrkové monokultury (porosty s více jak 90 % zastoupením smrku) zastoupeny na 26 % porostní plochy, na dalších 22 % porostní plochy má smrk zastoupení více než 50 % (TESAŘ, KRAUS 2004). Současná tendence je zvyšovat stabilitu lesních porostů zvýšením podílu stanovištně původních dřevin (melioračních a zpevňujících), a tím zajistit produkční i ekologické funkce lesa i do budoucna (TESAŘ et al. 2004).

V podmínkách 4.–5. lesního vegetačního stupně mezi takové dřeviny patří i buk a jedle. Různé metody vnášení buku a jedle jsou popsány v mnohé domácí i zahraniční literatuře (např. AMMER et al. 2008; OLESKOG, LÖF 2005). Při umělém vnášení buku a jedle je

důležitým prvkem velikost obnovního prvku a s tím související míra světelného požitku pro následné výsadby (např. BEDNÁŘ et al. 2012; LEONHARDT, WAGNER 2006; KUČERAVÁ et al. 2013).

Lesní úsek Klokočná představuje v rámci České republiky unikátní objekt, kde jsou již po dvě decennia uplatňovány za běžných provozních podmínek přírodě blízké způsoby hospodaření, mající za cíl postupnou přeměnu lesa věkových tříd na bohatě strukturované lesy (REMEŠ, KOZEL 2006). Součástí snah o převod lesa je i přeměna druhové skladby a její doplnění o jedli bělokorou (*Abies alba* Mill.), která zde v přirozené druhové skladbě na vodou ovlivněných stanovištích dominovala, a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.).

Na LÚ Klokočná probíhá obnova starších smrkových porostů především individuálním, popř. skupinovým výběrem mýtních stromů. V takto proředěných porostech poté následuje masivní přirozené zmlazení, zejména smrku, ale i dalších světlomilných dřevin zastoupených v místních porostech (bříza bělokorá, borovice lesní, modřín opadavý). Buk a jedle jsou do porostů vnášeny různým způsobem, a tyto metody mají odlišný vliv na ekologické faktory stanoviště i na ekonomické nároky výsadeb a pěstební péče. Nejčastější jsou výsadby v menších skupinách o charakteru kotlíků o velikosti 2–4 ary (FERKL, REMEŠ 2011). Větší plochy s výsadbou buku vznikly např. na holinách po nahodilé těžbě. Dalšími způsoby vnášení jedle a buku jsou zde individuální výsadby chráněné nátěrem a dřevěnými kolíky. Kromě umělé výsadby patří ke zvyšování zastoupení jedle i péče o přirozené zmlazení této dřeviny a její uvolňování ve smrkových nárostech. Přitom hlavním limitním faktorem pro odrůstání těchto dřevin je zde zvýšený tlak spárkaté zvěře, působící na těchto dřevinách značné škody (KUŽELKA 2011; LEVÝ 2013; KOHOUT 2013). S tím jsou spojené zvýšené náklady na ochranu kultur, především stavbu a údržbu oplocenek, a dále nátěr repelenty (FERKL, REMEŠ 2011).

LÚ Klokočná má velký význam také pro vzdělávání. Je pravidelným cílem exkurzí a terénních cvičení studentů lesnické fakulty i odborné lesnické veřejnosti a jsou zde řešeny bakalářské, diplomové i disertační práce.

METODIKA

LÚ Klokočná má výměru 393 ha a nachází se v blízkosti Říčan u Prahy. Je součástí LZ Konopiště, Lesy ČR, s. p. Náleží do PLO 10 – Středočeská pahorkatina, převážně se nachází ve 4. LVS, v menší míře je zastoupen i 3. a 2. LVS. Nachází se v nadmořské výšce 420–510 m n. m. Roční úhrn srážek činí 550–630 mm, průměrné roční teploty 7,5 °C (KUŽELKA 2011). Na kyselém půdním podloží formovaném hlubinnými vyvřelinami se vyvinuly zejména kambizemě, často sezónně ovlivněné vodou (oglejené). Nejčastějším souborem lesních typů je 4P a 4Q (70,5 %), dále 2K a 3K (29,5 %). V přirozené druhové skladbě dominovala jedle. V současné době smrk zaujímá 51%, následován borovicí s 28,7 %, dále je zastoupen modřín (9,6 %) a bříza (4,7 %). Jedle zaujímá pouze 0,8 % porostní plochy (REMEŠ, KOZEL 2006). LÚ Klokočná je rovněž zařazen do kategorie lesů zvláštního určení z důvodu plnění zdravotně-rekreačních funkcí v příměstské zóně hlavního města Prahy. Od roku 1993 zde probíhá převod z pasečného hospodářského způsobu na podrostní nebo výběrný.

S cílem vyhodnotit možnosti vnášení chybějící jedle a buku do převážně smrkových porostů zde bylo založeno 21 výzkumných ploch. Na deseti plochách je sledováno odrůstání jedle, na jedenácti plochách odrůstání buku. Plochy byly vybrány tak, aby reprezentovaly

místní stanovištní podmínky (stanoviště řady kyselé a oglejené) a různost používaných obnovních prvků a způsoby vnášení (1. podsadby pod proředěný obnovovaný porost, 2. malé kotlíky od 1 do 5 arů, 3. větší kotlíky od 5 arů a náseky) a současně metody ochrany proti škodám zvěří (oplocené plochy, výsadby chráněné pouze repelentem, případně kolíky). Většina sledovaných ploch byla vybrána tak, aby v nich bylo možno měřit alespoň 60 sazenic (z důvodu použitelnosti pro statistické vyhodnocení). Pouze některé malé výsadby bez oplocení čítaly méně než 60 jedinců a díky vysoké mortalitě je nelze použít při statistickém vyhodnocení výsledků.

U sazenic byly v růstových sezónách 2010–2012 měřeny výšky (výškoměrnou latí s přesností na 1 cm) a tloušťky kořenových krčků (posuvným měřítkem s přesností 0,1 mm v místě těsně nad povrchem půdy) a také kvalitativní parametry, tj. celkový tvar stromku (u buku průběžnost kmínku), a především intenzita a druh poškození. Přehled ploch, na kterých jsou výsadby sledovány, je uveden v Tab. 1 a 2.

Množství dostupného světla je zde charakterizováno v Tab. 1 a 2 ve sloupci zápoj. Zápoj byl rozdělen do kategorií (LEVÝ 2013):

Volný zápoj, pouze boční zastínění

Okraj zápoje/proředěný zápoj

Uzavřený plný zápoj

Přesné množství a kvalita světla dostupného pro výsadby bude nadále určeno metodou hemisférických fotografií. Hemisférické snímky byly pořízeny pouze na oplocených plochách a budou dále vyhodnocovány v SW WinScanopy. Určeno bude především množství přímého a nepřímého slunečního záření a jejich poměr, dále pak Gap Fraction a Canopy Opennes popisující míru otevření porostního zápoje (JARČUŠKA et al. 2010).

Tab. 1: Přehled sledovaných ploch s umělou obnovou jedle bělokoré na LÚ Klokočná.

Tab. 1: *Plots with artificial regeneration of Silver fir at the Klokočná Forest Range.*

číslo plochy[1]	Porost[2]	LT[3]	Velikost obnovního prvku [ar][4]	Stupeň zápoje[5]	Počet jedinců[6]	Způsob ochrany[7]
1	626C9a/1b	4P7	1,3	1	52	repelent
2	626C9a/1b	4P7	1,2	1	47	repelent
3	626C9a/1b	4P7	1,5	1	45	repelent
4	627B9/1b	3K6	1,7	1	62	oplocení
5	627B9/1b	3I1	1,5	1	65	oplocení
6	627B10/1a	3I1	1,2	2	30	repelent
7	628D11/1a,b	4P8	5	1	60	repelent
8	628D11/1a,b	4P8	5	1	72	repelent
9	630B12/4b/1	4P8	12	1	65	oplocení
10	630B12/4b/1	4P8	1,9	3	70	repelent

[1]plot, [2]idenfification of stand, [3]forest type, [4]size of plot, [5]canopy density, [6]number of seedlings, [7]protection against game

Tab. 2: Přehled sledovaných ploch s umělou obnovou buku lesního na LÚ Klokočná.

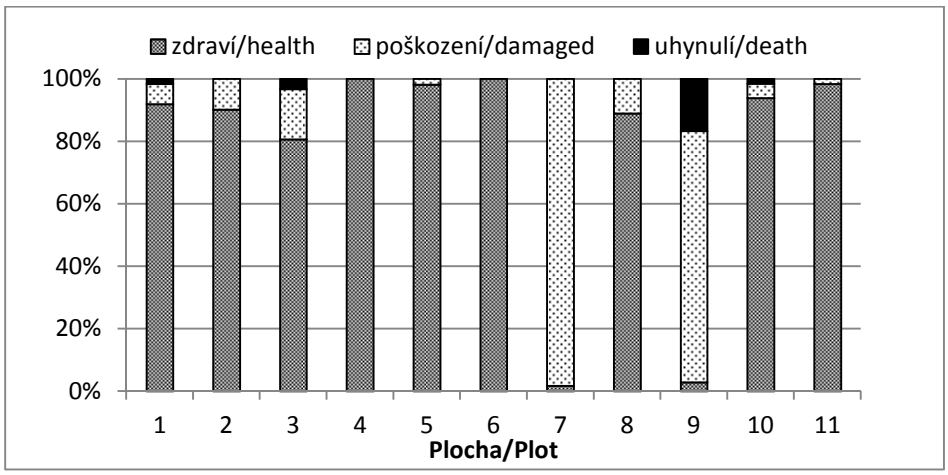
Tab. 2: *Plots with artificial regeneration of European beech at the Klokočná Forest Range.*

číslo plochy[1]	Porost[2]	LT[3]	Velikost obnovního prvku [ar][4]	Stupeň zápoje[5]	Počet jedinců[6]	Způsob ochrany[7]
1	627 B 1a	3I1	15	1	62	oplocení
2	627 B 1a	3I1	15	1	61	oplocení
3	627 B 1a	3I1	15	1	62	oplocení
4	627 B 1b	3I1	7	1	60	oplocení
5	627 B 1b	3I1	7	1	58	oplocení
6	627 B 1b	3I1	7	1	54	oplocení
7	628 D 12/1p	4P8	4	2	60	repelent
8	628 D 12/1p	4P8	0,36	1	27	oplocení
9	629 A 8/1	3K7	0,85	2	36	repelent
10	629 A 8/1	3K7	3	1	65	oplocení
11	629 A 8/1	3K7	3	1	60	oplocení

[1]plot, [2]idenfification of stand, [3]forest type, [4]size of plot, [5]canopy density, [6]number of seedlings, [7]protection against game

VÝSLEDKY A DISKUZE

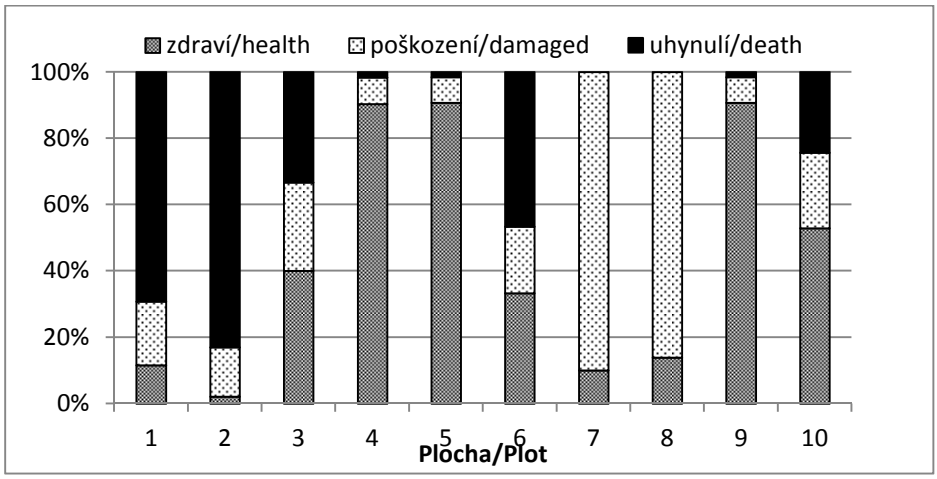
Obr. 1 a 2 zobrazují míru poškození sledovaných stromků na jednotlivých plochách. Největší poškození jsou patrná na neoplocených plochách, v případě buku na plochách 7 a 9. Zde je poškozeno nebo odumřelo více než 95 % jedinců. Na ostatních výsadbách buku se míra poškození pohybuje do deseti procent. Přitom na plochách 1, 2 a 3 bylo poškozeny především terminální výhony okusem zvěří, která pronikla poškozeným oplocením.



Obr. 1: Procentuální rozložení uhynulých, poškozených a zdravých jedinců na sledovaných plochách buku lesního.

Fig. 1: *Percentage of death, damaged and health individuals on monitored plots with European beech.*

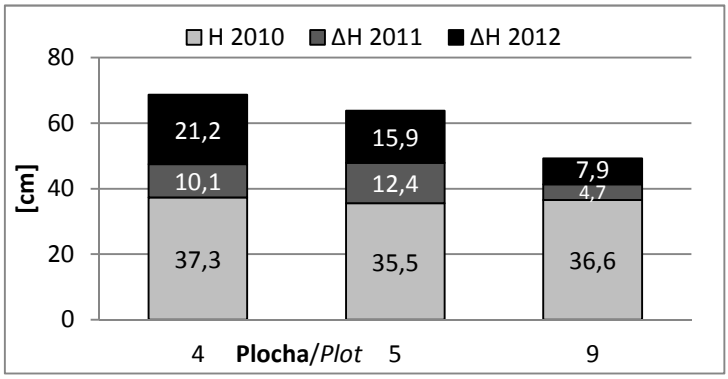
Oplocením chráněné jedle na plochách 4, 5 a 9 vykazují poškození pouze do deseti procent. Naopak velmi silně byly poškozovány neoplocené jedle v malých obnovních prvcích a podsadbách. V důsledku opakovaného okusu většina jedlí odumírá. Výjimku tvoří starší výsadby (plochy 7 a 8), které přes neustálý okus zvěří vykazují především uprostřed plochy trvalý přírůst. Za zmínku stojí i fakt, že buk (na rozdíl od jedle) snese větší a dlouhodobější poškozování zvěří, postupně regeneruje a tvoří tzv. okusové formy habitu. Jedle trvalý tlak zvěře často nepřežije a odumírá (viz JD plochy 1, 2, 3).



Obr. 2: Procentuální rozložení uhynulých, poškozených a zdravých jedinců na sledovaných plochách jedle bělokoré.

Fig. 2: *Percentage of death, damaged and health individuals on monitored plots with silver fir.*

Obr. 3 a 4 ukazují výškový vývoj oplocených výsadeb jedle a buku v růstových sezónách 2010, 2011 a 2012. U jedle není velký rozdíl mezi plochami 4 a 5. U plochy 4 byl v roce 2012 větší výškový přírůst, zapříčiněný zřejmě větším množstvím světla zasahujícího z prosvětlené jihozápadní části porostu (LEVÝ 2013). Plocha 9 je vzhledem k větší otevřenosti a půdní vlhkosti více zabuřenělá, a proto je zde výškový přírůst nižší.



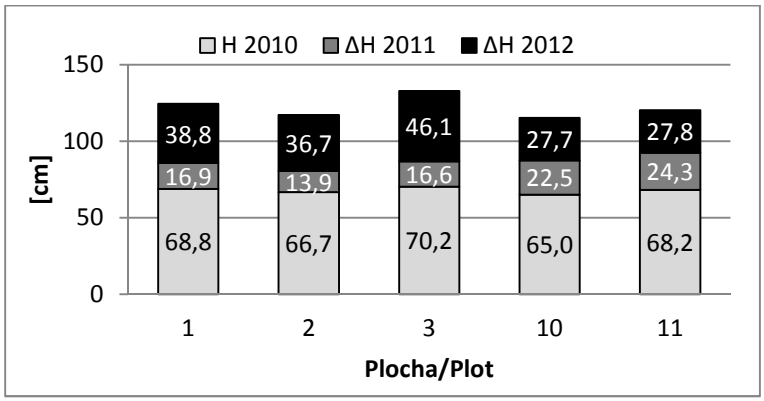
Obr. 3: Výškový vývoj oplocených výsadeb jedle.

Fig. 3: *Height increment development of fir plantations*

U buku vykazují plochy 1, 2 a 3 podobné hodnoty výšek (Obr. 4). Jedná se o tři samostatné plochy v rámci jednoho většího holosečného obnovního prvku vzniklého po nahodilé těžbě.

V růstové sezóně 2011 měly pouze malý přírůst (13,9–16,9 cm), zatímco o rok později byl průměrný výškový přírůst kolem čtyřiceti cm. Naproti tomu, stejně staré výsadby buku na podobném stanovišti, ale v menším kotlíku (plochy 10, 11), si udržely nižší, ale vyrovnaný výškový přírůst kolem 25 cm po obě dvě růstové sezóny.

Zdá se, že počáteční pomalejší odrůstání na otevřené ploše u buku bude v pozdějších letech vykompenzováno větším výškovým přírůstem. Zatímco buk v menším kotlíku s ponechanými výstavky bude zřejmě více brzděn. Otázkou zůstává kvalitativní vývoj buku na těchto plochách. LEONHARDT a WAGNER (2006) uvádějí, že pro větší zastoupení průběžných a jemně zavětvených jedinců buku je zcela nezbytné vytvářet konkurenční tlak. A to buď uvnitř etáže vytvářený hustým sponem výsadby a rychlejším zapojováním výsadeb, nebo vytvářením tlaku horního stromového patra a konkurenčním bojem o světlo. BEDNÁŘ et al. (2012) uvádí na příkladu sledování 5–15 let starých bukových výsadeb, že počet kvalitních bukových jedinců ve sledovaných kulturách s časem klesá, což je patrné především ve větších obnovních prvcích.



Obr. 4: Výškový vývoj vybraných oplocených výsadeb buku.

Fig. 4: *Height increment development of fenced beech plantations*

ZÁVĚR

Tento příspěvek podává zprávu o probíhajícím výzkumu vnášení buku a jedle na LÚ Klokočná a předběžné výsledky z měření na výzkumných plochách. Na oplocených plochách budou i nadále probíhat biometrická měření a sledován kvalitativní vývoj. Poté budou výsledky komplexněji statisticky vyhodnoceny.

Z dosavadních předběžných výsledků je zřejmé, že limitujícím faktorem pro odrůstání výsadeb je vliv zvěře. Ochrana repelenty a dřevěnými kolíky je značně problematická, ekonomicky náročná a z velké míry neúčinná. Především individuální výsadby jedle trpí okusem a postupně odumírají. Naopak na oplocených plochách vykazují výsadby trvalý výškový i tloušťkový přírůst.

U oplocených výsadeb bude dále možné vyhodnotit rozdíly v rychlosti odrůstání a kvalitě jedinců na základě množství a kvality dostupného světla (závislé na velikosti a druhu obnovního prvku) a stanovišti.

LITERATURA

AMMER, C. – BICKEL, E. – KÖLLING, C. (2008): Converting Norway spruce stands with beech – a review of arguments and techniques. Austrian Journal of Forest Science, 125: 1: 3–26.

BEDNÁŘ, P. – VANĚK, P. – KREJZA, J. (2012): Vliv velikosti holosečného obnovního prvku na vývoj bukových kultur. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 4: 337–343.

FERKL, V. – REMEŠ, J. (2011): Klokočná – demonstrační objekt přírodně bližšího, nepasečného hospodaření, založeného na principu výběrných těžeb. ČZU, Praha, 54 s.

JARČUŠKA, B. – KUCBEL, S. – JALOVIAR, P. (2010): Comparison of output results from two programmes for hemispherical image analysis: Gal Light Analyser and WinScanopy. Journal of forest science 56: 4: 147–153.

KOHOUT, J. (2013): Způsoby vnášení buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) do jehličnatých porostů v rámci jejich přestavby na LÚ Klokočná. Bakalářská práce. Katedra pěstování lesů, FLD ČZU, Praha, 60 s.

KUČERAVÁ, B. – DOBROVOLNÝ, L. – REMEŠ, J. (2013): Response of *Abies alba* seedlings to different site conditions in *Picea abies* plantations. Dendrobiology, 69: 49–58.

KUŽELKA, K. (2011): Implementation of soil-improving and stand stabilizing tree species in course of stand transformation in Klokočná Forest Range. In: Metody inventarizace a hodnocení biodivezity stromové složky, Trnková, E. (ed.), 13–22.

LEONHARDT, B. – WAGNER, S. (2006): Qualitative Entwicklung von Buchen-Voranbauten unter Fichtenschirm. Forst und Holz, 61: 11: 454–457.

LEVÝ, P. (2013): Způsoby vnášení jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) do jehličnatých porostů v rámci jejich přestavby na LÚ Klokočná. Bakalářská práce. Katedra pěstování lesů, FLD ČZU, Praha, 37.

OLESKOG, G. – LÖF, M. (2005): Ekologické a pěstební základy pro podsadby buku (*Fagus sylvatica* L.) v mateřském porostu smrku ztepilého (*Picea abies* L. Karst.). MZLU, Brno.

REMEŠ, J. – KOZEL, J. (2006): Structure, growth and increament of the stands in the course of transformation in the Klokočná Forest Range. Journal of forest science, 52: 12: 537–546.

TESAŘ, V. et al. (2004): Pěstování smrku se zřetelem k setrvalému hospodaření v lese. Lesu Zdar, 63: 15–17.

TESAŘ, V. – KRAUS, M. (2004): Přestavba smrkových monokultur na příkladových objektech u nás. Lesnická práce, 83: 6: 16–18.

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektů:

NAZV QI102A085 – Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích (2010–2014, MZE/QI)

IGA 20124355 – Vliv stanovištních podmínek (světlo – FAR, půdní vlhkost) na odrůstání a vitalitu podsadeb buku lesního (*Fagus sylvatica* [L.]) a jedle bělokoré (*Abies alba* [Mill.]) na LÚ Klokočná (2012–2012, FLD ČZU)

IGA 20134355 – Vliv stanovištních faktorů (půdní vlhkost, světlo) na odrůstání výsadeb buku lesního (*Fagus sylvatica*) na ŠLP Kostelec nad Černými lesy (2013–2013, FLD ČZU)

Adresa autorů:

Ing. JIŘÍ PROCHÁZKA; Bc. PAVEL LEVÝ; Bc. JAN KOHOUT

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů

Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol

Srovnání stavu humusových forem ve clonném a násečném postavení

Comparison of humus forms in the position of shelter and border cut for the fir regeneration

JIŘÍ REMEŠ – MARTIN FULÍN – VILÉM PODRÁZSKÝ – PAVEL UHLÍŘ

Abstrakt

Target tree species – silver fir (Abies alba [Mill.]) and European beech (Fagus sylvatica [L.]) – are planted into predominantly spruce stands in the Forest Administration Tábor. Underplantings and plantings in narrow cutting face are used. Presented study shows the state of upper soil layers in both types of habitats two years after trees planting. Results show the dynamic development of some characteristics of the upper soil layers. In particular, increased decomposition of organic matter was showed on the surface of small clear-cuts, accompanied by a decrease in the total amount of humus. Soil reaction decreases significantly in the entire monitored soil profile, which is accompanied by a decrease in the base content and saturation of the sorption complex bases and vice versa increased hydrolytic acidity in the top horizons.

***Keywords**: humus forms, underplanting, cutting face, silver fir*

Abstrakt

Dřeviny cílové druhové skladby (jedle bělokorá (*Abies alba* [Mill.]) a buk lesní (*Fagus sylvatica* [L.]) jsou vnášeny do převážně smrkových porostů na území LS Tábor. Využívány jsou podsadby a výsadby na úzké naholo vytěžené obnovní prvky (náseky). V rámci tohoto příspěvku je zhodnocen stav svrchních vrstev půdy v obou typech stanovišť 2 roky po výsadbě dřevin. Výsledky ukazují na dynamický vývoj některých charakteristik svrchních vrstev půdy. Především se projevil intenzivnější rozklad organické hmoty na ploše malé holoseče, doprovázená poklesem množství celkového nadložního humusu. Významně klesá půdní reakce v celém sledovaném profilu, což je provázeno poklesem obsahu bází a nasycením sorpčního komplexu bázemi a naopak zvýšením hydrolytické acidity ve svrchnějších horizontech.

***Klíčová slova**: humusové formy, podsadba, násek, jedle bělokorá*

ÚVOD

Humusové formy, tj. holorganické vrstvy a nejsvrchnější část minerálního půdního profilu, vykazují řadu klíčových funkcí v ekosystému lesa (GREEN et al. 1993). Jejich narušení vyvolává rychlou degradaci stanoviště (ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ 2003; PODRÁZSKÝ, KAPIČKA, KOUBA 2010), a naopak jejich obnova představuje nezbytný předpoklad opětovné revitalizace a obnovy produktivity lesa (HATLAPATKOVÁ, PODRÁZSKÝ 2011).

V nedávné minulosti byla dynamika humusových forem na okraji zájmu lesnického a ekologického výzkumu a byly studovány pouze některé aspekty vývoje půdního humusu v závislosti na lesnických aktivitách (ŠARMAN 1982, 1985, 1986; WRIGHT 1957). Rovněž tak jsou k dispozici výsledky dokládající negativní dopad některých pěstebních a melioračních opatření na stav svršku lesních půd (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2003). Až v posledních letech je věnována větší pozornost nejen lesnické pedologii jako takové, ale i vlastním humusovým formám, jejich vzniku, změnám v důsledku lesnického hospodaření, poškození i obnově na devastovaných a zalesňovaných lokalitách (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2010; SVOBODA, PODRÁZSKÝ 2005).

Vlivu vlastních pěstebních zásahů byla v českých zemích věnována poměrně malá pozornost, přesto jsou určité údaje k dispozici (PODRÁZSKÝ 2006; PODRÁZSKÝ et al. 2005, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007). Rozsah podkladů, umožňující posouzení vlivů na stav humusových forem, je však dosud nedostatečný, což může být významné například pro posouzení vlivu lesnických zásahů na bilanci živin a uhlíku, poutaných lesními ekosystémy.

Cílem prezentované studie je proto doložit stav, množství a kvalitu nadložního humusu a humusových forem obecně na stanovišti, na kterém byla jedle vnášena podsadbou do clonného postavení ve srovnání s postupem pomocí náseků s následnou výsadbou.

METODIKA A MATERIÁL

Výzkumná studie byla provedena na území LS Tábor na majetku LČR, s. p., v porostu 218A8, stanoviště je charakterizováno jako 5K8. Studované porostní skupiny byly:

- násek v porostu 2018A8, se založenou kulturou jedle bělokoré, šířka náseku byla cca 25 m, přičemž průměrná výška porostu je cca 30 m.
- podsadba jedle bělokoré v témže porostu, porost nebyl úmyslně prosvětlován, zápoj je plný, postavení výsadby je clonné. Výsadby byly provedeny v roce 2008.

Vzorky vrstev nadložního humusu (humusových forem) byly odebírány na obou lokalitách na podzim 2010 (13.10.2010) v počtu 5 opakování, holorganické horizonty (vrstvy L + F1, F2, H) byly odebírány kvantitativně pomocí železného rámečku 25 × 25 cm. Místa odběrů v náseku byla zvolena tak, aby zahrnovala jak části v blízkosti porostní stěny, tak i místa blíže středu náseku. Analýzy byly provedeny v akreditované laboratoři Tomáš podle každoročně standardizovaných metod. Bylo analyzováno:

- množství sušiny vrstev nadložního humusu (holorganické vrstvy) při konstantní hmotnosti při 105 °C,
- obsah celkových živin po mineralizaci kyselinou sírovou a selenem, množství živin bylo přepočítáno na plochu 1 ha,
- pH aktivní a výměnné v 1 N KCl,
- výměnná acidita a její složky, výměnný H a Al,
- charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah bází, H – hydrolytická acidita, T – kationová výměnná kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi),
- obsah celkového uhlíku (humusu) podle metody Springel – Klee a celkového dusíku podle Kjeldahla,
- obsah přístupných živin metodou Mehlich III a ve výluhu 1% kyselinou citronovou.

Statistické zhodnocení bylo provedeno pomocí SW S-PLUS analýzou variance. Výsledky byly testovány podle Scheffeho mnohonásobným srovnáním na 95 % hladině významnosti. Byly srovnávány horizonty se stejným charakterem.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Obecně lze předpokládat, že vytvoření úzké okrajové seče, tj. náseku, s sebou ponese větší vliv na stav humusových forem. Větší změny v tepelném a světelném režimu budou mít pravděpodobně za následek i větší změny v charakteru nadložního humusu a nejsvrchnější vrstvy minerální půdy (např. KORPEĽ et al. 1991).

Zásoba nadložního humusu opravdu podle předpokladu na ploše náseku poklesla, z průměrně 86,9 na 78,7 t.ha^{-1} ve srovnání s clonnou pozicí. Tento pokles byl doložen především ve vrstvě F (F2) a H, tedy ve více transformovaných horizontech, byl patrný, třebaže statisticky neprůkazný. Naopak – jako průkazná se jevila vyšší zásoba vrstvy L (L + F1) v násečném postavení. Tento jev lze vysvětlit jednak vyšší tvorbou opadu na ploše malé holiny s vlivem přízemní vegetace, dále pak morfologickými změnami humusu v prakticky holosečném postavení na ploše náseku – při odběru je tak pravděpodobně zahrnut větší podíl nadložního humusu do vrstvy L (resp. F1).

Tab. 1: Zásoba nadložního humusu, obsah oxidovatelného uhlíku a celkového dusíku v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 1: *The amount of surface humus, content of oxidizable carbon and total nitrogen in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	Celková hmotnost sušiny[4] [g]	[g.m^{-2}]	[t.ha^{-1}]	Oxidovatelný uhlík[5] Cox [%]	Dusík (Kjeldahl)[6] [%]
218A8	Násek[7]	L+F1	**149,3**	**2388,8**	**23,9**	32,8	1,7
		F2	122,3	1956,2	19,6	**37,1**	1,7
		H	219,9	3518,4	35,2	25,9	1,5
		Ah	480,9	7694,4	76,9	1,7	0,3
	Clona[8]	L+F1	**79,1**	**1265,3**	**12,7**	30,6	1,6
		F2	162,6	2601,9	26,0	**28,8**	1,8
		H	301,1	4817,9	48,2	25,1	1,6
		Ah	442,3	7077,1	70,8	2,1	0,3

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]total weight of dry matter, [5]oxidizable carbon, [6] total nitrogen, [7]cutting face, [8]shelter

Poznámka: Statisticky významné rozdíly mezi porostními variantami pro daný horizont jsou vyznačeny tučně ve všech tabulkách.

Note: Statistically significant differences between stand variants for a given horizon are bold in all tables.

V holorganických horizontech na lokalitě náseku je vesměs vyšší obsah celkového (oxidovatelného uhlíku – humusu), v minerálním horizontu je tomu naopak. To může indikovat intenzivnější rozklad organické hmoty na malé holé ploše. Obsah celkového dusíku je dosti vyrovnaný a nenaznačuje žádný výrazný trend (Tab. 1).

Tab. 2: Půdní reakce a stav půdního sorpčního komplexu v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 2: *Soil reaction and state of soil adsorption complex in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	pH(H_2O)	pH(KCl)	S[4] [mval/100g]	T–S[5] [mval/100g]	T[6] [mval/100g]	V[7] (%)
218A8	Násek[8]	L+F1	**3,9**	**3,3**	15,6	35,7	51,3	29,6
		F2	**3,4**	**3,0**	16,3	52,9	69,2	23,6
		H	3,5	3,0	9,1	60,3	69,4	12,9
		Ah	**3,4**	**3,0**	4,2	**23,7**	**27,9**	14,9
	Clona[9]	L+F1	**4,6**	**3,8**	16,9	30,9	47,9	36,4
		F2	**4,0**	**3,2**	19,0	51,0	70,0	27,6
		H	3,6	3,0	9,2	65,9	75,2	11,4
		Ah	**4,3**	**3,5**	2,7	**17,3**	**20,0**	13,2

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]base content, [5]hydrolytic acidity, [6]cation exchange capacity, [7]base saturation, [8]cutting face, [9]shelter

S výjimkou horizontu H je půdní reakce vesměs statisticky významně vyšší v půdních horizontech ve clonném postavení. Rychlejší mineralizace na plošce holiny vede zřejmě k výraznému okyselení stanoviště. Tomu však odpovídá jen zčásti stav půdního sorpčního komplexu, v holorganických horizontech je snížen obsah bází, v horizontech L a F je zvýšena hydrolytická acidita a sníženo nasycení sorpčního komplexu bázemi. Statisticky významné je pouze zvýšení hydrolytické acidity na ploše náseku v minerální zemině (Tab. 2).

Tab. 3: Stav výměnné acidity v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 3: *State of exchangeable acidity in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	Výměnná titrační acidita [mval/kg][4]	Výměnný H^+ [mval/kg][5]	Výměnný Al^{3+} [mval/kg][6]
218A8	Násek[7]	L+F1	57,5	14,60	42,9
		F2	54,1	8,26	45,8
		H	**70,2**	3,44	66,8
		Ah	**71,4**	0,03	71,4
	Clona8	L+F1	32,5	1,92	30,6
		F2	45,4	4,68	40,7
		H	**88,0**	2,80	85,2
		Ah	**99,2**	0,72	98,5

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]exchangeable acidity, [5]exchangeable H^+, [6]exchangeable Al^{3+}, [7]cutting face, [8]shelter

Vyššímu stupni rozkladu a produkci organických kyselin v substrátu odpovídá ve svrchních dvou horizontech i zvýšená výměnná acidita (Tab. 3). Výrazné, i když díky značné variabilitě hodnot neprůkazné je relativní navýšení obsahu výměnného uhlíku. V hlubších horizontech je naopak patrná tendence vyšších charakteristik výměnné acidity ve clonné pozici.

Tab. 4: Obsah celkových živin v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 4: *Total content of nutrients in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]
218A8	Násek[4]	L+F1	1,66	**0,07**	0,15	**0,080**	0,040
		F2	1,76	**0,07**	0,17	0,092	0,026
		H	1,58	0,10	0,50	0,026	0,008
	Clona[5]	L+F1	1,66	**0,10**	0,30	**0,144**	0,039
		F2	1,80	**0,11**	0,24	0,060	0,039
		H	1,60	0,10	0,54	0,018	0,006

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]cutting face, [5]shelter

Tab. 4 dokládá rozdíly v obsahu živin v celkové formě. Obsah celkového dusíku zjištěný v rámci této metody byl prakticky totožný, což souhlasí s obsahem celkového dusíku stanoveného Kjeldahlovou metodou. Obsah celkového fosforu, jako značně stabilní živiny, byl stejný v horizontu H, jinak významně poklesl na ploše náseku v ostatních vrstvách. Obsah celkového draslíku jevil podobnou tendenci, ale statisticky neprůkaznou. Naproti tomu obsah celkového vápníku na ploše náseku poklesl (významně) pouze ve nejsvrchnějším horizontu, hlouběji v holorganickém profilu jevil spíše trend vzestupu. Obsah přístupného hořčíku byl podobný ve vrstvě opadu, poklesl ve vrstvě F2 a vzrostl ve vrstvě H. Celkově se zdá, že obsah celkových živin na ploše náseku klesal ve svrchnějších a rostl v hlubších horizontech.

Tab. 5: Obsah přístupných živin podle metody Mehlich III v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 5: *Content of available nutrients according to Mehlich III method in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	Mehlich III			
			P [mg/kg]	K [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Mg [mg/kg]
218A8	Násek[4]	L+F1	**30,8**	**286**	2 140,8	230,8
		F2	27,6	266,8	2 021,6	279,6
		H	**44,0**	262,0	**1 454,0**	216,0
		Ah	**26,0**	130,4	**407,4**	**74,8**
	Clona[5]	L+F1	**49,6**	**960,8**	1 904,8	222,8
		F2	38,8	542,0	1 926,8	315,2
		H	**27,6**	407,6	**1 110,0**	234,4
		Ah	**1,6**	128,0	**296,6**	**62,4**

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]cutting face, [5]shelter

Tab. 6: Obsah přístupných živin ve výluhu kyselinou citrónovou v jednotlivých horizontech srovnávaných stanovišť.

Tab. 6: *Content of available nutrients in the extract of citric acid in particular horizons of compared sites.*

Porost[1]	Varianta[2]	Horizont[3]	Kyselina citronová[4]				
			P_2O_5 [mg/kg]	K_2O (mg/kg)	CaO [mg/kg]	MgO [mg/kg]	Fe_2O_3 [mg/kg]
218A8	Násek[5]	L+F1	**165,3**	**159,2**	2490,7	370,7	291,4
		F2	122,7	**119,7**	1962,7	397,9	393,8
		H	225,3	175,7	1306,7	314,1	957,5
		Ah	**181,1**	76,3	**229,3**	94,0	2116,5
	Clona[6]	L+F1	**340,5**	**542,1**	2709,3	442,7	280,2
		F2	279,7	**321,9**	2074,7	453,3	348,8
		H	192,0	290,4	1104,0	392,0	1270,8
		Ah	**99,5**	56,5	**132,0**	116,8	2442,4

[1]stand, [2]variant, [3]horizon, [4]citric acid, [5]cutting face, [6]shelter

Obsah přístupného fosforu vykazoval na ploše náseku ve vztahu k clonné ploše pokles ve vrstvách L a F, hlouběji byl patrný naopak nárůst přístupného P. Změny byly až na výjimky statisticky průkazné a velmi výrazné. Podobně výrazný a průkazný pokles byl zaznamenán v případě celkového draslíku v celém holorganickém profilu. Naopak minerální zemina zaznamenala podobné hodnoty, nebo mírný nárůst na náseku (citrátový výluh). Obsah přístupného vápníku podle metody Mehlich III klesal, ve spodních horizontech (H a Ah) průkazně, v citrátovém výluhu je významný pokles zaznamenán až v organominerálním horizontu. Ve svrchních horizontech, podle obou metod, je obsah přístupné formy tohoto makroelementu prakticky stejný. V citrátovém výluhu klesal obsah přístupného draslíku na ploše náseku neprůkazně v celém sledovaném profilu, podle metody Mehlich III pouze v holorganických vrstvách a v minerální zemině byl naopak zaznamenán významný vzestup. Celkově tak výsledky šetření naznačují patrné změny po vytvoření náseků ve srovnání s clonnou plochou.

ZÁVĚRY

- Vytváření náseků se zdá mít za důsledek patrné změny půdních charakteristik ve srovnání s clonným postavením. Jeví se značná pravděpodobnost intenzivnějšího rozkladu na ploše malé holoseče, doprovázená poklesem množství celkového nadložního humusu a zahrnutím větší části částečně rozloženého horizontu L + F1.
- Ve svrchních horizontech je zvýšená mineralizace patrná jako průkazné zvýšení obsahu celkového uhlíku (humusu), dynamika celkového dusíku zatím nedoznala průkazné kvantitativní změny.
- Významně klesá půdní reakce v celém sledovaném profilu, to je provázeno poklesem obsahu bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi a naopak zvýšením hydrolytické acidity ve svrchnějších horizontech. Hlouběji jsou tyto trendy spíše opačné.
- Také výměnná acidita ve svrchních horizontech (L a F) neprůkazně roste, hlouběji pak průkazně klesá, což souvisí především s dynamikou výměnného hliníku. Obsah

výměnného vodíku v holorganických horizontech vesměs výrazně, i když neprůkazně roste jako důsledek vyšší mineralizace organické hmoty.

- Obsah přístupných i celkových bází na ploše náseku (ve vztahu ke clonné pozici) vesměs ve svrchních horizontech spíše klesá (vrstvy L a F), hlouběji (vrstvy H a Ah) jeví spíše tendenci vzestupu.
- Celkově se ve svrchních půdních horizontech na ploše náseku ve srovnání s clonnou sečí prokazuje spíše zvýšení mineralizace a přesun živin do hlubších půdních horizontů. Změny jsou dosti výrazné, často průkazné, nepředstavují ale zřejmě dosud nějaké výrazné ohrožení trvale udržitelné půdní úrodnosti a ohrožení stanoviště, přes značné relativní změny půdních charakteristik.

Poděkování

Publikace vznikla v rámci řešení projektu NAZV QI102A085 (Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiversity v hospodářských lesích).

LITERATURA

GREEN, R. N. – TROWBRIDGE, R. L. – KLINKA, K. (1993): Towards a taxonomic classification of humus forms. Forest Science, 39, Monograph Nr. 29, Supplement to Nr. 1: 1–49.

HATLAPATKOVÁ, L. – PODRÁZSKÝ, V. (2011): Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 3: 228–234.

KORPEĽ, Š. – PEŇÁZ, J. – SANIGA, M. – TESAŘ, V. (1991): Pestovanie lesa. Príroda, Bratislava, 472 s.

PODRÁZSKÝ, V. (2006): Effects of thinning regime on the humus form state. Ekológia (Bratislava), 25: 298–305.

PODRÁZSKÝ, V. – KAPIČKA, A. – KOUBA, M. (2010): Restoration of forest soils after bulldozer site preparation in the Ore mountains over 20 years development. Ekológia (Bratislava), 29: 3: 281–289.

PODRÁZSKÝ, V. – NOVÁK, J. – MOSER, W. K. (2005): Vliv výchovných zásahů na množství a charakter nadložního humusu v horském smrkovém porostu. Zprávy lesnického výzkumu, 50: 9–12.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2010): Vliv druhové skladby lesních porostů na stav humusových forem na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. Zprávy lesnického výzkumu 55: 2: 71–77.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. (2007): Změny kvality a množství nadložního humusu při přirozeném zmlazení bukových porostů na území Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 39–43.

PODRÁZSKÝ, V. – ULBRICHOVÁ, I. (2003): Surface liming of immission clear-cuts: benefits and risks. Ekológia/Ecology, 22: Supl. 1: 277–283.

SVOBODA, M. – PODRÁZSKÝ, V. (2005): Forest decline and pedobiological characteristics of humus forms in the Šumava National Park. Journal of Forest Science 51: 4: 141–146.

ULBRICHOVÁ, I. – PODRÁZSKÝ, V. (2003): Mechanised site preparation and restoration of degraded site. Ekológia/Ecology 22: Supl. 1: 388–391.

ŠARMAN, J. (1982): Vliv probírky na povrchový humus ve smrkovém porostu. Lesnictví – Journal of Forest Science, 28: 1: 31–42.

ŠARMAN, J. (1985): Vliv probírky na humusový profil v bukovém porostu. Lesnictví – Journal of Forest Science, 31: 4: 341–349.

ŠARMAN, J. (1986): Vliv různé intenzity prořezávky v dubové mlazině na některé půdní vlastnosti. Lesnictví – Journal of Forest Science, 32: 7: 637–644.

WRIGHT, T. W. (1957): Some effects of thinning on soil of a Norway Spruce plantation. Forestry, 30: 2: 123–133.

Adresa autorů

doc. Ing. JIŘÍ REMEŠ, Ph.D.
Ing. MARTIN FULÍN
prof. Ing. VILÉM PODRÁZSKÝ, CSc.
Ing. PAVEL UHLÍŘ
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů
Kamýcká 1176
165 21 Praha 6 – Suchdol

Vplyv rastového substrátu, mykorizácie a hnojenia na biometrickú a fyziologickú kvalitu dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného

Effects of substrate, mycorrhization and fertilization on biometric and physiological quality of two-year-old container-grown Norway spruce seedlings

IVAN REPÁČ – JAROSLAV VENCURIK – MIROSLAV BALANDA

Abstract

Norway spruce seedlings were grown under greenhouse in Lännen Plantek F containers in three nursery substrates (Gramoflor, Agro CS and Litva), inoculated at the time of sowing with commercial mycorrhizal products Ectovit and Mycorrhizaroots (or non-inoculated), at two fertilization and irrigation regimes (N-P-K fertilized and non-fertilized with limited irrigation). Substrates Agro CS and Gramoflor were nutrient-enriched, Litva non-enriched. Seedlings in all treatments were equally fertilized and irrigated after removing the greenhouse foliage (in the half of the first growing season). Growth and physiological state of seedlings were evaluated after the second growing season. Growth parameters of seedlings grown in enriched substrates were significantly higher than those in non-enriched one. Product Ectovit significantly stimulated seedling growth in non-enriched substrate Litva and positively affected nutrients content in needles of non-fertilized seedlings. Fertilization under greenhouse did not increase growth of 2-year-old seedlings, however, increased nutrients content in seedlings, especially on non-enriched substrate. Parameters of chlorophyll a fluorescence were higher (significantly just in one parameter) in enriched substrates than in non-enriched one; products and fertilization had no effect on these parameters. Chemical analysis of substrates confirmed higher nutrient content in nutrient-enriched than non-enriched substrate and higher P and K contents in fertilized than non-fertilized substrates.

Keywords: *container-grown seedlings, fertilization, growth substrate, mycorrhization, Norway spruce*

Abstrakt

Semenáčiky smreka obyčajného boli pestované pod fóliovým krytom v obaloch Lännen Plantek F v troch substrátoch (Gramoflor, Agro CS a Litva), inokulovaných v čase výsevu komerčnými mykoríznymi prípravkami Ectovit a Mycorrhizaroots, alebo neinokulovaných (kontrola), pri dvoch režimoch hnojenia a závlahy (hnojené N-P-K a nehnojené s úspornou závlahou). Substráty Agro CS a Gramoflor boli obohatené živinami, Litva neprihnojená. Po odstránení fólie (v polovici 1. vegetačného obdobia) boli na všetky semenáčiky aplikované rovnaké závlahové a hnojivé dávky. Po druhom vegetačnom období boli hodnotené rast a fyziologický stav semenáčikov. Semenáčiky pestované v obohatených substrátoch dosiahli významne vyššie rastové parametre než v neobohatenom. Aplikácia prípravku Ectovit stimulovala významne rast

semenáčikov v neobohatenom substráte Litva, mala tiež pozitívny účinok na obsah živín v ihliciach nehnojených semenáčikov. Hnojenie pod krytom neviedlo k zvýšeniu rastových parametrov 2ročných semenáčikov, zvýšilo však obsah živín v ihliciach, zvlášť v neobohatenom substráte. Parametre fluorescencie chlorofylu *a* dosiahli vyššie hodnoty (významné len v jednom parametri) v obohatených substrátoch, než v neobohatenom; prípravky a hnojenie nemali vplyv na tieto parametre. Chemická analýza substrátov potvrdila zvýšený obsah živín v obohatenom substráte než neobohatenom, a fosforu a draslíka v hnojených substrátoch oproti nehnojeným.

Kľúčové slová: *krytokorenné semenáčiky, hnojenie, substrát, mykorizácia, smrek obyčajný*

ÚVOD

Prvotnou príčinou úhynu sadeníc po výsadbe je vo väčšine prípadov nedostatočný príjem vody a živín z pôdy. Popri použití kvalitného sadbového materiálu a dôslednom dodržiavaní techniky výsadby, jednou z najúčinnejších a najspoľahlivejších možností eliminácie tejto skutočnosti je použitie krytokorenného sadbového materiálu. Rôznymi aspektmi pestovania krytokorenného materiálu a jeho intenzifikácie sa zaoberalo viacero autorov (MAUER 1999; JURÁSEK et al. 2006; REPÁČ et al. 2011a). Technológia pestovania krytokorenného materiálu v SR je v zhode so súčasným globálnym trendom v porovnateľných podmienkach – pestovanie výsadbyschopných semenáčikov pod krytmi pri intenzívnom režime hnojenia. Vzhľadom na podmienky prostredia výsadbových plôch je však v SR podiel krytokorenného sadbového materiálu použitého na výsadbu nedostatočný.

Práce mnohých autorov potvrdili pozitívny účinok užitočných mikroorganizmov, zvlášť ektomykoríznych (EKM) húb (RINCÓN et al. 2007) a nesymbiotických pôdnych baktérií (ENEBAK, CAREY 2004) na zdravotný stav, odolnosť proti extrémom prostredia, adaptabilitu alebo rast sadbového materiálu. Sústreďovaním produkcie semenáčikov na umelé substráty v prostredí krytov a nadmerným používaním hnojív a pesticídov je možnosť prirodzenej kolonizácie rastových substrátov užitočnými mikroorganizmami obmedzená. Zabezpečiť prítomnosť užitočných mikroorganizmov je možné inokuláciou substrátu týmito mikroorganizmami. V ostatných rokoch boli u nás testované komerčné bakteriálne a hubové prípravky, s variabilnými účinkami na inokulovaný materiál (TUČEKOVÁ 2007; SARVAŠOVÁ 2009; REPÁČ et al. 2011b, 2013; VENCURIK et al. 2012).

Medzi obligátne ektotrofné dreviny (existenčne závislé na symbióze s EKM hubami) patrí aj smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.), (GÁPER, MIHÁL 2008). Smrek je v súčasnosti v centre pozornosti pre jeho nadmerné poškodenie a nenahraditeľné postavenie vo vyšších polohách, zostane našou najrozšírenejšou ihličnatou drevinou. Jeho obnova je vo veľkom rozsahu zabezpečovaná umelo, v lesných škôlkach je produkované veľké množstvo reprodukčného materiálu. Hodnotením vplyvu rastového substrátu na vývin semenáčikov smreka obyčajného sa zaoberali napr. SLÁVIK (2005); REPÁČ (2007); HEISKANEN (2013). Účinkom hnojenia na semenáčiky smreka, ale ani iných lesných drevín, nie je u nás venovaná dostatočná pozornosť; naopak v zahraničí bolo publikovaných mnoho prác zaoberajúcich sa touto problematikou, vrátane interakcie hnojenia a mykorizácie (KHASA et al. 2001; RINCÓN et al. 2007).

V roku 2011 sme v zborníku vedeckých prác vydanom VÚLHM Strnady, VS Opočno prezentovali výsledky hodnotenia účinkov vybraných rastových substrátov, aplikácie komerčných mykoríznych prípravkov a režimu hnojenia na rastové parametre jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných pod krytom (REPÁČ et al. 2011a). Cieľom tejto práce je hodnotenie vplyvu uvedených faktorov po druhom roku pestovania semenáčikov na úložisku (nekrytej ploche), pričom popri hodnotení rastu semenáčikov boli hodnotené aj ich vybrané fyziologické parametre a chemizmus substrátov.

MATERIÁL A METODIKA

Experiment sa uskutočnil v škôlkárskom stredisku Jochy (nadmorská výška 830 m), organizačne začlenenom do lesného závodu Semenoles, Lesy SR, š. p. Pre pestovanie krytokorenných semenáčikov boli použité sadbovače Lännen Plantek-F 81 (385 × 385 × 73 mm). Sadbovač tvorí 81 (9 × 9) buniek, každá o rozmere 41 × 41 (vrchný horizontálny prierez) × 73 mm (výška), objem 85 cm^3. Semenáčiky boli pestované v troch substrátoch inokulovaných komerčnými prípravkami Ectovit (Symbio-m, ČR) a Mycorrhizaroots (Engo, SR), alebo neinokulovaných (kontrola) a pri dvoch režimoch hnojenia a závlahy. Experiment pozostával z 3 (substrát) × 3 (prípravok) × 2 (hnojenie+závlaha) = 18 kombinácií sledovaných účinkov. Boli použité substráty Agro CS (Agro CS, ČR), Gramoflor (Gramoflor, Nemecko) a Litovský substrát (Litva). Hlavným komponentom všetkých substrátov je rašelina. Substráty Agro a Gramoflor boli obohatené živinami, Litva neprihnojená.

Ectovit obsahuje mycélium štyroch druhov ektomykoríznych (EKM) húb (*Cenococcum geophilum, Hebeloma velutipes, Laccaria proxima* a *Paxillus involutus*) a spóry dvoch druhov EKM húb (*Pisolithus arrhizus* a *Scleroderma citrinum*). Ectovit bol aplikovaný vo forme kašovitej zmesi, ktorá bola pripravená zmiešaním suchej zložky (obsahujúcej granule absorpčného gélu), hubového mycélia a primeraného množstva vody. Prípravok bol premiešaný so substrátmi v objemovom pomere 1 : 5 a zmesou boli naplnené sadbovače. Dávka hubového mycélia bola 0,32 ml na jednu bunku sadbovača. Mycorrhizaroots obsahuje spóry endo a EKM húb (2–3 %), kyselinu humínovú (29 %), výťažok morských rias (18 %), vitamín C (12 %), aminokyseliny (8,5 %), vitamín B1 (2 %) a vitamín E (1 %). Producent udáva spóry EKM húb *Pisolithus arhizus* a rodov *Rhizopogon, Scleroderma* a *Laccaria.* Prípravok bol aplikovaný vo forme zálievky substrátu (0,8 g do 1,4 l vody.m^{-2}) bezprostredne pred výsevom a ešte raz počas vegetačného obdobia (v júli).

Sadbovače boli naplnené substrátom ručne. Na výsev bolo použité semeno smreka obyčajného, zber v roku 2009, evidenčný kód pab215LM142 (semenný zdroj uznaný porast kat. B, semenárska oblasť fatransko-tatranská, 5. lesný vegetačný stupeň), číslo potvrdenia o pôvode SK-1049/2010. Výsevovým mechanizmom linky Lännen bolo do každej bunky sadbovača vysiate jedno semeno a zasypané tenkou vrstvou perlitu. Usporiadanie experimentu bolo v kompletných znáhodnených blokoch. V každej kombinácii substrátu (3), prípravku (3) a režimu hnojenia (2) založenej v troch opakovaniach (blokoch) bolo semeno vysiate do troch sadbovačov, spolu v celom experimente do 162 sadbovačov (× 81 buniek) a 13122 buniek. Sadbovače boli umiestnené na rámy nad povrch záhonov (tzv. vzduchový vankúš) pod polyetylénový kryt. Polovica výsevov a neskôr semenáčikov z každej kombinácie substrátu a prípravku bola zavlažovaná podľa potreby (1–2 krát za deň) pre udržanie 60–70 % vlhkosti substrátu a semenáčiky hnojené hnojivom Superex (Kekkilä,

Fínsko), počnúc 3 týždne po vzídení semenáčikov nasledujúce 3 týždne v koncentrácii 0,3 % a ďalších 8 týždňov v koncentrácii 0,45 %. Hnojivo obsahovalo N 19 %, P 4 %, K 20 % a mikroživiny Mg, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, S. Druhá polovica semenáčikov bola zavlažovaná dvomi tretinami z plnej závlahovej dávky a nebola hnojená. Fólia bola odstránená po ôsmich týždňoch od vzídenia semenáčikov. Podrobný opis materiálu, založenia, priebehu a hodnotenia experimentu v prvom vegetačnom období je uvedený v práci REPÁČA et al. (2011a).

Po 1. vegetačnom období boli sadbovače so semenáčikmi premiestnené na úložisko (otužovaciu plochu) a zazimované. V druhom vegetačnom období boli semenáčiky v čase nedostatku prirodzených zrážok podľa potreby zavlažované a prihnojované hnojivom Superex (koncentrácia 2 %). Pesticídy neboli použité. Po skončení 2. vegetačného obdobia bolo z každej kombinácie sledovaných účinkov a každého bloku náhodne odobratých 10 semenáčikov, spolu 540 semenáčikov na hodnotenie. Na každom semenáčiku bola meraná výška stonky a hrúbka v koreňovom krčku, zisťovala sa hmotnosť sušiny nadzemnej časti, koreňovej sústavy a celková hmotnosť semenáčikov. Na ihliciach bola v auguste v druhom vegetačnom období meraná fluorescencia chlorofylu prístrojom PEA (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Ltd., Kings Lynn, UK) po 30minútovej dobe adaptácie na tmu, pri nasycujúcom svetle (2100 µmol $m^{-2}.s^{-1}$) trvajúcom 1 sekundu (parametre F0, Fm, Fv, Fv/Fm, Tm, Area), (DITMAROVÁ et al. 2010). Vzorky na chemické analýzy substrátov (Agro CS, Litva) a asimilačného aparátu boli odobraté po druhom vegetačnom období a spracované v laboratóriu Národného lesníckeho centra vo Zvolene. Chemické rozbory boli robené len z jednej zmiešanej vzorky pre každú kombináciu sledovaných faktorov. Po 2. vegetačnom období bola hodnotená aj morfológia a rozsah ektomykoríz na koreňových sústavách a odobraté vzorky ektomykoríz pre identifikáciu húb molekulárnymi metódami. Hodnotenie ektomykoríz nie je prezentované v tejto práci. Namerané biometrické a fyziologické hodnoty boli spracované trojfaktorovou analýzou rozptylu (substrát, prípravok, hnojenie) a významnosť rozdielov priemerných hodnôt posúdená Tukeyovým testom ($P \leq 0{,}05$). Výpočty boli urobené na PC v programe SAS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hodnotenie rastu jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných pod PEK po prvom vegetačnom období ukázalo pozitívny, štatisticky významný ($P \leq 0{,}05$) vplyv hnojenia a závlahy na dosiahnuté hodnoty všetkých sledovaných biometrických ukazovateľov, s výnimkou hrúbky koreňového krčka (REPÁČ et al. 2011a). Rast jednoročných semenáčikov ovplyvnil významne tiež použitý druh substrátu. Na neobohatenom substráte Litva dosahovali semenáčiky priemerne len 50 % hmotnosti sušiny semenáčikov na substrátoch Gramoflor a Agro CS. Substrát ovplyvňoval rast semenáčikov štatisticky významne ($P \leq 0{,}05$) aj v druhom vegetačnom období (Tab. 1). Najnižšie hodnoty meraných biometrických ukazovateľov boli zaznamenané na neprihnojenom substráte Litva. V prípade hmotnosti sušiny nadzemnej časti a celkovej hmotnosti sušiny semenáčikov boli štatisticky významné rozdiely zistené aj medzi substrátmi Agro CS a Gramoflor, v prospech Agro CS. Napriek konštatovaniu viacerých autorov o pozitívnom vplyve hnojenia na rast semenáčikov rôznych drevín (KHASA et al. 2001; VAARIO et al. 2009) sa v našom experimente významný vplyv hnojenia pod krytom v prvom vegetačnom období na rastové parametre dvojročných smrekových semenáčikov nepotvrdil. Rozhodujúci vplyv na rast

semenáčikov malo predovšetkým zloženie samotného substrátu (typ rašeliny, obsah živín, komponenty a prísady a iné).

Tab. 1: Priemerné hodnoty rastových parametrov (priemer ± stredná chyba) dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných v rôznych substrátoch inokulovaných mykoríznymi prípravkami.

Tab. 1: *Mean values (mean ± standard error) of growth parameters of 2-year-old containerized Norway spruce seedlings grown in different substrates inoculated with mycorrhizal products.*

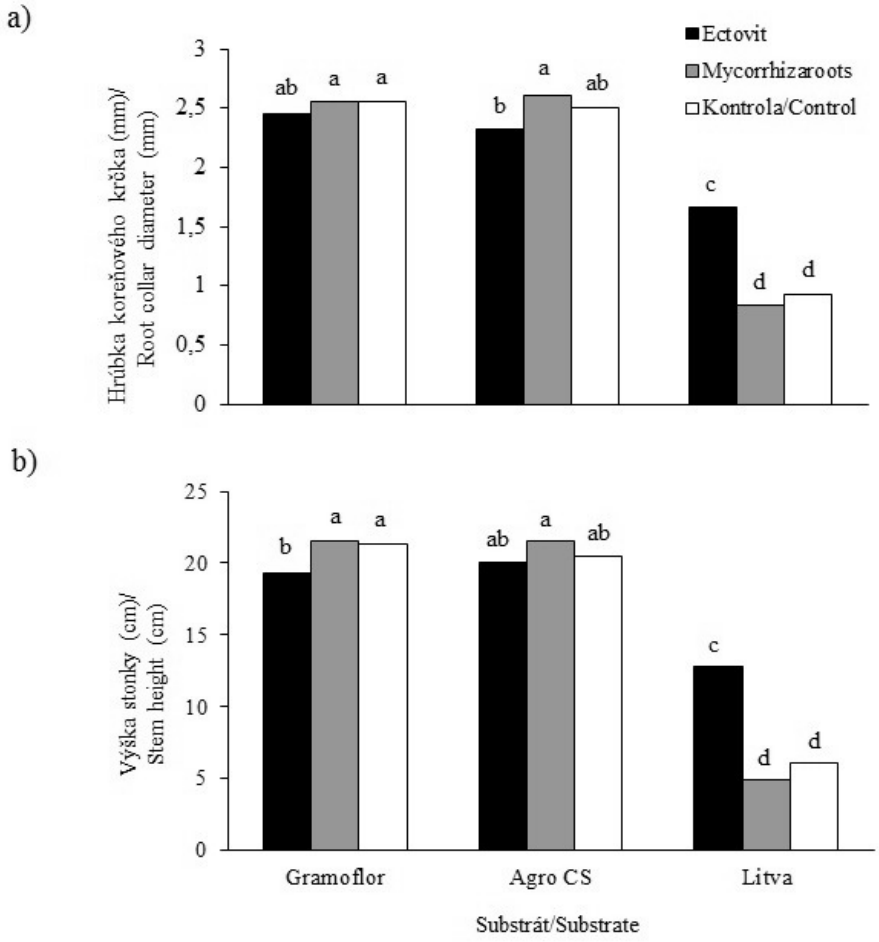
	Hrúbka koreň. krčka[1] [mm]	Výška stonky[2] [cm]	Hmotnosť sušiny nadzem. časti[3] [mg]	Hmotnosť sušiny koreňov[4] [mg]	Hmotnosť sušiny celkom[5] [mg]
Hnojenie[6]					
Hnojené[7]	2,06 ± 0,04	16,03 ± 0,45	1 302 ± 50	716 ± 27	2 018 ± 74
Bez hnojenia[8]	2,02 ± 0,06	16,74 ± 0,54	1 480 ± 72	714 ± 34	2 193 ± 103
Substrát[9]					
Gramoflor	2,52 ± 0,04a	20,73 ± 0,44a	1 798 ± 65b	910 ± 32a	2 708 ± 92b
Agro CS	2,47 ± 0,04a	20,67 ± 0,30a	1 962 ± 52a	960 ± 28a	2 922 ± 74a
Litva	1,13 ± 0,04b	7,87 ± 0,36b	423 ± 41c	279 ± 24b	703 ± 64c
Prípravok[10]					
Ectovit	2,14 ± 0,05	17,31 ± 0,43	1 509 ± 60	816 ± 35a	2 326 ± 92
Mycorrhizaroots	1,99 ± 0,08	15,92 ± 0,70	1 281 ± 81	694 ± 42ab	1 976 ± 120
Kontrola[11]	1,99 ± 0,07	15,93 ± 0,65	1 382 ± 84	634 ± 33b	2 018 ± 115

[1]root collar diameter, [2]stem height, [3]top dry weight, [4]root dry weight, [5]total dry weight, [6]fertilization, [7] with fertilization, [8]without fertilization, [9]substrate, [10]product, [11]control

Aplikácia hubového prípravku Mycorrhizaroots do rastového substrátu v našom experimente neovplyvnila štatisticky významne rast jednoročných (REPÁČ et al. 2011a) a ani dvojročných semenáčikov (Tab. 1). Naopak, bol zistený pozitívny, významný ($P \leq 0{,}05$) vplyv prípravku Ectovit na rastové procesy. Po prvom vegetačnom období boli parametre semenáčikov inokulovaných Ectovitom väčšie v priemere o 11 % (porovnanie s kontrolným variantom), resp. o 16 % (porovnanie s prípravkom Mycorrhizaroots). V druhom vegetačnom období sa rozdiely medzi Ectovitom a prípravkom Mycorrhizaroots a neinokulovanými semenáčikmi zmiernili. Semenáčiky s aplikáciou Ectovitu síce dosahovali najlepšie parametre, ale ako štatisticky významný ($P \leq 0{,}05$) bol zaznamenaný len rozdiel v hmotnosti koreňovej sústavy medzi Ectovitom (816 mg) a kontrolou (614 mg).

V prípade hrúbky koreňového krčka a výšky semenáčikov bola zistená v oboch vegetačných obdobiach štatisticky významná ($P \leq 0{,}05$) interakcia medzi substrátom a aplikovanými prípravkami. Po prvom vegetačnom období mali semenáčiky rastúce na substráte Litva inokulovanom Ectovitom významne väčšie hrúbky ako neinokulované semenáčiky a inokulované prípravkom Mycorrhizaroots; pri výške bol zistený významný rozdiel len medzi semenáčikmi s Ectovitom a prípravkom Mycorrhizaroots (REPÁČ et al. 2011a). Po druhom vegetačnom období v substráte Litva inokulovanom Ectovitom semenáčiky dosahovali významne lepší hrúbkový a výškový rast než kontrolné a inokulované Mykorrhizaroots (Obr. 1a, b). Opačný trend bol však zaznamenaný na substrátoch Gramoflor a Agro CS, kde semenáčiky inokulované Ectovitom mali významne nižšiu hrúbku koreňového krčka (Agro CS) než inokulované Mycorrhizaroots a výšku stonky (Gramoflor) v porovnaní s Mycorrhizaroots a kontrolou. Mierne negatívny účinok prípravkov Ectovit a Ectorize na rast voľnokorenných semenáčikov borovice lesnej

konštatujú tiež REPÁČ et al. (2010). Pri smreku obyčajnom bol v experimentoch s inokuláciou krytokorenných semenáčikov zaznamenaný tiež nižší podiel mykoríz v porovnaní s voľnokorennými semenáčikmi (REPÁČ et al. 2013), čo je podľa KROPPA a LANGLOISA (1990) dôsledok ideálnych podmienok pre rast semenáčikov a následne menšej potreby premeny korienkov na mykorízy. Naše výsledky naznačujú, že pozitívny vplyv Ectovitu sa prejavuje predovšetkým na živinovo slabo zásobených substrátoch. Je však otázne, či tento účinok je spôsobený hlavne prítomnými ektomykoríznymi hubami (mycélium, spóry), alebo samotnou gélovou konzistenciou a zložením prípravku Ectovit.



Obr. 1a, b: Hrúbka koreňového krčka a výška dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného na rôznych substrátoch inokulovaných komerčnými hubovými prípravkami Ectovit a Mycorrhizaroots. Odlišné písmená označujú štatisticky rozdielne hodnoty medzi kombináciami substrátov a hubových prípravkov ($P \leq 0{,}05$).

Fig. 1a, b: *Root collar diameter and stem height of 2-year-old containerized Norway spruce seedlings in different substrates inoculated with fungal commercial products Ectovit and Mycorrhizaroots. Different letters indicate statistically different values between substrates and fungal products combinations ($P \leq 0.05$).*

Chemická analýza substrátov pri kombináciách variantov obsahujúcich Agro CS potvrdila v porovnaní s Litvou zvýšenú koncentráciu Ca, Mg a naopak nižšiu koncentráciu C a N (Tab. 2). Aplikované prípravky (Ectovit, Mycorrhizaroots) ovplyvnili výraznejšie len obsah P, K, Ca a Mg v nehnojenom substráte Agro CS (cca o 20 až 60 % vyššia koncentrácia prvkov pri hubových prípravkoch v porovnaní s kontrolou). Pozitívny vplyv hnojenia pod krytom v prvom vegetačnom období sa prejavil predovšetkým zvýšením koncentrácie P a K v substrátoch.

Tab. 2: Chemická analýza substrátov Agro CS a Litva inokulovaných prípravkami Ectovit a Mycorrhizaroots po dvoch rokoch pestovania semenáčikov smreka obyčajného

Tab. 2: *Chemical analysis of substrates Agro CS and Litva inoculated with products Ectovit and Mycorrhizaroots after two years of Norway spruce seedlings growing*

	Sušina[1] [%]	pH(H_2O)	C [%]	N [%]	P [mg.kg^{-1}]	K [mg.kg^{-1}]	Ca [mg.kg^{-1}]	Mg [mg.kg^{-1}]
A×ECT+	89,51	4,32	37,10	0,87	57,90	1 376	3 894	1 391
A×ECT−	89,82	4,29	35,20	0,90	45,30	1 163	4 383	1 490
A×MYC+	89,43	4,35	33,50	0,82	53,60	1 294	4 295	1 514
A×MYC−	89,64	4,31	36,05	0,85	45,40	1 153	4 258	1 467
A×KO+	89,22	4,34	36,80	0,83	44,80	1 362	4 670	1 605
A×KO−	89,70	4,19	36,40	0,88	36,10	479	2 276	964
L×ECT+	88,11	3,64	43,60	1,17	64,50	1 830	2 361	694
L×ECT−	88,36	3,63	46,10	1,02	36,60	994	2 383	643
L×MYC+	88,27	3,33	45,50	1,00	67,30	1 466	1 492	616
L×MYC−	88,15	3,15	46,60	0,93	26,50	802	1 653	584
L×KO+	88,31	3,60	44,70	0,97	72,40	1 599	1 519	620
L×KO−	88,26	3,36	46,90	0,95	48,60	1 233	1 648	640

(A) Agro CS, (L) Litva, (ECT) Ectovit, (MYC) Mycorrhizaroots, (KO) kontrola (control), (+) hnojené (fertilized), (–) nehnojené (non-fertilized), [1]dry matter

Podľa BERGMANNA (1988) dostatočný obsah dusíka v ihliciach smreka obyčajného sa pohybuje v rozmedzí 1,35–1,70 %, fosforu 1 300–2 500 mg.kg^{-1}, draslíka 5 000–12 000 mg.kg^{-1}, vápnika 3 500–8 000 mg.kg^{-1} a horčíka v rozsahu 1 000–2 500 mg.kg^{-1}. Obsah P, K, a Mg pod minimálnou odporúčanou hodnotou v ihliciach dvojročných semenáčikov v našom experimente bol zaznamenaný pri nehnojenom substráte Litva s aplikáciou prípravku Mycorrhizaroots a v kontrolnom variante, v prípade Ca aj vo variantoch (hnojený, nehnojený) s Ectovitom (Tab. 3). Podlimitný vo väčšine prípadov bol aj obsah N. V experimente REPÁČA et al. (2011b), v ktorom sa hodnotil vplyv rôznych mikrobiálnych prípravkov na zakoreňovanie odrezkov smreka obyčajného, mala aplikácia Ectovitu v porovnaní s inými prípravkami za následok zvýšenú koncentráciu K a nižšiu koncentráciu Ca a Mg v asimilačnom aparáte odrezkov. EKM huby môžu zohrávať dôležitú úlohu v získavaní a transporte P, K a Mg z minerálnej pôdy (WALLANDER, HAGERBERG 2004), ale poznatky o vplyve EKM húb na príjem základných katiónov ich hosťovskou rastlinou sú doposiaľ obmedzené a nekonzistentné (BÜCKING et al. 2002).

Priebeh primárnych procesov fotosyntézy dvojročných semenáčikov bol hodnotený pomocou vybraných parametrov rýchlej fázy fluorescencie chlorofylu *a*. Na rozdiel od meraní po prvom vegetačnom období (november 2010), kde použitý substrát ovplyvnil štatisticky významne ($P \leq 0,05$) parametre F0, Fm, Fv, Fv/Fm a Area (REPÁČ et al. 2011a), bol v druhom vegetačnom období (august 2011) významný rozdiel zistený len pri parametri Tm medzi substrátmi Gramoflor a Litva (Tab. 4).

Tab. 3: Chemická analýza asimilačného aparátu dvojročných smrekových semenáčikov pestovaných na substrátoch Agro CS a Litva inokulovaných mykoríznymi prípravkami Ectovit a Mycorrhizaroots.

Tab. 3: *Chemical analysis of assimilation apparatus of 2-year-old containerized Norway spruce seedlings grown on substrates Agro CS and Litva inoculated with commercial ectomycorrhizal products Ectovit and Mycorrhizaroots.*

	C [%]	N [%]	P [mg.kg^{-1}]	K [mg.kg^{-1}]	Ca [mg.kg^{-1}]	Mg [mg.kg^{-1}]
A×ECT+	49,80	1,06	1 963	7 978	4 703	1 190
A×ECT−	52,50	1,01	1 443	7 448	5 068	1 076
A×MYC+	51,10	1,00	1 830	7 252	5 668	1 240
A×MYC−	52,00	0,94	1 812	7 997	5 048	1 280
A×KO+	52,90	1,08	1 688	7 097	5 963	1 507
A×KO−	53,30	1,29	1 659	7 729	4 872	1 197
L×ECT+	51,50	1,24	1 685	7 850	3 135	1 146
L×ECT−	54,10	1,25	1 369	7 117	2 713	1 063
L×MYC+	50,70	1,70	1 929	7 406	3 644	1 455
L×MYC−	48,60	1,66	790	2 365	1 718	605
L×KO+	54,00	1,98	1 772	5 862	3 130	1 430
L×KO−	52,60	2,20	847	2 603	2 087	708

(A) Agro CS, (L) Litva, (ECT) Ectovit, (MYC) Mycorrhizaroots, (KO) kontrola (control), (+) hnojené (fertilized), (−) nehnojené (non-fertilized)

Tab. 4: Priemerné hodnoty fyziologických parametrov (priemer ± stredná chyba) dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných pod PEK

Tab. 4: *Mean values (mean ± standard error) of physiological parameters of 2-years-old containerized Norway spruce seedlings grown under greenhouse*

	F0	Fm	Fv	Fv/Fm	Tm	Area
Hnojenie[1]						
Hnojené[2]	0,23 ± 0,01	0,80 ± 0,02	0,57 ± 0,01	0,72 ± 0,01	565 ± 11	33 452 ± 1 570
Bez hnojenia[3]	0,27 ± 0,02	0,86 ± 0,02	0,59 ± 0,01	0,72 ± 0,01	479 ± 11	29 706 ± 1 478
Substrát[4]						
Gramoflor	0,26 ± 0,02	0,85 ± 0,03	0,59 ± 0,01	0,72 ± 0,01	559 ± 14a	35 243 ± 2 193
Agro CS	0,29 ± 0,02	0,89 ± 0,03	0,60 ± 0,01	0,71 ± 0,01	543 ± 14ab	33 945 ± 1 480
Litva	0,20 ± 0,01	0,75 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,72 ± 0,01	464 ± 12b	25 709 ± 1 825
Prípravok[5]						
Ectovit	0,25 ± 0,02	0,87 ± 0,03	0,61 ± 0,01	0,73 ± 0,01	527 ± 13	32 850 ± 2 161
Mycorrhizaroots	0,26 ± 0,02	0,82 ± 0,03	0,56 ± 0,02	0,70 ± 0,01	519 ± 14	30 926 ± 1 731
Kontrola[6]	0,24 ± 0,02	0,80 ± 0,03	0,56 ± 0,02	0,72 ± 0,01	518 ± 13	30 940 ± 1 690

[1]Fertilization, [2] Fertilized, [3]Non-fertilized, [4]Substrate, [5]Product, [6]Control

F0 – minimálna fluorescencia, Fm – maximálna, Fv – variabilná, Fv/Fm – maximálna fotochemická efektívnosť fotosystému II, Tm – čas v milisekundách dosiahnutia maximálnej fluorescencie, Area – plocha nad fluorescenčnou indukčnou krivkou

Vplyv komerčných hubových prípravkov (Ectovit, Mycorrhizaroots) a hnojenia (závlahy) na tieto procesy bol v prvom aj druhom vegetačnom období nevýznamný. Kardinálnym parametrom je pomer Fv/Fm, označovaný ako maximálna kvantová účinnosť fotochemie fotosystému II pletiva adaptovaného na tmu. Nižšie hodnoty tohto parametra sú v našom prípade spôsobené veľmi mladým asimilačným aparátom, s predpokladom ešte nízkeho obsahu asimilačných pigmentov (KMEŤ 1999).

ZÁVER

Hodnotenie biometrických a fyziologických parametrov dvojročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného poukazuje na významný účinok použitého typu substrátu, zvlášť počiatočného obsahu živín v substráte, a režimu hnojenia (závlahy) na vývin semenáčikov. Z dvoch v tomto experimente testovaných komerčných mykoríznych prípravkov dobré výsledky dosiahol Ectovit, ktorý mal výrazný pozitívny vplyv na rast a obsah živín v asimilačnom aparáte nehnojených semenáčikov pestovaných v živinami neobohatenom substráte. Významný vplyv sledovaných faktorov a ich kombinácií na rast, obsah živín v substrátoch a asimilačnom aparáte a vybrané parametre fotosyntetickej asimilácie semenáčikov nabáda k ďalšiemu testovaniu týchto dôležitých faktorov technológie pestovania semenáčikov a ku komplexnému hodnoteniu kvality sadbového materiálu.

Poďakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore projektu Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied VEGA č. 1/0521/13.

LITERATÚRA

BERGMANN, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Enstehung, visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 762 s.

BÜCKING, H. – KUHN, A. J. – SCHRÖDER, W. H. – HEYSER, W. (2002): The fungal sheath of ectomycorrhizal pine roots: An apoplastic barrier for the entry of calcium, magnesium, and potassium into the root cortex? Journal of Experimental Botany, 53: 1659–1669.

DITMAROVÁ, Ľ. – KURJAK, D. – PALMROTH, S. – KMEŤ, J. – STŘELCOVÁ, K. (2010): Physiological response of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. Tree Physiology, 30: 205–213.

ENEBAK, S. A. – CAREY, W. A. (2004): Plant growth-promoting rhizobacteria may reduce fusiform rust infection in nursery-grown loblolly pine seedlings. Southern Journal of Applied Forestry, 28: 185–188.

GÁPER, J. – MIHÁL, I. (2008): Ektomykorízny potenciál a hniloby v kultúrnych smrečinách. Acta Facultatis Ecologiae Zvolen, 18: 21–26.

HEISKANEN, J. (2013): Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. New Forest, 44: 101–118.

JURÁSEK, A. – NÁROVCOVÁ, J. – NÁROVEC, V. (2006): Průvodce krytokořenným sadebním materiálem lesních dřevin. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 56 s.

KHASA, P. D. – SIGLER, L. – CHAKRAVARTY, P. – DANCIK, B. P. – ERICKSON, L. – MCCURDY, D. (2001): Effect of fertilization on growth and ectomycorrhizal development of container-grown and bare-root nursery conifer seedlings. New Forest, 22: 179–197.

KMEŤ, J. (1999): Fluorescencia chlorofylu ako indikátor stresového zaťaženia drevín a jej aplikácia v lesníctve. Vedecké štúdie 3/1999/A. Technická univerzita, Zvolen, 67 s.

KROPP, B. R. – LANGLOIS, C. G. (1990): Ectomycorrhyzae in reforestation. Canadian Journal of Forest Research, 20: 438–451.

MAUER, O. (1999): Technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu. In: Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu. Mauer O. (ed.), Trutnov, s. 25–44.

REPÁČ, I. (2007): Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. Forestry 80: 517–530.

REPÁČ, I. – SARVAŠOVÁ, I. – VENCURIK, J. (2010): Testovanie biopreparátov aplikovaných do substrátu pri pestovaní smreka obyčajného a borovice lesnej. In: Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2010. Sušková, M., Debnárová, G. (eds), Národné lesnícke centrum, Zvolen, s. 65–73.

REPÁČ, I. – VENCURIK, J. – BALANDA, M. (2011a): Účinky substrátu, mykorizácie a hnojenia na rastové a fyziologické parametre jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). In: Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí. Kacálek D. et al. (eds), VÚLHM, Strnady, Výzkumná stanice Opočno, s. 81–90.

REPÁČ, I. – VENCURIK, J. – BALANDA, M. (2011b): Testing of microbial additives in the rooting of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings. Journal of Forest Science, 57: 12: 555–564.

REPÁČ, I. – VENCURIK, J. – BALANDA, M. (2013): Využitie mikrobiálnych prípravkov pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín. Vedecká monografia. TU, Zvolen, 114 s.

RINCÓN, A. – PARLADÉ, J. – PERA, J. (2007): Influence of the fertilisation method in controlled ectomycorrhizal inoculation of two Mediterranean pines. Annals of Forest Science, 64: 577–583.

SARVAŠOVÁ, I. (2009): Pôsobenie pôdnych kondicionérov na adaptabilitu a rast sadeníc po zalesnení. In: Aktuálne problémy lesného škôlkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2009. Sušková M., Debnárová G. (eds.), Národné lesnícke centrum, Zvolen, s. 111–117.

SLÁVIK, M. (2005): Production of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. Journal of Forest Science, 51: 14–21.

TUČEKOVÁ, A. (2007): Pôdne kondicionéry v škôlkárskych technológiách. In: Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia. Saniga, M. et al. (eds.), Technická univerzita, Zvolen, s. 56–65.

VAARIO, L. – TERVONEN, A. – HAUKIOJA, K. – HAUKIOJA M. – PENNANEN, T. – TIMONEN, S. (2009): The effect of nursery substrate and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. Canadian Journal of Forest Research, 39: 64–75.

VENCURIK, J. – REPÁČ, I. – BALANDA M. (2012): Zakoreňovanie a rast odrezkov smreka obyčajného v substráte inokulovanom mikrobiálnymi prípravkami. In: Pestovanie lesa v strednej Európe. Saniga, M. et al. (eds.), Technická univerzita, Zvolen, s. 347–356.

WALLANDER, H. – HAGERBERG, D. (2004): Do ectomycorrhizal fungi have a significant role in weathering of minerals in forest soil? Symbiosis, 37: 249–257.

Adresay autorov

doc. Ing IVAN REPÁČ, PhD.
Ing. JAROSLAV VENCURIK, PhD.
Ing. MIROSLAV BALANDA, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Katedra pestovania lesa
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: repac@tuzvo.sk vencurik@tuzvo.sk balanda@tuzvo.sk

Vplyv výberkového rubu na štruktúru a dynamiku prirodzenej obnovy v bukovom výberkovom lese

Effect of selective cutting on structure and dynamics of natural regeneration in beech selection forest

MILAN SANIGA – JÁN PITTNER – MIROSLAV BALANDA

Abstract

The paper analyses changes of the diameter structure caused by selective felling in the beech selection forest. The model structure was based on the knowledge obtained from the selection forests in Keula and Langula. The selected model determines the target diameter at breast height on the level of 54 cm and target volume of merchantable biomass of 270 m^3 ha^{-1}. After the cutting of stand volume on the level of 80% of decennial volume increment, the final stand volume of both permanent research plots was significantly lower than the target model volume. Despite the continuous regeneration processes, the height shift of trees to category „above 8 cm" is slowed-down. Therefore, it is necessary to perform the selective cutting with intensity of 70−80 $m^3.ha^{-1}$.

Keywords: *European beech, selection forest, natural regeneration, selective cutting*

Abstrakt

V príspevku je analyzovaná zmena hrúbkovej štruktúry bukového výberkového lesa vplyvom výberkových rubov. Modelová štruktúra vychádza z poznatkov z výberkových lesov Keula a Langula. Model počíta s cieľovou hrúbkou $d_{1,3}$ 54 cm a optimálnou zásobou 270 $m^3.ha^{-1}$. Pri odobratí porastovej zásoby na úrovni 80 % decenálneho objemového prírastku je skutočná zásoba v oboch TVP významne vyššia ako optimálna. Regeneračné procesy sú plynulé, no výškový presun do kategórie stromov $d_{1,3}$ „nad 8 cm" je výrazne spomalený. V krátkom období je potrebné vykonať výberkový rub na úrovni odobratia porastovej zásoby vo výške 75–80 $m^3.ha^{-1}$.

Klúčové slová: *buk lesný, výberkový les, prirodzená obnova, výberkový rub*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Základným smerovaním (koncepciou) hospodárenia v bukových, resp. zmiešaných dubovo-bukových porastoch 3. a 4. lesného vegetačného stupňa by mal byť podrastový hospodársky spôsob, maloplošná forma. Okrem tejto pestovnej technológie sa stáva významnou pestovná koncepcia mozaikových porastov, ktorá vytvára optimálne ekologické podmienky pre rast a formovanie vysokej kvalitnej štruktúry buka. Z hľadiska časového a zhodnotenia produkcie vytvára predpoklady pre kontinuitu striedania generácií v poraste s plošnou a časovou diferenciáciou následného porastu. Nie menej dôležitou skutočnosťou je vysoká hodnotová produkcia takto obhospodarovaných porastov. Zmienená pestovná koncepcia je zaraďovaná do hodnotového prírastkového hospodárstva buka. Podobne

môžeme hovoriť aj v prípade bukových výberkových lesov. V súvislosti s výskumom nepravého jadra pri tejto drevine bolo zistené, že porast s výberkovou štruktúrou mal najnižší podiel a frekvenciu jeho výskytu (RAČKO et al. 2011). Bukové výberkové lesy sú v lesníckej praxi veľmi zriedkavé. Optimálna skladba pre dosiahnutie a udržanie výberkovej štruktúry je drevinové zmiešanie smrek, jedľa a buk. Pestovne dobre formovateľné sú tiež smrekovo-jedľové a smrekové výberkové lesy (VENCÚRIK 2002, 2004; VENCÚRIK, KUCBEL 2008). Bukové výberkové lesy majú určité špecifikum. Vo výberkových lesoch je jednou z vlastností výberkového lesa hlavne stromovej formy nezávislý rast. Buk je drevina tvarovo veľmi premenlivá a pri voľnom postavení (medzernatom zápoji) má tendenciu rozrastať sa do šírky. Ak sú takéto podmienky vytvorené už v počiatočných fázach rastu, kedy koruna predstavuje vlastne budúci kmeň, dochádza ku kvalitovému znehodnoteniu buka. Príčina podľa SCHÜTZA (1992, 2001) spočíva v relatívne labilnej apikálnej dominancii vrcholových púčikov, ktorá vedie k početnej vidlicovitosti. Pre buk ako základnú drevinu výberkového lesa z pohľadu hodnotovej produkcie je potrebné dosiahnuť aspoň 10 m dlhý priamy, plnodrevný kmeň (BACHMANN 1990). Naše výskumy v bukových pralesoch v Havešovej, Rožku a vo Vihorlate ukazujú, že v pokročilom štádiu dorastania má uvedený prales skoro výberkovú štruktúru, pričom kvalita buka a jeho stabilita je dobrá. Predpokladom je taká konštelácia štruktúry starej generácie, že prirodzená obnova buka prebieha minimálne na úrovni plochy hlúčika s veľkou počiatočnou hustotou (SANIGA 2001, 2002, 2003, 2007).

Podľa SCHÜTZA (1992), ktorý sa odvoláva na sledovania SCHÄFFERA, treba pre celý proces biologickej automatizácie (dynamická prirodzená obnova bez krízových fáz, výškový presun jedincov) vo výberkovom bukovom lese počítať s optimálnou zásobou do 250 $m^3.ha^{-1}$.

V literatúre sú v Európe známe dva príklady bukových výberkových lesov, ktoré sú usmerňované dlhodobo podľa zásad výberkového hospodárstva. Ide o objekt Keula (DITTMAR 1990), kde autor popisuje dobrú dynamiku prirodzenej obnovy, pričom pre štruktúru bukového výberkového lesa zdôrazňuje výrazné predimenzovanie strednej vrstvy (skupiny v rastovej fáze mladiny by mali byť rozmiestnené po celej ploche).

Výskumne a informačne je lepšie prepracovaný objekt Langula (GEROLD, BIEHL 1992), kde s ohľadom na produkčnú schopnosť stanovišťa, ktorá je daná hornou výškou výberkového lesa, autori stanovujú optimálnu zásobu. V práci uvažujú o troch produkčných typoch bukového výberkového lesa. Produkčný typ 1 má hornú výšku porastu nad 32 m, s optimálnou zásobou 300–360 $m^3.ha^{-1}$. Produkčný typ 2 s hornou výškou 26–30 m má optimálnu zásobu 240–300 $m^3.ha^{-1}$, na chudobných stanovištiach produkčný typ 3 s hornou výškou pod 26 m sa počíta s optimálnou zásobou 180–240 $m^3.ha^{-1}$. Pri porovnaní týchto štruktúr výberkových lesov a bukového lesa vekových tried autori nepotvrdili jednoznačnosť porovnávaných koncepcií.

Výsledky a rozbory v bukových porastoch, ktoré mali zásobu väčšiu ako 400 $m^3.ha^{-1}$ ukázali pokles bežného ročného objemového prírastku a stagnáciu obnovy s odklonom od hlúčikovitosti. V bukových výberkových lesoch Keuly (DITTMAR 1990) sa dokonca zistila pri pokročení zásoby nad 400 $m^3.ha^{-1}$ postupná strata výberkovej štruktúry smerom k dvojvrstvovým porastom. SCHÜTZ (2006) podrobne rozpracoval model bukových výberkových lesov pre oblasť Nemecka, ktorý prihliada na predchádzajúce skutočnosti.

Naše doterajšie výskumy poukazujú, že optimálna zásoba na VšLP by sa mala pohybovať medzi 320–340 $m^3.ha^{-1}$ s cieľovou hrúbkou 54–60 cm. Pri takto nastavenej modelovej zásobe prirodzená obnova buka nestráca charakter hlúčikovej štruktúry (SANIGA

1996, VENCÚRIK 2005 SANIGA, VENCÚRIK 2008). Podobné výsledky sa dosiahli pri posudzovaní štruktúry bukového výberkového lesa v Čergovských vrchoch v lokalite Podhradisko (SANIGA 1998). Prezentované výsledky predstavujú počiatočný stav štruktúry bukových porastov v záverečnej fáze prebudovy na výberkový les. V oblasti ekonomického zhodnotenia buka je veľmi dôležitá otázka využitia produkčnej schopnosti stanovišťa (SANIGA 2001). Autor s prihliadnutím na túto skutočnosť, ako aj trvalú udržateľnosť a vysokú ekologickú stabilitu bukových porastov odporúča viac pestovnú koncepciu mozaikových porastov.

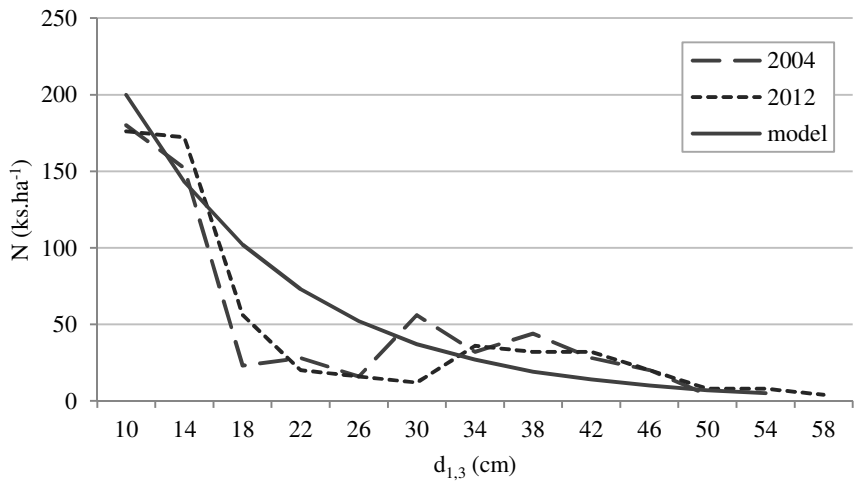
Cieľom príspevku je prezentácia výsledkov zmeny štruktúry a dynamiky prirodzenej obnovy bukového výberkového lesa v súvislosti s odoberaním porastovej zásoby cez výberkový rub, ktorého sila sa rovná veľkosti naakumulovaného objemového prírastku za obdobie od posledného výberkového rubu.

MATERIÁL A METODIKA

Predmetom výskumu sú 2 trvalé výskumné plochy (TVP) o výmere 0,25 ha nachádzajúce sa v dielci 513 na VšLP Zvolen. Z hľadiska fytocenologickej charakteristiky dielca prevláda skupina lesných typov (slt) *Fagetum pauper* nst. Sklon porastu je 10–15 % so západnou expozíciou. V roku 1995 boli v dielci založené TVP so zámerom prebudovy porastu na výberkový les. Z prihliadnutím na poznatky z literatúry (SCHÜTZ 2001, DITTMAR 1990, GEROLD, BIEHL 1992) bol model bukového výberkového lesa nastavený na cieľovú hrúbku 54 cm so zásobovou úrovňou 270 $m^3.ha^{-1}$. Dôvodom okrem iného bola skutočnosť, že sa jedná o rastové optimum buka s hornou výškou 33–34 m. Dielec vznikol Gayerovým skupinovite clonným rubom. Pred týmto zámerom bol pestovne usmerňovaný akostnou úrovňovou prebierkou podľa Schädelina so silou 16–18 %. Od roku 1996 sa na TVP1 uskutočnil výberkový rub so silou 71 $m^3.ha^{-1}$,druhý zásah v roku 2005 so silou 76 $m^3.ha^{-1}$. Na TVP 2 bol výberkový rub v roku 1996 so silou 67,5 $m^3.ha^{-1}$, v roku 2005 bola sila 66,5 $m^3.ha^{-}$. Na TVP boli založené tranzekty 10 × 50 m, na ktorých sa zisťoval stav prirodzenej obnovy. Pre zistenie regeneračných procesov sa využili 1 árové plochy tranzektu, kde sa analyzoval stav prirodzenej obnovy v nasledovných kategóriách: jedince s výškou do 20 cm, jedince s výškou 21–50 cm, 51–130 cm, jedince s výškou nad 131 cm do hrúbky $d_{1,3}$ 2 cm, jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 2,1–4 cm, jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 4,1–8 cm.

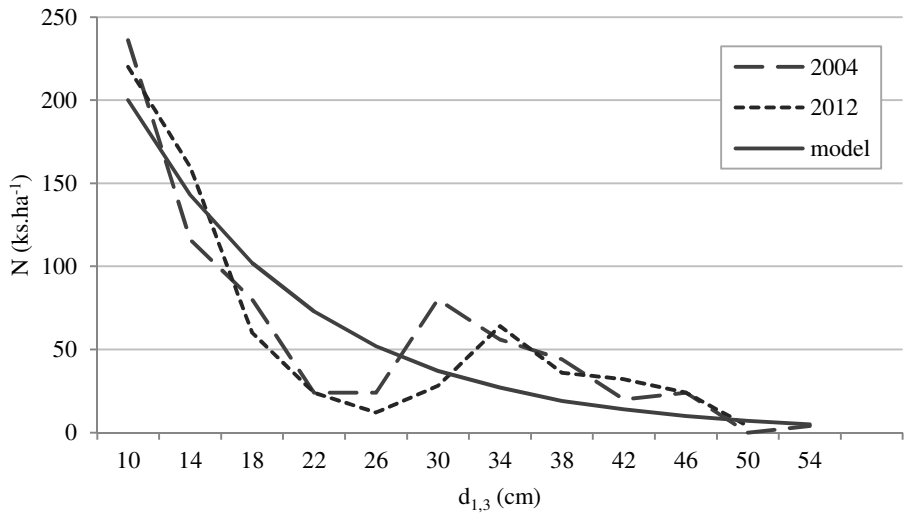
VÝSLEDKY

V oboch štruktúrach výberkových lesov možno konštatovať dobrú dynamiku presunu jedincov v ich dolnej vrstve (Obr. 1, 2). Efekt výberkových rubov za obdobie 14 rokov mierne zredukoval hornú vrstvu, kde bol výber zameraný hlavne na stromy, ktoré dosiahli hrúbku nad 54 cm. Väčšia sila výberkového rubu na TVP 1 znamenala väčšiu redukciu stromov v hornej vrstve a plynulejší prechod a vyplňovanie strednej vrstvy. Na TVP 2 bol výber spomalený slabším prechodom stromov hornej vrstvy do cieľovej hrúbky podľa navrhnutého modelu.



Obr. 1: Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobe rokov 2004–2012 na TVP 1.

Fig. 1: *Change of the diameter structure of selection forest on the PRP 1 between the years 2004 and 2012.*



Obr. 2: Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobe rokov 2004-2012 na TVP 2.

Fig. 2: *Change of the diameter structure of selection forest on the PRP 2 between the years 2004 and 2012.*

Pokiaľ hodnotíme zásobovú úroveň na TVP 1 možno povedať, že napriek odobratiu porastovej zásoby v roku 1996 sa zásoba výberkového lesa v roku 2004 zvýšila na skoro 300 $m^3.ha^{-1}$ a v roku 2012 až na 343,2 $m^3.ha^{-1}$ (Tab. 1). Toto zvýšenie zásobovej úrovne sa prejavilo napriek skutočnosti realizácie výberkového rubu so silou 76 $m^3.ha^{-1}$ v roku 2005. Experiment potvrdzuje, že ročný objemový prírastok v poraste je vyšší ako bol pri založení TVP.

Tab. 1: Zmena štruktúry výberkového lesa vplyvom výberkového rubu na TVP 1 za obdobie rokov 2004–2012.

Tab. 1: *Effect of performed selective cutting on the structure of forest stand on the PRP 2 between the years 2004 and 2012.*

hrúb trieda[1]	2004						2012					
	N		G		V		N		G		V	
	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]
10	180	30,9	1,4	6,6	7,8	2,6	176	29,7	1,4	5,1	7,1	2,1
14	152	26,1	2,1	9,9	16,0	5,3	172	29,1	2,6	9,8	20,1	5,8
18	23	3,9	0,6	3,0	4,7	1,6	56	9,5	1,4	5,1	12,6	3,7
22	28	4,8	1,2	5,6	9,9	3,3	20	3,4	0,8	2,9	8,7	2,5
26	16	2,7	0,8	4,0	8,5	2,8	16	2,7	0,9	3,2	9,9	2,9
30	56	9,6	3,4	16,5	42,8	14,3	12	2,0	0,8	3,1	10,4	3,0
34	32	5,5	1,5	7,0	33,9	11,3	36	6,1	3,2	11,9	41,3	12,0
38	44	7,5	4,4	20,9	64,7	21,6	32	5,4	3,7	13,6	51,4	15,0
42	28	4,8	2,9	13,7	53,5	17,8	32	5,4	4,4	16,3	61,6	18,0
46	20	3,4	2,7	12,8	46,8	15,6	20	3,4	3,5	12,8	51,9	15,1
50	4	0,7	0,02	0,1	11,3	3,8	8	1,4	1,5	5,7	23,4	6,8
54							8	1,4	1,7	6,4	26,7	7,8
58							4	0,7	1,1	4,1	18,1	5,3
spolu[2]	583,0	100,0	20,9	100,0	299,9	100,0	592	100,0	27,1	100,0	343,2	100,0

1 – diameter class, 2 – together

Na TVP 2, kde objem hrubiny v roku 2004 činil 353,1 m^3.ha^{-1} sa napriek výberkovému rubu v roku 2005 nepatrne zvýšil na hodnotu 344,2 m^3.ha^{-1}. Koncentrácia objemu hrubiny je hlavne v hrúbkovom stupni 34–38 cm (Tab. 2). Rozbor produkčných ukazovateľov v roku 2012 potvrdil, že prírastkové schopnosti bukového výberkového lesa v tejto skupine lesných typov sú na úrovni 7–8 m^3.ha^{-1} za rok.

Tab. 2: Zmena štruktúry výberkového lesa vplyvom výberkového rubu na TVP 2 za obdobie rokov 2004–2012.

Tab. 2: *Effect of performed selective cutting on the structure of forest stand on the PRP 2 between the years 2004 and 2012.*

hrúb. trieda[1]	2004						2012					
	N		G		V		N		G		V	
	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]
10	236	33	1,8	6,9	10,2	2,9	220	33,1	1,8	6,3	9,3	2,7
14	116	16	1,4	5,3	12,2	3,4	160	24,1	2,4	8,5	17,6	5,1
18	80	11	1,4	5,2	16,4	4,6	60	9,0	1,5	5,4	13,2	3,8
22	24	3	1,1	4,1	8,4	2,4	24	3,6	0,8	3,0	8,1	2,4
26	24	3	1,1	3,9	12,8	3,6	12	1,8	0,6	2,2	6,9	2,0
30	80	11	4,8	18,0	61,2	17,3	28	4,2	1,9	6,8	23,7	6,9

hrúb. trieda[1]	2004						2012					
	N		G		V		N		G		V	
	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^2.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]
34	56	8	6,0	22,6	59,4	16,8	64	9,6	5,9	20,9	77,5	22,5
38	44	6	4,1	15,2	64,7	18,3	36	5,4	4,1	14,6	56,0	16,3
42	20	3	2,3	8,5	38,2	10,8	32	4,8	4,3	15,3	61,4	17,8
46	24	3	1,9	7,1	56,2	15,9	24	3,6	4,0	14,4	59,7	17,3
50	0	0					4	0,6	0,7	2,6	10,8	3,1
54	4	1	0,9	3,2	13,5	3,8						
spolu[2]	708	100	26,7	100,0	353,1	100,0	664	100,0	28,0	100,0	344,2	100,0

1 – diameter class, 2 – together

Tab. 3: Zmena štruktúry výberkového lesa vplyvom výberkového rubu na TVP 1 a 2 za obdobie rokov 2004–2012 – model.

Tab. 3: *Effect of performed selective cutting on the structure of forest stand on the PRP 1 and 2 between the years 2004 and 2012 – model.*

hrúbková trieda[1]	TVP 1 – model				TVP 2 – model			
	N		V		N		V	
	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]	[ks.ha^{-1}]	[%]	[m^3.ha^{-1}]	[%]
10	200	29,0	8,7	3,2	200	29,0	8,7	3,2
14	143	20,8	15,0	5,6	143	20,8	15,0	5,6
18	102	14,8	20,9	7,8	102	14,8	20,9	7,8
22	73	10,6	25,7	9,5	73	10,6	25,7	9,5
26	52	7,5	27,7	10,3	52	7,5	27,7	10,3
30	37	5,4	28,3	10,5	37	5,4	28,3	10,5
34	27	3,9	28,6	10,6	27	3,9	28,6	10,6
38	19	2,8	27,9	10,4	19	2,8	27,9	10,4
42	14	2,0	26,7	9,9	14	2,0	26,7	9,9
46	10	1,5	23,4	8,7	10	1,5	23,4	8,7
50	7	1,0	19,8	7,3	7	1,0	19,8	7,3
54	5	0,7	16,9	6,2	5	0,7	16,9	6,2
spolu[2]	689	100,0	269,7	100,0	689	100,0	269,7	100,0

Stav prirodzenej obnovy na oboch TVP charakterizuje Tab. 4. Informačná hodnota regeneračných procesov poukazuje na dve závažné skutočnosti. Prvou je vysoký podiel jedincov buka vo výškovej kategórii do 20 cm. Táto hodnota, ktorá sa na oboch sledovaných plochách pohybuje v rozpätí od 55 200 ks.ha^{-1} do 83 600 ks.ha^{-1} je výsledkom semennej úrody z roku 2010. Pokiaľ hodnotíme výškový presun do kategórii dolnej vrstvy (kategória prirodzenej obnovy s hrúbkou $d_{1,3}$ 2–8 cm), vyšší podiel bol zaznamenaný na TVP 1. Nakoľko TVP sú vedľa seba, súvisí to s nižším stupňom clonenia stromov hornej vrstvy.

Tab. 4: Štruktúra prirodzenej obnovy na skúmaných TVP v roku 2012 (prepočet na 1 ha).

Tab. 4: *Structure of natural regeneration on investigated PRP's in 2012 (calculation on 1 hectare).*

kategórie[1]	TVP 1				TVP 2					
	bk[3]	jd[4]	spolu[2]	[%]	bk[3]	jd[4]	sm[5]	db[6]	spolu[2]	[%]
0–20	55 200	200	55 400	93,2	83 600	400	100	600	84 700	96,5
21–50	2 400		2 400	4,0	1 900				1 900	2,2
51–80	800		800	1,3	600				600	0,7
81–130	200		200	0,3	200				200	0,2
131–$d_{1,3}$ 2	300		300	0,5	100				100	0,1
2,1–4	84		84	0,1	36				36	0,0
4,1–8	260		260	0,4	224	4		4	232	0,3
spolu[2]	59 244	200	59 444	100,0	86 660	404	100	604	87 768	100,0

1 – natural regeneration categories, 2 – together, 3 – European beech, 4 – silver fir, 5 – Norway spruce, 6 – sessile oak

DISKUSIA A ZÁVER

Formovanie štruktúry bukového výberkového lesa je komplikované, hoci podľa našich poznatkov trvá kratšie pokiaľ uplatňujeme v rastovej fáze žrdkovín a žrďovín úrovňovú prebierku s pozitívnym výberom a následne silnú výberkovú prebierku. Na druhej strane vyžaduje zváženie viac poznatkov ako pri ihličnatých drevinách. Jedným z vážnych faktorov je j veľká tvarová premenlivosť buka a s tým súvisiaca budúca kvalita. Na labilnú apikálnu dominanciu listnatých drevín hlavne buka poukázal už SCHÜTZ (1992), kde autor na základe analýzy bukových výberkových lesov Keuly a Lauguly konštatuje, že jedine nízka optimálna zásoba do 240 $m^3.ha^{-1}$ umožňuje dosahovanie pravidelných hlúčikov buka v jednotlivých vývojových fázach výberkového lesa. Dosiahnutie kvality kmeňa buka vo výberkovom lese, ktorá bude porovnateľná s kvalitou v podrastovom hospodárskom spôsobe je možné len cez jeho prirodzenú obnovu v hlúčikoch. Významnou skutočnosťou je poznatok, že štruktúra takýchto bukových porastov pozitívne vplýva na zníženie frekvencie výskytu nepravého jadra buka (RAČKO et al. 2011). Napriek vysokej tolerancii buka na svetlo podmienky pre jeho vyklíčenie, prežitie a odrastanie v našich výskumných plochách vyžadujú väčšie uvoľnenie korunového priestoru, hlavne hornej vrstvy výberkového lesa. V oboch prípadoch (TVP 1 a TVP 2) horná vrstva výberkového lesa je preplnená, čo vyžaduje opakovania výberkového rubu 2 krát za decénium. Aj keď počet a presun jedincov do vyšších výškových kategórií v hrúbkovej triede 2–8 cm je na spodnej hranici nastaveného modelu treba počítať s vyššou hodnotou odoberania porastovej (SCHÜTZ 2001). Proces autoredukcie buka je veľký, čo spôsobuje následnú stratu jeho hlúčikového zmiešania. Podobné výsledky boli zistené na porovnateľných výskumných plochách susedného porastu (SANIGA, VENCÚRIK 2008), kde sa uvažuje s cieľovou hrúbkou v bukovom výberkovom lese 58 cm a optimálnou zásobou 322 $m^3.ha^{-1}$. Efekt výberkového rubu v danom pestovnom režime sa ukázal v prípade dynamiky regeneračných procesov a približovania sa skutočnej štruktúry ku modelovej ako málo efektívny. V krátkom období je potrebné vykonať výberkový rub na úrovni odobratia porastovej zásoby 75–80 $m^3.ha^{-1}$.

Poďakovanie

Táto práca bola finančne podporená z prostriedkov projektu VEGA č. 1/0381/12.

LITERATÚRA

BACHMANNN, R. P. (1990): Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Beitr. EIDE. Forst. Anst. Wald Schnee Landschf., Nr. 327, 73 s.

DITTMAR, O. (1990): Untersuchungen im Buchen – Plenterwald Keula. Forst und Holz, 45: 15: 41–43.

GEROLD, D. – BIEHL, R. (1992): Vergleich zwischen Buchenplenterwald und Buchenbetriebsklasse. Allgemeine Forstzeitschrift, 147: 2: 91–94.

RAČKO, V. – SANIGA, M. – ČUNDERLÍK, I. (2011): The impact of silvicultural treatments on the structure and red heart formation in beech forests. Šumarski list, CXXXV: 9–10: 437–448.

SANIGA, M. (1996): Štruktúra zmiešaného lesa s prevahou buka v prebudovaní na výberkový les. Forestry Journal, 42: 2: 113–123.

SANIGA, M. (1998): Optimalizácia štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 40: 17–28.

SANIGA, M. (2001): Model des Plenterwaldes für Buchenbestände Slowakei. In: Gemeinsames Waldbau Koloqium Brno-Tharandt, 2000, s. 59–64.

SANIGA, M. (2002): Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. Ochrana prírody, 21: 207–218.

SANIGA, M. (2003): Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Havešová. Ochrana prírody, 22: 179–190.

SANIGA, M. (2007): Vybrané znaky štruktúry a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Kyjov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 49: 78–88.

SANIGA, M. – VENCURIK, J. (2008): Dynamika zmeny štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 50: 2: 45–55.

SCHÜTZ, J. PH. (1992): Die waldbauliche Formen und Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 143: 442–460.

SCHÜTZ, J. PH. (2001): Plenterwald und weitere formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin, 209 p.

SCHÜTZ, J. PH. (2006): Modelling the demographic sustainability of pure beech plenter forests in Eastern Germany. Annals of Forest Science, 63: 93–100.

VENCURIK, J. (2002): Štruktúra a regeneračné procesy výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 44: 83–97.

VENCURIK, J. (2004): Dynamika výškových presunov jedle v spodnej vrstve výberkového lesa v oblasti Oravských Beskýd, Beskydy, 17: 95–102.

VENCURIK, J. (2005): Vplyv stupňa clonenia strednej a hornej vrstvy na štruktúru a dynamiku prirodzenej obnovy vo výberkovom lese. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 47: 207–219.

VENCURIK, J. – KUCBEL, S. (2008): Hrúbkový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese Oravských Beskýd, Beskydy, 1: 2: 209–214.

Adresa autorov
prof. Ing. MILAN SANIGA, Dr.Sc
Ing. JÁN PITTNER, PhD.
Ing. MIROSLAV BALANDA, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Katedra pestovania lesa
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: saniga@tuzvo.sk

Změny délky stínu stromu

Changes of tree shade length

JIŘÍ SOUČEK

Abstract

The paper gives a manual for evaluation of tree shade length for the conditions of the Czech Republic on slopes with different exposition and inclination during the vegetation period (from the beginning of April to the end of September). Values of tree shade length are presented in the graphs as a percentage of tree height, presented values are minimal tree shade length. Real tree shade length can be longer on the basis of type and shape of a tree crown. The figures also show the changes of tree shade lengths 2 and 3 hours before and after noon.

***Keywords**: solar radiation, tree shade length, calculation*

Abstrakt

Příspěvek poskytuje návod pro stanovení délky stínu stromů pro podmínky ČR v závislosti na stanovištních podmínkách ve vegetačním období (počátku dubna až konec září). Hodnoty délky stínu vyjádřené v % délky stromu vyjádřené v grafech ukazují minimální délku stínu, v závislosti na charakteru koruny může být stín delší. Grafické znázornění prodloužení délky stínu s odchylkou 2 a 3 hodiny od poledne naznačuje prodlužování stínu pro dané podmínky.

***Klíčová slova**: sluneční záření, délka stínu stromu, výpočet*

ÚVOD

Sluneční záření je rozhodující faktor ovlivňující klima lesních porostů (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK 1999). Koruny a kmeny stromů omezují pronikání přímého slunečního záření do nitra porostu a k půdě. Intenzita zastínění může ovlivnit výskyt a odrůstání jednotlivých dřevin pod porostem nebo na jeho okraji. Délku stínu ovlivňuje kromě souřadnic lokality i orientace a sklon svahu, výška stromu, tvar koruny a její propustnost pro světlo. Vhodnými pěstebními postupy lze v lesních porostech vytvářet téměř libovolné světelné podmínky (POLENO et al. 2007).

Problematika zastínění, termínu a souhrnné doby působení přímého slunečního záření je v poslední době často diskutována v souvislosti s nepříznivým působením holosečí a přechodem k jemnějším způsobům hospodaření. V souvislosti s omezením holosečných postupů jsou často diskutovány i velikost a šířka holosečných obnovních prvků (např. KOŠULIČ 2010). Určení délky stínu stromů na konkrétním stanovišti má význam pro volbu rozměrů a uspořádání obnovních ploch, ponechávání výstavků a clonících stromů, ale i při stanovení pronikání slunečního záření do nitra porostu.

Problematika stanovení délky a průběhu stínu v lesních porostech s různou orientací byla detailně studována různými autory, délka stínu byla zjišťována pro stanovení odtávání sněhu nebo vytvoření vhodných podmínek pro obnovu. Výsledky jsou prezentovány ve

formě tabulkových přehledů nebo grafů pro konkrétní území. Nomogramy umožňující stanovení délky období slunečního záření a doby stínu na svazích různého sklonu a orientace publikoval např. JUNGHANS (1966). Z našich autorů se délkou stínu detailně zabývali ČIHAL, JURČA (1961) v souvislosti s rozpracování lesních porostů maloplošnými obnovními postupy. Autoři počítali hodnoty stínu pro 30 m strom (porost) rostoucí na rovině a svazích s proměnlivým sklonem a expozicí. Výpočet realizovaný pro konkrétní dny pro okolí Brna lze aplikovat i pro jiné oblasti státu s tím, že délky stínu v daných termínech se mohou v jiných oblastech lišit maximálně o 10 % od hodnot udávaných v tabulkách. Obdobnou studii provedl i LEIBUNDGUT (1981) pro podmínky Švýcarska, který počítal dobu stínění maloplošných obnovních prvků okolním porostem na svazích s různou orientací. Pro širokou škálu zeměpisných souřadnic území USA kalkulace provedli např. HALVERSON, SMITH (1974) nebo GEIER-HAYES et al. (1996).

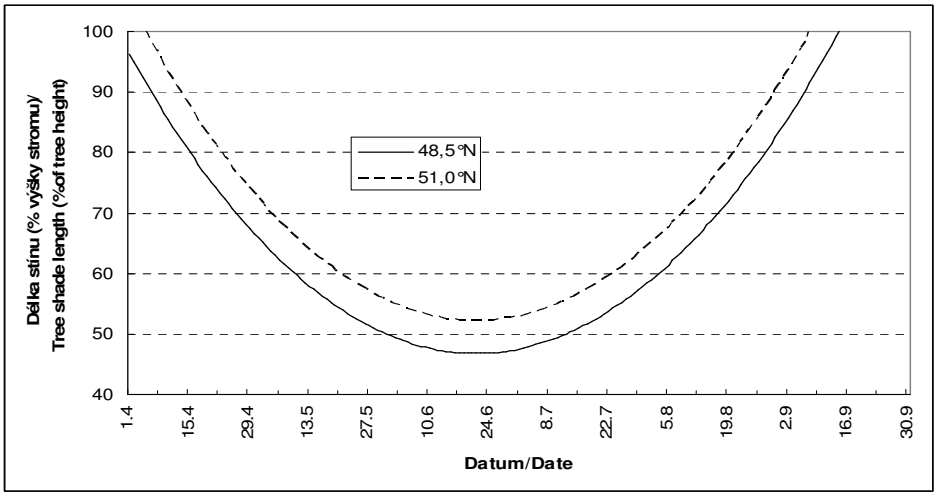
Přestože je problematika délky stínu stromů opakovaně řešena, pro lesní hospodáře chybí jednoduchý postup umožňující vypočítat délku stínu pro konkrétní stanovištní podmínky. V ostatních oborech, kde je problematika stínění důležitá (architektura, solární elektrárny, astronomie) existují obdobné aplikace, jejich použití v lesnictví je omezené nebo nemožné.

METODIKA

Pro výpočet pohybu slunce po obloze jsou udávány různé postupy v závislosti na požadovaném využití (architektura, stavebnictví, solární elektrárny, astronomie) a míře přesnosti. Použitý postup výpočtu pozice slunce na obloze pro konkrétní termín byl převzat z internetu (http://www.srrb.noaa.gov), tento postup v sobě zahrnuje i korekce vlivem atmosférických refrakcí i sluneční deklinaci. Výpočet minimální délky stínu stromu byl prováděn pro modelové souřadnice (50° s. š. a 16° v. d.) pro termín 12:00 hodin ve vegetačním období (duben – září). Hodnoty byly spočítány pro základní expozice (S, V, J, Z) a sklony svahu (0, 5, 10, 20 a 30°). Vyjádření hodnot v procentech výšky stromu umožňuje snadný přepočet hodnot pro odlišné stanovištní a porostní podmínky. Grafické znázornění umožňuje zobrazení širší škály hodnot než vyjádření v tabulkách. Délky stínu vypočítané pro odlišné časové údaje (± 2:00 a ± 3:00 hodin od poledne) naznačují postup prodlužování minimální délky stínu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro stanovení délku stínu je rozhodující výška slunce nad horizontem daná zeměpisnou šířkou stanoviště a datem sledování. V rámci České republiky zeměpisná šířka kolísá v intervalu 48,5 – 51° s. š. Pro dané rozpětí zeměpisných šířek (2,5°) se minimální délky stínu stromu na rovině v období letního slunovratu liší o 5,4 % (Obr. 1), tento rozdíl při výšce stromu 30 m činí až 1,6 m. Pro svahové polohy mohou být rozdíly délky stínu ještě výraznější v závislosti na sklonu a expozici svahu. S klesající výškou slunce nad horizontem v průběhu roku se rozdíly délek stínů zvyšují. Obdobnou korekci je vhodné provést i pro výsledky publikované LEIBUNDGETEM (1981), které jsou našimi autory opakovaně přejímány (POLENO et al. 2007, KOŠULIČ 2010). Leibundgut počítal plochu trvalého zástinu v maloplošných obnovních kotlících na svazích s různou expozicí a sklonem pro oblast Zürichu (N 47,5°, E 8,5°).



Obr. 1: Délka stínu (v % výšky stromu) pro rozpětí zeměpisných šířek.

Fig. 1: *Tree shade length (in % of tree height) for range of latitudes.*

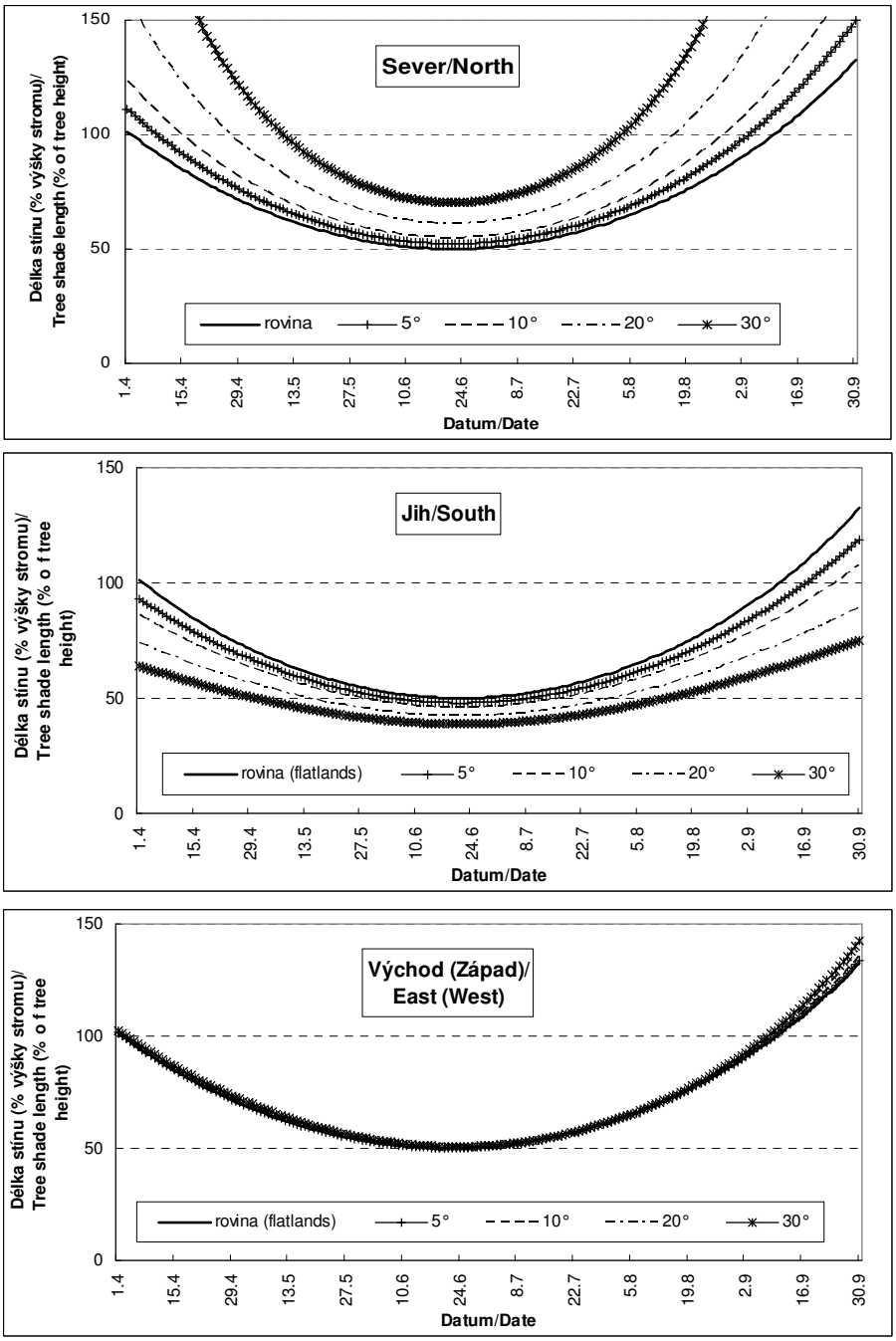
Pro modelové stanoviště (50° s. š.) dosahuje v období letního slunovratu délka stínu na rovině 50 % výšky stromu. S rostoucím odklonem svahu na sever se délky stínu logicky prodlužují (pro zvolené rozpětí sklonu svahu až o 20 %), (Obr. 2), u jižních svahů není zkracování tak výrazné (11 %). Změny délky stínu na svazích s východní (západní) orientací jsou minimální (Tab. 1, Obr. 2), vliv sklonu svahu na těchto expozicích se výrazněji projevuje před a po kulminaci výšky slunce na obloze.

Při požadavku celoročního zastínění celé plochy maloplošné obnovní skupiny pravidelného kruhového tvaru by její výměra neměla přesáhnout 177 m^2 při porostní výšce 30 m. Větší výměru trvale zastíněné plochy lze zajistit pouze u oválných skupin s delší osou orientovanou S–J směrem. Poměry obou os se mění s ohledem na svahové poměry (ČIHAL, JURČA 1966). Ani u takto tvarované skupiny však nelze zajistit výraznější výměru (353 m^2 na rovině). U takto malých obnovních prvků však není možné počítat ani s výraznějším podzářením sousedního porostu přímým slunečním zářením. Nejvýraznější změny délky stínu v průběhu roku nastávají na severních svazích, na svazích s odlišnou orientací jsou větší změny pozorovatelné na počátku a konci sledovaného období.

Tab. 1: Nejkratší délka stínu stromu (% výšky) v závislosti na orientaci a sklonu svahu.

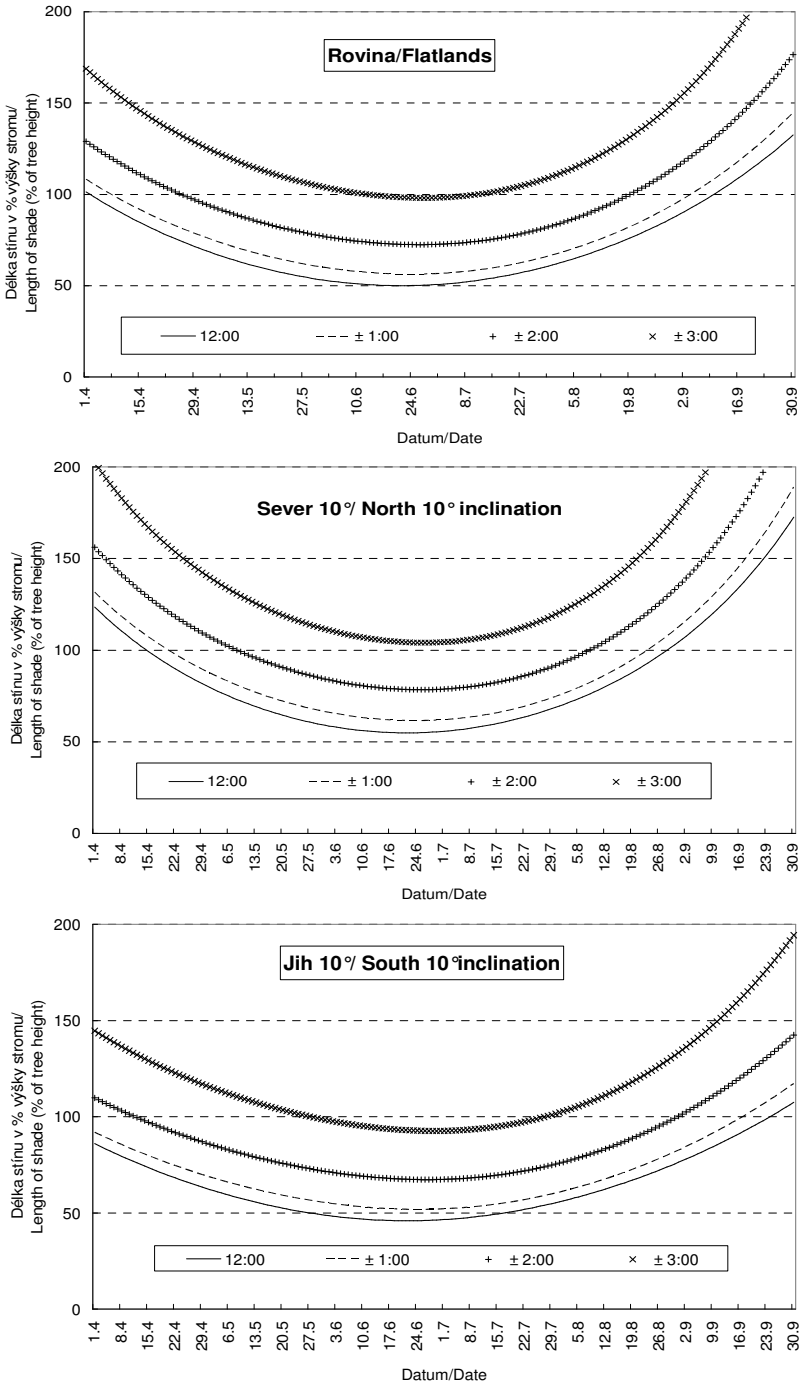
Tab. 1: *Shortest tree shade length (% of tree height) according to slope orientation and inclination.*

Sklon svahu *Slope inclination*	**Orientace svahu** */ Slope orientation*		
	S *(North)*	**V/Z** *(East/West)*	**J** *(South)*
0°	**50,0**	**50,0**	**50,0**
10°	**52,3**	**50,1**	**47,9**
15°	**54,8**	**50,2**	**46,0**
20°	**61,1**	**50,4**	**42,3**
30°	**70,3**	**50,6**	**38,8**



Obr. 2: Délka stínu (v % výšky stromu) na rovině a pro různě skloněné svahy.

Fig. 2: *Tree shade length (in % of tree height) on flat ground and slopes with diferrent inclination.*



Obr. 3: Délka stínu v poledne a 1 (2, 3) hodiny před a po poledni.

Fig. 3: *Length of tree shade length at noon and 1 (2, 3) hours before and after noon.*

U stromů s jiným tvarem koruny ve vrcholové části než kuželovitým dochází k posunu stínící hrany a stín koruny je delší. S rostoucí šířkou nebo nepravidelností koruny ve vrcholové části se tento posun zvětšuje. GEIER-HAYES et al. (1995) udávají, že pro cylindrický tvar koruny 30 m stromu může tento posun dosahovat až 5 m ve srovnání se stínem stromu s korunou kuželovitou. Obdobný problém je zmiňován i při měření výšek stromu výškoměry.

K prodlužování délky stíny stromů dochází před a po dosažení kulminace výšky slunce, změny délek stínů v termínech 1, 2 a 3 hodiny od poledne ukazují Obr. 3. Minimální prodloužení stínu při posunu času o ± 1 hodinu od poledne nastává v druhé polovině července (5–6 % výchozí délky stínu). Délka stínu při posunu času o ± 2 hodiny od poledne se protáhne o 20–23 % v závislosti na orientaci svahu, v 9:00 (nebo 15:00) je stín již o 46–50 % delší než stín polední.

ZÁVĚR

Příspěvek podává informace o délce stínu stromů v průběhu vegetačního období v různých kombinacích orientace a sklonu svahu. V rámci ČR se délka nejkratšího stínu při letním slunovratu liší o 5,4 % délky, na svazích mohou být tyto rozdíly ještě výraznější. Pro modelové stanoviště (50° s. š., rovina) dosahuje délka minimální stínu 50 % výšky stromu, výrazné změny v délce nastávají u svahů se severní orientací. Při požadavku celoročního zastínění porostních mezer by při pravidelném kruhovém tvaru jejich výměra neměla přesáhnout 177 m^2, prodloužením os kolmo orientovaných na jih lze dosáhnout maximální výměru 353 m^2. U stromů s širší korunou ve vrcholové části dochází k posunu stínící hrany po obvodu koruny, vržený stín se tím prodlužuje. S rostoucí odchylkou od kulminace výšky slunce se stín prodlužuje. Převedení hodnot délky stínu na % výšky stromu a grafické znázornění usnadní přepočítání hodnot i pro odlišná stanoviště.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu NAZV č. QI102A085 (Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích).

LITERATURA

ALLEN, R. et al. (2006): Analytical integrated functions for daily solar radiation on slopes. Agricultural and Forest Meteorology, 139: 55–73.

ČIHAL, A. – JURČA, J. (1966): Příspěvek k otázce využívání údajů o délkách stínů a podzáření při obnovách lesních porostů. Sborník VŠZ v Brně, Řada C: Spisy fakulty lesnické, 1–2: 21–32.

GEIER-HAYES, K. – GATES, M. A. – BASFORD, D. D. (1995): Determining Individual Tree Shade Length: A Guide for Silviculturists. USDA Forest Service Research, GTR-324, 64 s.

HALVERSON, H. G. – SMITH, J. L. (1974): Controlling solar light and heat in a forest by managing shadow sources. USDA Forest Serv. Res. Paper PSW-102, 14.

JUNGHANS, H. (1966): Die Sonenscheinendauer geneigter Flächen. Archiv für Forstwessen, 15: 5/6: 545–553.

KOŠULIČ, M. (2010): Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. FSC, Brno.

LEIBUNDGUT, H. (1981). Die natürliche Waldverjüngung. Paul Haupt, Bern, Stuttgart. 115 s.

POLENO, Z. et al. (2007): Pěstování lesů II. Ekologické základy pěstování lesů. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 315 s.

ROŽNOVSKÝ, J. – HAVLÍČEK, V. (1999): Bioklimatologie. MZLU, Brno, 155 s.

Adresa autora:
Ing. JIŘÍ SOUČEK, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550,
517 73 Opočno
tel.: 494 668 391
e-mail: soucek@vulhmop.cz

Vliv stratifikace na základní charakteristiky kvality semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.)

Effect of sycamore seeds (Acer pseudoplatanus L.) stratification on their basic quality characteristics

JANA STEJSKALOVÁ – IVO KUPKA

Abstract

Sycamore (Acer pseudoplatanus L.) seeds are more and more used in forest nurseries and therefore the knowledge on their proper treatment is desirable. The presented paper evaluates the influence of seed stratification on basic seed characteristics, namely germination capacity. The seed samples were treated in different ways to evaluate their reaction to these different handling. The data proved a significant increase of germination rate after recommended length of stratification. Results also suggest that the germination test could be longer than proposed in our standard as there are a quite large proportion of seeds, that not 'quick enough' to germinate within the given time period.

Keywords: *Sycamore, seed handling, chilling, germination, vitality*

Abstrakt

Semena javoru klenu *(Acer pseudoplatanus L.)* jsou stále častěji používána pro pěstování sadebního materiálu v lesních školkách, a proto jsou znalosti o vhodné předosevní přípravě těchto semen žádoucí. Předkládaný příspěvek dokládá vliv stratifikace na kvalitativní ukazatele semen javoru klenu, zejména jeho klíčivost. V této studii bylo provedeno několik variant předosevní přípravy semen a zhodnocen jejich vliv na jejich kvalitu. Výsledky prokazují pozitivní vliv stratifikace na klíčivost semen. Zároveň se ukazuje, že doba zkoušky klíčivosti je pravděpodobně příliš krátká, protože významný podíl semen ve vzorcích nevyklíčil v předepsané době zkoušky klíčivosti.

Klíčová slova: *javor klen, předosevní příprava semen, stratifikace semen, klíčení, vitalita semen*

ÚVOD

Javor klen je v Evropě nejrozšířenější druh javoru (RUSANEN, MYKING 2003). V České republice je to lesnicky nejvýznamnější javor. Vyskytuje se na celém území ČR roztroušeně od pahorkatin. Hojnější je v podhorských nebo horských polohách (600–900 m n. m.), (JENÍK 1961). Klen je polostinnou dřevinou. V mládí snáší značné zastínění, později i plné osvětlení. Klen má vyšší nároky na úživnost půdy, na vzdušnou i půdní vlhkost, nesnáší však záplavy ani stagnující vodu a je citlivý k silným mrazům (MUSIL 2005).

Vyskytuje se na hlubokých, čerstvě vlhkých a humózních, živných půdách, převážně suťových, s vysokým obsahem skeletu. V tomto ohledu patří klen mezi tzv. náročné listnáče (SLÁVIK 2004).

Současné zastoupení javorů v lesích ČR je 1,3 % a doporučené zastoupení je 1,5 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010).

Plody javorů jsou typické křídlaté dvounažky s dotýkajícími se semennými pouzdry. Každá nažka obsahuje jedno semeno bez endospermu (CARL, SNOW 1971). Když je dosaženo plné zralosti má oplodí suchý, vrásčitý vzhled (PALÁTOVÁ 2008). Plody dozrávají v září a opadávají od října až do zimy (MUSIL 2005).

Klen plodí pravidelně (jednou za tři roky) a hojně (SUZSKA 1996. Produkce osiva se v různých letech odlišuje. Liší se i v porostech a jednotlivě stojících stromech (BJORKBOM 1979).

V oplodí javoru klenu je ukryto embryo, které je navíc kryto osemením. Pletivo obsahuje zásobní látky, jež umožňují vývoj a růst embrya po oplodnění. Semenný obal se začíná vyvíjet už před oplodněním a po dozrání semene jeho vývoj končí (KUPKA 2005). Existence oplodí a osemení je mimo jiné jednou z hlavních příčin klíčního klidu (BOONER 2008).

Semena mají nejvyšší životnost po dozrání, poté dochází k nevratným degenerativním změnám, postupné ztrátě vitality a schopnosti klíčit. Semena mají sníženou toleranci k nepříznivým podmínkám skladování, což může vést až ke ztrátě klíčivosti (PROCHÁZKOVÁ 2010).

Podle schopnosti semen snášet snížení obsahu vody se semena dělí do dvou skupin – na ortodoxní a rekalcitrantní. Semana javoru klenu patří mezi semena rekalcitrantní. Rekalcitrantní semena mají vysoký spodní kritický obsah vody 30–50 % (PROCHÁZKOVÁ 2010). I za optimálního obsahu vody si udržují životnost jen týdny nebo měsíce. Pro vysoký obsah vody nesnáší při skladování mrazové teploty, a protože intenzivně dýchají, nelze je skladovat bez přístupu vzduchu.

Dormance je poslední fáze zrání některých semen. Tímto termínem označujeme stav semene, ve kterém životná semena neklíčí ani ve vhodných podmínkách. Dormance má význam pro přežití druhu, protože posunuje klíčení v času a prostoru a ovlivňuje i geografickou distribuci druhu (BEWLEY, BLACK 1982).

Semena javoru klenu vykazují dva typy dormance – embryonální (fyziologickou) a obalovou (morfologickou). Embryonální dormancí procházejí semena klenu ještě v koruně stromu. Ke konci dozrávání nezralá semena neklíčí ani po odstranění obalů (odstraněním obalů se ruší účinek tzv. obalové dormance), zatímco zralá semena po oloupání oplodí a osemení v optimálních podmínkách při 20 °C klíčí bez zábran (PROCHÁZKOVÁ 1992). Obalová dormance zralých semen je způsobena nepropustným osemením, které brání vyplavení inhibičních látek z embrya (WEBB, WAERING 1972). Pro překonání dormance je třeba vlhká semena stratifikovat. Běžně používaná metoda předosevní přípravy je studená stratifikace nažek klenu s vlhkým médiem (např. hrubozrnným pískem), (PROCHÁZKOVÁ 1993) při 1 až 5 °C po dobu 40, 60 až 120 dnů (VINCENT 1965; SCHOPMEYER 1974; TÓTH, GARRETT 1989). SUZSKA et al. (1996) uvádějí nezbytnou délku stratifikace osiva různého původu v rozmezí od 5 do 20 týdnů. Doporučená teplota stratifikace pro nažky klenu je 1 až 5 °C. Délka stratifikace kolísá i podle roku sběru osiva, což souvisí s různým stupněm zralosti a tím i dormance v různých letech (PROCHÁZKOVÁ 1992).

Chlad při stratifikaci musí vždy působit na zbobtnalá semena, nikoli na semena suchá. Během stratifikačního chlazení dochází postupně k odbourávání abscisové kyseliny (ABA) a k růstu hladiny giberelinů (ZASADA et al. 2006).

Cílem této práce je zhodnocení a ověření nutnosti předosevní přípravy semen javoru klenu k odbourání dormance a porovnání zjištěných výsledků zkoušek klíčivosti stratifikovaných i nestratifikovaných semen se zkouškou barvením v roztoku tetrazolia (dle Normy ČSN 48 1211).

MATERIÁL A METODIKA

Pokusný semenný materiál byl sesbírán z uznaných rodičovských stromů (zdroj kvalifikovaný – vzorky Q1–Q3) a porostu (zdroj identifikovaný – vzorek I1). Tyto čtyři vzorky byly sesbírány a použity k otestování jejich kvality a zhodnocení možnosti odstranění dormance.

Přehled a charakteristika použitého semenného materiálu (vzorků) jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Základní charakteristika použitých vzorků semen.

Tab. 1: *Basic description of seeds units tested.*

Označení[1]	Kategorie reprodukčního materiálu[2]	Zdroj reprodukčního materiálu[3]	Lesní oblast[4]	Lesní vegetační stupeň[5]	Datum sběru[6]	Datum zahájení pokusů[7]
Q1	kvalifikovaný[8]	rodičovský strom[9]	16	4	11.11.2011	29.11.2011
Q2	kvalifikovaný	rodičovský strom	16	4	11.11.2011	29.11.2011
Q3	kvalifikovaný	rodičovský strom	16	4	11.11.2011	29.11.2011
I1	identifikovaný[10]	porost[11]	16	4	11.11.2011	29.11.2011

[1]seed unit, [2]category, [3]source type, [4]provenance region number, [5]vegetation zone number, [6]collection seed date, [7]test started date, [8] qualified, [9]identified, [10]parent tree, [11]Stand

Kvalita osiva je všeobecně velmi variabilní, a proto byly na každém použitém vzorku provedeny základní zkoušky kvality. Prvním krokem tedy bylo zjistit životnost (provedením zkoušky životnosti máčením semen ve vitálním roztoku tetrazolia), absolutní hmotnost a obsah vody v semenech. Všechny testy byly provedeny dle Normy ČSN 48 1211 (1997).

V České státní normě je uvedeno, že semena javoru klenu je vždy nutné před zkouškou klíčivosti stratifikovat dle postupů, které jsou v této normě uvedeny. Norma doporučuje stratifikaci po dobu 2 měsíců, a až poté se přistupuje k testu klíčivosti, který trvá 21 dní.

Kromě standardního postupu doporučeného naší normou (označeno 21 Strat.), byly vzorky osiva testovány (pomocí zkoušky klíčivosti) i bez předchozí stratifikace (21 – bez strat.) a klíčivost vzorků bez stratifikace byla navíc zjišťována i po 35 dnech (35 – bez strat.). V jednotlivých pokusech byl posuzován vliv stratifikace na základní kvalitativní charakteristiky (klíčivost/životnost) semen javoru klenu a byla tak ověřena nutnost doporučeného způsobu stratifikace semen.

Byly založeny následující pokusy se semennými vzorky (pro každý jednotlivý pokus bylo použito vždy 4 opakování × 100 ks semen z každého oddílu):

- Standardní stratifikace semen javoru klenu a následující 21 denní zkouška klíčivosti (dle Normy ČSN 48 1211),
- 21 denní zkouška klíčivosti bez předosevní přípravy (tato varianta prodloužena o další 2 týdny),
- Zkouška životnosti semen barvením v roztoku tetrazolia (dle Normy ČSN 48 1211).

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

Při zkoušce klíčivosti byla semena rozložena do připravených uzavíratelných klíčidel na vrstvu vodou nasáklého filtračního papíru a takto nachystané vzorky byly umístěny do speciální místnosti, ve které byly po 21 dní inkubovány při stálé teplotě 20 °C. Po této době byl zjištěn počet semen vyklíčených, svěžích (živých, ale zatím nevyklíčených) a počet semen mrtvých. Z důvodu vysokého počtu semen svěžích byla zkouška prodloužena o další dva týdny.

Pokus s předosevní přípravou byl proveden stejným způsobem, jako předešlá varianta, s tím rozdílem, že semena byla nejprve stratifikována na klíčidlech při teplotě 5 °C po dobu 60 dní (podle ČSN 48 1211). Poté byla tato klíčidla opět přesunuta na 21 dní do místnosti s teplotou 20 °C.

Zkouška životnosti barvením v tetrazoliu se používá u javorových semen častěji než klasická zkouška klíčivosti (PROCHÁZKOVÁ 1992) a postup přípravy roztoku tetrazolia je uveden v normě ČSN 48 1211. Před samotným barvením v roztoku tetrazolia musí proběhnout příprava semen (KRÄMER 2005). Celé nažky se nejprve máčí 18 hodin ve vodě při teplotě 20 °C. Poté je naříznuto oplodí tak, aby nedošlo k narušení klíčku a celé oplodí se odstraní. Nařízne se malý kousek osemení a semena jsou opět namočena do vody na cca 3 hodiny. Poté je odstraněn celý zbytek osemení a semena se dají inkubovat do 1% roztoku TTC při 30 °C na 18 hodin. Při hodnocení se přihlíží ke zabarvení endospermu a embrya. Postup, jakým se embrya a endospermy hodnotí, je popsán v ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing.

Zjištěné výsledky byly otestovány v programu Statistica. Pro posouzení závislosti zjištěných hodnot mezi absolutní hmotností a životností byla použita korelace a regrese.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Zjištění základních kvalitativních znaků semenných vzorků bylo základem pro další pokusy. Základními kvalitativními znaky jsou absolutní hmotnost 1000 ks semen, obsah vody a životnost/klíčivost. Postupy jednotlivých zkoušek jsou popsány v ČSN 48 1211 (1997), kde jsou také uvedeny průměrné hodnoty pro javorové osivo. Tyto kvalitativní znaky jsou klíčovými faktory kvality osiva. Zjištěné údaje byly srovnány s hodnotami uvedenými v normě. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 2.

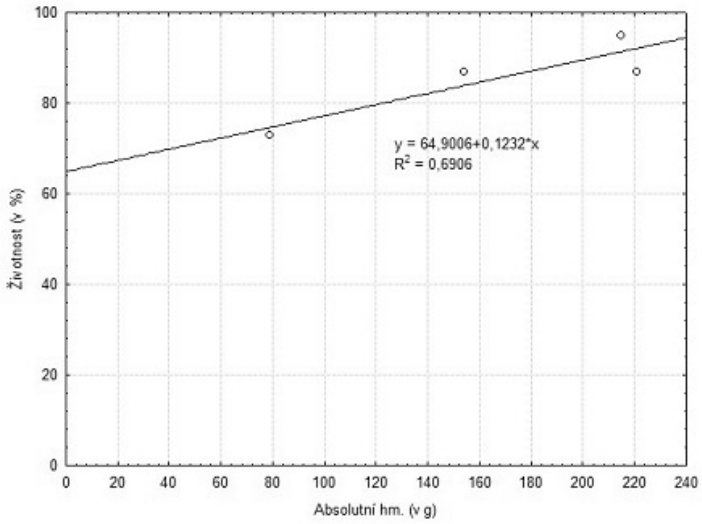
Tab. 2: Výsledky zkoušek kvality semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.).

Tab. 2: *Basic seed quality characteristics of sycamore seeds (Acer pseudoplatanus L.).*

Označení[1]	Životnost[2] [%]	Absolutní hmotnost[3] [g]	Obsah vody[4] [%]
Norma[5] ČSN 48 1211	80	95	-
Q1	87	154	36,7
Q2	95	215	40,5
Q3	73	79	32,9
I1	87	221	41,7

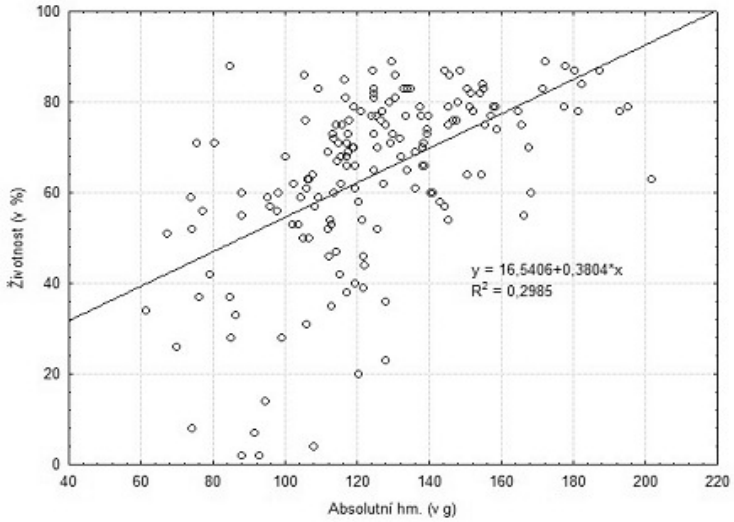
[1]seed unit, [2]vitality, [3]weight of 1,000 [pcs.] seeds, [4]moisture content, [5]Czech Standard

Rozdíl v hmotnosti byl prokázán u vzorků Q1, Q2 a I1. Tyto vzorky mají prokazatelně vyšší hodnotu než vzorek Q3 i vyšší, než jakou udává norma. Ostatní kvalitativní znaky se neliší významně ani od normy ani mezi sebou. Naznačují také poměrně úzký vztah mezi absolutní hmotností a životností (Obr. 1).



Obr. 1: Vztah mezi absolutní hmotností a životností testovaných vzorků Q1, Q2, Q3, I1 semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.).

Fig. 1: *Relationship between absolute weight and vitality of tested samples Q1, Q2, Q3, I1 sycamore maple seeds (Acer pseudoplatanus L.).*



Obr. 2: Vztah mezi absolutní hmotností a životností semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.) – výsledky z Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Kunovice.

Fig. 2: *Relationship between absolute weight and vitality of sycamore maple seeds (Acer pseudoplatanus L.) – results from Forest and Game Management Research institue, Research station Kunovice.*

K ověření a doplnění tohoto zjištění byly využity údaje o výsledcích zkoušek kvality z let 2003–2012 (celkem 169 údajů) z archivu Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Kunovicích – VÚLHM UH. Z těchto údajů byla také potvrzena závislost a vztah mezi životností semen a jejich absolutní hmotností (Obr. 2).

Veškeré výsledky byly porovnány s údaji uvedenými v Normě ČSN 48 1211 (2006) a s výsledkem zkoušky životnosti, která byla provedena před zahájením testů. Je doporučeno po ukončení zkoušky klíčivosti hodnotit i semena, která po dobu trvání zkoušky klíčivosti nestihla vyklíčit (tzv. svěží zelená semena) a po jejichž rozříznutí je zjištěno, že nejsou mrtvá (prázdná, shnilá). Tato svěží semena by pravděpodobně vyklíčila, pokud by zkouška klíčivosti trvala delší dobu. Výsledky jsou v Tab. 3.

Tab. 3: Výsledky různých variant zkoušek klíčivosti v porovnání se zkouškou živnotnosti.

***Tab. 3**: Germination test results of seed lots quality and identify quality.*

Označení[1]	21 – bez strat.[2] [%]	35 – bez strat.[3] [%]	21 strat.[4] [%]	21 strat. + svěží semena[5] [%]	Životnost[6] [%]
Norma[6] ČSN 48 1211	-		80	-	80
Q1	0	13	65	84	87
Q2	0	12	52	93	95
Q3	0	10	47	88	73
I1	0	16	43	91	87

[1]seed lot, [2]seeds without stratification, [3]seeds without stratification after 35 days, [4]seeds with stratification, [5]seeds with stratification + fresh seeds, [6]vitality, [7]Czech Standard

Byl zjištěn rozdíl mezi jednotlivými variantami u obou kategorií reprodukčního materiálu (kvalifikovaný a identifikovaný). Po provedení normovaného postupu zjištění klíčivosti (60 dní stratifikace + 21 denní test klíčivosti) by se měly zjištěné hodnoty blížit k 80 % (realita je nižší, ale to je běžné díky variaci mezi jednotlivými oddíly). Semena, která nebyla před založením zkoušky klíčivosti stratifikována, nevyklíčila za 21 dní vůbec. Když byla ale tato doba prodloužena o další 2 týdny (35 dní celkem), začalo malé procento semen klíčit, ale hodnoty byly pořád výrazně nižší oproti normě (hladina významnosti $\alpha = 0{,}01$). Zjištěná fakta potvrzují význam a nutnost semena javoru klenu před zkouškou klíčivosti stratifikovat.

Zajímavé je, že procento vyklíčených stratifikovaných a svěžích semen je blízký procentu semen udaných v normě (80 %). Výsledky zkoušky životnosti se statisticky významně liší (na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$) od hodnot zkoušky klíčivosti s předchozí stratifikací, ale statisticky významně se neliší od výsledků, ke kterým byl připočten počet semen svěžích (Tab. 3).

Dosažené výsledky jsou velmi podobné pro všechny vzorky s výjimkou vzorku Q3, jehož kvalita byla nižší již před zahájením testů (Tab. 2). Data rovněž naznačují, že doba zkoušky klíčivosti (21 dní) je poměrně krátká a mohla by být delší. Tento závěr by musel být ale podložen testováním mnohem většího množství vzorků.

ZÁVĚR

V porovnání s našimi hlavními hospodářskými dřevinami nejsou semena javoru klenu zatím tolik prozkoumána. Proto jsou i znalosti o jejich správné předosevní přípravě omezeny. Norma ČSN 48 1211 doporučuje k tomu, aby semena překonala dormanci a začala klíčit, předosevní přípravu po dobu dvou měsíců. Účelem tohoto příspěvku bylo nejen ověřit nutnost stratifikovat semena z důvodu překonat dormanci, ale i posouzení, zda je délka stratifikace dostačující. Byl také testován rozdíl mezi identifikovaným a kvalifikovaným reprodukčním materiálem.

Data potvrzují, že stratifikace (chlazením) je velmi důležitá pro zvýšení klíčivosti semen javoru klenu (*Acer pseudoplatanus* L.). Klíčivost bez předchozí stratifikace je téměř nulová, zatímco po stratifikaci se klíčivost výrazně zvýší (čtyři nebo dokonce pětkrát).

Výsledky také naznačují, že zkouška klíčivosti by mohla trvat delší dobu, než jakou navrhuje norma, protože existuje velká část semen, která nejsou „dostatečně rychlá“, aby vyklíčila v daném časovém období, (viz Tab. 3, kde 30 % z testovaných semen nebylo schopno klíčit za dobu 21 dní, ale byly schopny klíčit později. Tuto hypotézu potvrzuje i fakt, že součtem počtu vyklíčených semen ve standardním časovém období a součtem počtu svěžích semen dostaneme téměř podobnou hodnotu (80 % živých semen) jež je uvedena v naší normě.

Zároveň byla prokázána a potvrzena závislost a určitý vztah mezi absolutní hmotností semen a jejich životností.

LITERATURA

BEWLEY, J. D. – BLACK, M. (1982): Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination, Viability, Dormancy and Environmental Control. Berlin, Springer, 375 s.

BJORKBOM, J. C. (1979): Seed production and advance regeneration in Allegheny hardwood forests. Research Paper No. NE-435, Broomall, PA, USDA Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station, 10 s.

BOONER, F. T. (2008): Seed Biology. In: Woody Plant Seed Manual. Forest Service, s. 12–33

CARL, C. M. JR – SNOW, A. G. (1971): Maturation of sugar maple seed. Research Paper No. NE-217. Upper Darby, PA, USDA Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station, 9 s.

JENÍK, J. (1961): Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Academia, Praha, 407 s.

KRÄMER, S. (2005): Preparation of *Acer pseudoplatanus*. [lecture] 10th ISTA Tetrazolium Workshop 2005, Karlsruhe, Germany, 11.–15. 6. 2005.

KUPKA, I. (2005): Základy pěstování lesa. Česká zemědělská univerzita, Praha, 174 s.

MUSIL, I. (2005): Lesnická dendrologie 2. Listnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita, Praha, 216 s.

PALÁTOVÁ, E. (2008): Zakládání lesa I.: lesní semenářství. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 120 s.

PROCHÁZKOVÁ, Z. (1992): Javor klen (*Acer pseudoplatanus*): Sběr, skladování a předosevní příprava. Zprávy lesnického výzkumu, 37: 3: 22–29.

PROCHÁZKOVÁ, Z. (1993): Skladování a předosevní příprava semen a plodů listnatých dřevin (javoru klenu, mléče a habru). Zprávy lesnického výzkumu, 38: 1: 25–33.

PROCHÁZKOVÁ, Z. (2010): Způsoby získávání (sběru), přepravy a skladování osiva lesních dřevin. In: Inovace kvalifikačních znalostí v oboru lesního školkařství. Soubor přednášek, V. Foltánek (ed.), Brno, 18. 1. – 11. 6. 2010. Mendelova univerzita, Brno, 244 s., s.126–129.

RUSANEN, M. – MYKING, T. (2003): Technical Guidelines for genetic conservation and use for sycamore (*Acer pseudoplatanus*). EUFORGEN. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 s.

SCHOPMEYER, C. S. (1974): Seeds of woody plants in the United States. Forest Service, U. S. Department of Agriculture. Handbook No. 450., 883 s.

SLÁVIK, M. (2004): Lesnická dendrologie pro bakalářské studium HSSL. Skripta, ČZU, Praha, 80 s.

SUZSKA, B. – MULLER, C. – BONNET-MSIMBERT, M. (1996): Seeds of forest broadleaves: from harvest to sowing. INRA Editions, 334 s.

ÚRADNÍČEK, L. – MADĚRA, P. (2001): Dřeviny České republiky. Matice lesnická, Písek, 333 s.

TOTH, J. – GARRETT, P. W. (1999): Optimum temperatures for stratification of several maple species. Tree Planters Notes, 40: 9–12.

VINCENT, G. (1965): Lesní semenářství. Praha, SZN, 329 s.

WEBB, D. P. – WAERING, P. F. (1972): Seed dormancy in Acer. Endogenous germination inhibitors and dormancy in *Acer pseudoplatanus* L. Planta, 104: 115–125.

ZASADA, J. C. et al. (2006): Acer L. In: Woody Plant Seed Manual. Forest Service, s. 12–33.

ČSN 48 1211 Lesní semenářství: Sběr, jakost a zkoušky jakosti plodů a semen lesních dřevin, ČNI Praha, 2006, 56 s.

ISTA (2003): ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing. Volume II – Tree and Shrub Species. 1st Edition, 153 s.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR k 31.12.2010, MZe, Praha, 2011.

Adresa autorů:
Ing. JANA STEJSKALOVÁ
prof. Ing. IVO KUPKA, CSc.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů
Kamýcká 1176
165 21 Praha 6 – Suchdol
e-mail: jstejskalova@fld.czu.cz

Růst výsadeb douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na zemědělských půdách

Growth of young douglas fir plantations (Pseudotsuga menziesii /Mirb./ Franco) on agricultural lands

DAVID SYCHRA – OLDŘICH MAUER

Abstract

The aim of the paper was to analyse the growth of Douglas fir plantations on agricultural lands five years after planting. Altogether 11 stands were analysed. We assessed the losses, the development of above-ground part (8 parameters and traits) and within 2 stands also the architecture of root system. Site conditions in the plantations were assessed. The best plantings of Douglas fir were at the stands without any water influence, altitudinal zones 3rd–5th. Slow growth and high losses were at the water affected stands. There was found no dependency between shelter of stands and negative influence of frost.

Keywords: *Douglas fir, afforestation, agricultural land*

Abstrakt

Cílem práce bylo analyzovat růst douglasky tisolisté na zalesněných zemědělských půdách po pěti letech od výsadby. Celkem bylo analyzováno 11 porostů. Sledovány byly ztráty po výsadbě, vývin nadzemní části (8 parametrů a znaků) a u dvou porostů také vývin kořenového sytému. V sledovaných porostech byly zjištěny stanovištní podmínky. Nejlepší stav výsadeb byl zaznamenán na vodou neovlivněných krytých stanovištích 3. až 5. vegetačního stupně. Velmi špatně dopadly výsadby v porostech ovlivněných vodou bez ohledu na krytí. Nebyla zjištěna závislost mezi krytím porostu a negativním působením mrazu.

Klíčová slova*: Douglaska tisolistá, zalesňování, zemědělské půdy.*

ÚVOD A CÍL PRÁCE

Zalesňování zemědělských půd má v ČR dlouhodobou tradici. Na konci 19. a začátku 20. stol. bylo na území ČR zalesněno přibližně 18 tisíc ha nelesních ploch. Další rozsáhlé zalesnění nelesních půd bylo uskutečněno po druhé světové válce, v souvislosti s odsunem německého obyvatelstva. V té době bylo zalesněno téměř 100 tisíc ha, hlavně v podhorských a horských pohraničních oblastech. Počátkem 90. let v důsledku transformace zemědělských půd dochází k výraznému zalesnění nelesních půd, které jsou navíc podporovány dotacemi. Byla zalesněna především místa opuštěná, neplodná, obtížně využitelná a zemědělské půdy horších bonit (KACÁLEK, BARTOŠ 2002; VACEK et al. 2006).

Podmínky lesních půd se od půd zemědělsky využívaných většinou značně liší. Orání, kypření, pojezdy zemědělské techniky a hnojení zemědělských půd vyvolává značné změny ve fyzikálních a chemických vlastnostech půd a změna nastává také v mikroedafonu.

KACÁLEK et al. (2007) uvádí, že se u zemědělské půdy snižuje objem velkých vzdušných pórů v půdě, dochází k zhutnění orniční a zejména podorniční vrstvy, čímž se snižuje prostupnost těchto profilů pro kořeny lesních dřevin. MAUER (2006) uvádí, že orná půda může být až o 3 stupně zásaditější, může být podstatně trofnější než půda lesní a také může mít i zvýšenou fytotoxicitu. Vyšší zásaditost zemědělských půd potvrzují výsledky prací PODRÁZSKÝ et al. (2009). VACEK et al.(2006) tvrdí, že počet mikroorganismů se provzdušněním, mineralizací humusu i přihnojením půdy až několikanásobně zvýšil oproti původním společenstvům, avšak dochází k vymizení mykorhizních hub.

Limitujícím faktorem pro úspěšné zalesnění a zdárný vývoj kultur je volba vhodných dřevin. SIMON, VACEK et al. (2009) tvrdí, že obecně jsou pro zalesňování bývalých **zemědělských** půd vhodné dřeviny s pionýrskou strategií – jedná se především o dřeviny světlomilné a polostinné BO, MD, JS, JV LP, DB, BŘ, OS, JŘ – dřeviny, které vytvářejí bohatý kořenový systém. Nejvíce se však pro zalesňování zemědělských půd využívá naše nejdůležitější hospodářská dřevina, a to smrk ztepilý. Avšak zkušenosti s porosty I. generace lesa na bývalých zemědělských půdách jasně potvrzují, že zde smrk silně trpí hnilobami (MAUER 2006; SIMON, VACEK et al. 2009; BALÁŠ 2008; SIMON, KACÁLEK 2006).

Jako vhodná meliorační a zpevňující dřevina by mohla být na zemědělských půdách použita významná introdukovaná dřevina – douglaska tisolistá (*Pseudostsuga menziesii* [Mirb.] Franco) Její vysoká produkční schopnost je potvrzena i na zemědělské půdě. PODRÁZSKÝ et al. (2009) uvádějí, že porost douglasky na výzkumné ploše měl ve věku 39 let zásobu 439 $m^3.ha^{-1}$, což je přibližně o 25 % více než porost smrku ztepilého nebo borovice lesní. V podmínkách ČR není výrazně poškozována škůdci. Z lesních porostů je známá její odolnost vůči bořivému větru a tolerance vůči suchu (DOLESKÝ 2000; ŠIKA, VINŠ 1978). Citlivá je na poškození zimním vysýcháním a škody mrazem, které se mohou významně projevit na zpravidla nekrytých a otevřených zemědělských půdách.

V našich podmínkách se douglaska doporučuje pěstovat od 2. do 6. LVS, avšak optimální podmínky bude mít ve 3.–5. LVS. Nejlépe ji vyhovují průměrné roční srážky v rozmezí od 600–800 mm, avšak snáší i roční průměrné srážky v rozmezí od 500 do 550 mm, ve vegetačním období minimálně 200–250 mm. Na půdu není douglaska dřevinou náročnou. Nejčastěji roste na půdách kyselých (pH_{H2O} od 4,8 do 5,2). Vyhovují jí půdy hluboké a dobře provzdušněné (písčitohlinité nebo hlinitopísčité), nevhodné jsou pro ni těžké ulehlé půdy s nepropustným podložím a půdy zamokřené. Podle lesnické typologie jí vyhovují edafické kategorie S, B a H živné stanovištní řady a daří se jí také na půdách chudší kyselé řady K a půdách povrchově kamenitých N, F. Nedoporučuje se pěstovat ve větším zastoupení na půdách ulehlých, střídavě vlhkých, kde je stabilita porostu ohrožována větrem.

Cílem práce je vyhodnotit ztráty, posoudit růst a kvalitativní stav douglasky tisolisté na zemědělských půdách pět let po výsadbě v závislosti na velikosti a krytí holiny, stanovišti a původu zemědělské půdy (orná půda, travina).

METODY MĚŘENÍ

Hodnoceny byly provozní výsadby na zemědělských půdách uskutečněné v roce 2008, hodnoceny byly po 5 letech od výsadby. U rostlin nebyl znám jejich původ a ani typ užitého sadebního materiálu. Ve všech porostech se podle sponu vysázených douglasek zjišťovaly

ztráty. Měřeno a hodnoceno bylo alespoň 100 rostlin, pokud jich tolik kvůli velkým ztrátám v porostu zůstalo.

U všech rostlin byly zjišťovány tyto údaje:

- přírůsty nadzemní části rostliny v jednotlivých letech od výsadby v roce 2008 do konce vegetační doby v roce 2012,
- tloušťka kořenového krčku,
- počet dvojáků a trojáků a výška jejich nasazení,
- zvlnění kmene – přímý, do tří tlouštěk kmene a více jak tři tloušťky kmene,
- tvar koruny – trojúhelníkovitá, elipsovitá, kulovitá, jednostranná,
- délka jehlic na větvi posledního přeslenu
- barva jehlic – zelená, nažloutlá a žlutá,
- poškození pozdním mrazem v roce 2012.

Pro hodnocení krytí byla navržena stupnice, která hodnotí porosty podle krytí od čísla 1 – nejvíce krytý porost, do čísla 3 – nejméně krytý porost.

1 – Porost má výměru menší než 0,50 ha a je kryt sousedícími porosty alespoň ze tří stran.

2 – Porost má výměru do 1,50 ha a je kryt sousedními porosty ze dvou stran.

3 – Porost je větší než 1,50 ha nebo je kryt sousedním lesním porostem jen z jedné strany.

Na všech výsadbách byla zjištěna informace o stanovišti.

Analýzy kořenového systému byly realizovány ve dvou porostech s obdobnými stanovištními podmínkami a krytím výsadby, ale s rozdílným výškovým růstem rostlin. Kořenové systémy byly vyzvednuty ručně archeologickým způsobem a k jejich analýze byly užity metodické postupy ÚPZL Mendelu v Brně (MAUER et al. 2012).

K zjištění rozdílů mezi výškami nadzemních částí a tloušťkami kořenových krčků v porostech s odlišným krytím a na vodou ovlivněných porostech byla použita neparametrická ANOVA (Kruskal-Wallis test). Tučně a podtrženě jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly.

K zjištění rozdílů mezi kořenovými systémy byl použit t – test. Výsledky testu označeny graficky: + rozdíl signifikantní, – rozdíl nesignifikantní.

POPIS POROSTŮ

A, B – Výsadby se nacházely v blízkosti obce Bořanovice. Nadmořská výška 670 m n. m., BPEJ 84078 – jedná se o region mírně chladný, vlhký, průměrná roční teplota 5–6 °C, srážky 700–800 mm, půda silně skeletovitá. Rovina, v porostech byl určen SLT 5K. Před zalesněním byly pozemky využívány jako pastevní plochy. Porosty měly výměrů 0,20 ha a okolním porostem byly kryty ze tří stran.

C – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Doubravník. Nadmořská výška 430 m n. m., BPEJ 73715 – jedná se o region mírně teplý, vlhký, průměrná roční teplota 6–7 °C, srážky 650–750 mm, příznivé půdní vlastnosti. Porost se nacházel na jihovýchodním svahu se sklonem 6°. V porostu byl určen SLT 3K. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činí 1,48 ha a ze dvou stran sousedí s dospělým lesním porostem.

D – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Němčice. Nadmořská výška 600 m n. m., BPEJ 73715 – jedná se o region mírně teplý, vlhký, průměrná roční teplota 6–7 °C, srážky 650–750 mm, příznivé půdní vlastnosti. Rovina, v porostu byl určen SLT 5K Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu je 0,67 ha a je ze tří stran chráněn okolním lesním porostem.

E – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Kluky. Nadmořská výška 500 m n. m., BPEJ 53214 – jedná se o region mírně teplý, mírně vlhký, průměrná roční teplota 7–8 °C, srážky 550–700 mm, příznivé půdní vlastnosti. Porost se nacházel na jižním svahu se sklonem 6°. V porostu byl určen SLT 3K. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činní 0,94 ha a je ze dvou stran chráněn sousedícím lesním porostem.

F – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Kluky. Nadmořská výška 470 m n. m., BPEJ 52914 – jedná se o region mírně teplý, mírně vlhký, průměrná roční teplota 7–8 °C, srážky 550–700 mm, příznivé půdní vlastnosti. Rovina, v porostu byl určen SLT 3K. Před zalesněním byl pozemek využíván jako orná půda. Výměra porostu činní 0,80 ha a je ze tří stran chráněn sousedícím lesním porostem.

G – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Třebešov. Nadmořská výška 300 m n. m., BPEJ 57311 – jedná se o region mírně teplý, mírně vlhký, průměrná roční teplota 7–8 °C, srážky 550–700 mm. Půdy oglejené a pseudogleje. Rovina, v porostu byl určen SLT 5L. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činní 0,50 ha a je ze tří stran chráněn sousedícím lesním porostem.

H – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Vráž. Nadmořská výška 430 m n. m., BPEJ 75001 – jedná se o region mírně teplý, vlhký, průměrná roční teplota 6–7 °C, srážky 650–750 mm. Půdy oglejené a pseudogleje. Rovina, v porostu byl určen SLT 3O. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činní 1,57 ha a z jedné strany sousedí s lesním porostem.

I – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Kluky. Nadmořská výška 450 m n. m., BPEJ 55001 – jedná se o region mírně teplý, mírně vlhký, průměrná roční teplota 7–8 °C, srážky 550–700 mm. Půdy oglejené a pseudogleje. Rovina, v porostu byl určen SLT 4V. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činní 0,74 ha a z jedné strany sousedí s lesním porostem.

J – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Vendolí. Nadmořská výška 580 m n. m., BPEJ 72031 – jedná se o region mírně teplý, vlhký, průměrná roční teplota 6–7 °C, srážky 650–750 mm, příznivé půdní vlastnosti. Porost se nacházel na severovýchodním svahu se sklonem 7°. V porostu byl určen SLT 5S. Před zalesněním byl pozemek využíván jako louka. Výměra porostu činní 4,47 ha a z jedné strany sousedí s lesním porostem.

K – Výsadba se nacházela v blízkosti obce Grešlové Mýto. Nadmořská výška 390 m n. m., BPEJ 42911 – jedná se o region mírně teplý, suchý, průměrná roční teplota 7–8,5 °C, srážky 450–550 mm, příznivé půdní vlastnosti. Porost se nacházel na jihovýchodním svahu se sklonem 6°. V porostu byl určen SLT 2S. Před zalesněním byl pozemek využíván jako orná půda. Výměra porostu činní 1,54 ha a z jedné strany sousedí s lesním porostem. Přírodní podmínky nejsou kvůli dostatečným srážkám pro růst douglasky tisolisté optimální.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Ztráty v porostech mezi jednotlivými variantami se velmi liší (Tab. 3). Nejmenší ztráty byly zjištěny v porostech s krytím 1 (A, B), kde jsou ztráty do 18 %. Ztráty do 31 % byly

zaznamenány v porostech s krytím 2 a 3, které byly původně traviny (C, D, E, J). Vyšší procento ztrát v porostu F a K může být mimo jiné způsobeno tím, že se jedná o zalesněnou ornou půdu. MAUER (2006) uvádí, že orná půda může mít na rozdíl od travin až o 2 stupně vyšší aciditu půdy a také může mít fytotoxicitu vyšší než 50 %. Největší ztráty byly zaznamenány v porostech ovlivněných vodou (G, H, I), kde překračují ztráty 60 %. V porovnání s jinými výzkumy douglasek na zalesněných zemědělských půdách jsou námi zjištěné ztráty vyšší. MAUER a RUDOŠ (2007) uvádějí, že ztráty u douglasek 4 až 7 let po výsadbě na zemědělskou a lesní půdu nepřekročily 20 %. BARTOŠ a KACÁLEK (2010) udávají ztráty u douglasek 8 let po výsadbě na zemědělské půdě pouze 4 %. JIRMAN (2012) hodnotil provozní výsadby douglasky v lesích provedené dodavatelskou firmou a zjistil, že v nejlépe krytých porostech se pohybovaly ztráty kolem 17 %. Avšak na holinách částečně krytých se pohybovaly ztráty v průměru od 42 do 70 % a na holinách nekrytých 85 %. Lze usuzovat, že při kvalitně provedené výsadbě nejsou rozdíly ve ztrátách při odlišném krytí tak velké.

Nejvyšší výšky dosáhly stromky v porostech s krytím 2 (C až F) od 238,9 do 280,2 cm, což potvrdila neparametrická ANOVA (viz Tab. 1). Nejvyšší výška stromků byla zjištěna v porostu F – 280,2 cm. Velký přírůst v porostu F mohl být podpořen vyšší trofností orných půd oproti loukám a travinám. MAUER (2006) uvádí až 2,4 krát vyšší trofnost orných půd oproti travinám. Celková výška v porostech s krytím 1 (A B) se pohybovala kolem 183 cm a stromky zde dosáhly podobné výšky jako v porostech ovlivněných vodou (G, H, I), (viz Tab.1), kde průměrná výška také nepřesáhla 2 m.

Tab. 1: Porovnání nadzemní části podle porostů.

Tab. 1: *Comparasion of shoot length according to stands.*

Neparametrická ANOVA (Kruskal-Wallis test)[1] p = 0,05				
Porosty[2]	**A, B**	**C, D, E, F**	**G, H, I**	**J, K**
A,B		0,000	0,298	0,000
C,D,E,F	0,000		0,000	0,000
G,H,I	0,298	0,000		0,000
J,K	0,000	0,000	0,000	

[1]non-parametrical ANOVA (Kruskal-Wallis test), [2]stands.

Tab. 2: Porovnání kořenových krčků podle porostu.

Tab. 2: *Comparasion of root collar diameter according to stands.*

Neparametrická ANOVA (Kruskal-Wallis test)[1] p = 0,05				
Porosty[2]	**A, B**	**C, D, E, F**	**G, H, I**	**J, K**
A,B		0,000	0,004	0,008
C,D,E,F	0,000		0,000	0,000
G,H,I	0,004	0,000		0,000
J,K	0,008	0,000	0,000	

[1]non-parametrical ANOVA (Kruskal-Wallis test), [2]stands.

Tab. 3: Douglaska tisolistá – růstové charakteristiky nadzemní části podle porostů.

Tab. 3: *Douglas fir – growth characteristics of aboveground part according to stands.*

Porost[1]		A	B	C	D	E	F
Krytí[2]		1	1	2	2	2	2
SLT / T – travina, O – orná půda[3]		5K / T	5K / T	3K / T	5K / T	3K / T	5K / O
Ztráty [%][4]		3,6	17,8	29,0	15,8	25,9	65,2
Celková výška nadzemní část [cm][5]		184,7 ± 48,6	181,8 ± 52,1	261,4 ± 64,9	238,9 ± 60,2	264,0 ± 44,2	280,2 ± 54,1
Přírůst [cm][6]	5. rok po výsadbě[7]	52,7 ± 23,0	53,4 ± 18,9	65,3 ± 32,3	77,0 ± 29,3	76,9 ± 22,9	77,7 ± 31,9
	4. rok po výsadbě[8]	44,1 ± 16,8	41,4 ± 15,7	61,5 ± 19,4	51,6 ± 18,6	60,4 ± 20,8	49,1 ± 20,2
	3. rok po výsadbě[9]	33,1 ± 11,7	33,9 ± 13,0	51,1 ± 14,4	38,8 ± 13,4	41,2 ± 13,3	51,3 ± 13,6
	2. rok po výsadbě[10]	21,6 ± 11,9	22,9 ± 10,6	23,1 ± 15,6	29,0 ± 15,2	30,5 ± 13,5	37,9 ± 15,1
	1. rok po výsadbě[11]	8,7 ± 3,3	9,2 ± 3,2	11,3 ± 3,9	10,9 ± 3,4	9,1 ± 2,8	11,2 ± 3,3
Tloušťka kořenového krčku [mm] [12]		29,3 ± 8,3	25,2 ± 7,7	56,5 ± 13,8	39,9 ± 9,4	46,1 ± 8,4	47,6 ± 8,6
Rost. s vícečetným kmenem [%][13]		35,8	24,5	7,5	18,9	35,0	13,0
Zvlnění kmene [v % rostlin][14]	Přímý[15]	27,4	50,9	76,1	58,5	43,3	49,2
	Do 3 d[16]	48,1	42,5	21,4	37,7	51,7	49,2
	Nad 3 d[17]	24,5	6,6	2,5	3,8	5,0	1,6
Tvar koruny [v % rost.][18]	Trojúhelníkovitá[19]	16,0	19,8	53,5	0	5,8	20,3
	Elipsovitá[20]	73,6	78,3	45,3	100	91,7	76,3
	Kulovitá[21]	9,4	1,9	0,6	0	2,5	0
	Jednostranná[22]	0,9	0	0	0	0	3,4
Barva jehlic [v % rostlin][23]	Žlutá[24]	0	0	0	0	0	0
	Nažloutlá[25]	0	0	0,6	0	0	0
	Zelená[26]	100	100	99,4	100	100	100
Délka jehlic [mm][27]		27,0 ± 3,7	27,5 ± 3,6	26,9 ± 4,2	26,9 ± 3,3	26,1 ± 3,7	28,0 ± 3,0
Poškození mrazem [v % rostlin][28]		71,9	31,1	75,6	33,0	12,5	60,8

[1]stand, [2]shelter degree, [3]forest site complex / T – grassland, O – arable land, [4]mortality, [5]lenght of aboveground part, [6]increment, [7]5. year after planting, [8]4. year after planting, [9]3. year after planting, [10]2. year after planting, [11]1. year after planting, [12]root collar diameter, [13]plants with multiple trunks, [14]undulating trunk (in % of plants), [15]streight, [16]less than 3 diameter triangle, [17]over 3 diametr, [18]crown shape (in % of plants), [19]triangle, [20]ellipse, [21]sphere, [22]one-sided, [23]color of needles color (in % of plants), [24]yellow, [25]yellowish, [26]green, [27]length of needles, [28]frost damage (in % of plants).

Tab. 3 – pokračování.
Tab. 3 – continuation.

Porost		G	H	I	J	K
Krytí SLT / T – travina, O – orná půda		2 5L / T	3 3O / T	3 3V / T	3 5S / T	3 2S / O
Ztráty [%]		93,3	64,5	97,7	30,3	37,1
Celková výška nadzemní část [cm]		194,0 ± 67,0	166,2 ± 33,1	128,0 ± 44,6	88,1 ± 34,7	125,3 ± 30,7
Přírůst [cm]	5. rok po výsadbě	48,9 ± 27,8	33,7 ± 18,6	34,2 ± 27,9	14,8 ± 12,1	4,7 ± 10,2
	4. rok po výsadbě	31,3 ± 16,7	25,8 ± 14,5	19,7 ± 20,0	8,8 ± 9,3	41,3 ± 11,1
	3. rok po výsadbě	34,7 ± 16,7	22,8 ± 13,7	17,6 ± 8,2	9,2 ± 8,6	31,9 ± 12,0
	2. rok po výsadbě	29,3 ± 15,8	27,1 ± 16,4	11,4 ± 6,1	4,6 ± 3,1	13,8 ± 8,6
	1. rok po výsadbě	8,1± 2,6	9,6 ± 5,1	8,7 ± 3,1	5,0 ± 2,1	6,2 ± 2,9
Tloušťka kořenového krčku [mm]		36,7 ± 13,7	31,1 ± 7,6	22,4 ± 8,2	15,2 ± 7,3	28,7 ± 6,4
Rost. s vícečetným kmenem [%]		20,0	60,0	72,7	3,7	37,6
Zvlnění kmene [v % rostlin]	Přímý	30,0	6,7	18,2	13,2	42,3
	Do 3 d	40,0	46,7	45,5	32,1	40,3
	Nad 3 d	30,0	46,7	36,4	54,7	17,4
Tvar koruny [v % rost.]	Trojúhelníkovitá	45,0	6,7	9,1	34,9	20,1
	Elipsovitá	20,0	64,4	27,3	16,0	57,7
	Kulovitá	20,0	11,1	27,3	18,9	14,1
	Jednostranná	15,0	17,8	36,4	30,2	8,1
Barva jehlic [v % rostlin]	Žlutá	5,0	0	0	26,4	0
	Nažloutlá	20,0	0	9,1	31,1	0,6
	Zelená	75,0	100	90,9	42,5	99,4
Délka jehlic [mm]		24,6 ± 4,2	26,0 ± 3,1	26,8 ± 4,6	20,6 ± 6,1	26,4 ± 2,9
Poškození mrazem [v % rostlin]		100	95,5	100	12,2	100

Nižší přírůsty v porostech s krytím 1 (A, B) oproti porostům s krytím 2 (C, D, E, F) mohou být způsobeny nedostatkem světla, kvůli krytí okolním porostem nebo stanovištními podmínkami (nižší průměrná teplota vzduchu a vysoké procento skeletu v půdě). JIRKOVSKÝ (1962) uvádí, že douglaska snáší zastínění jen v mládí, později požaduje pro svůj vývoj plný světelný požitek. Nejhůře přirůstaly stromky v porostech s krytím 3. Špatný růst stromků v porostu J je způsoben tím, že byl k výsadbě použit krytokořenný sadební materiál, který špatně prorostl po výsadbě do minerální půdy, a nastaly velké deformace kořenového systému. Průměrný přírůst v prvním roce po výsadbě se pohybuje nejčastěji od 8,1 do 11,3 cm, pouze v porostech s krytím 3 (J a K) je přírůst v prvním roce výrazně nižší (5,0 a 6,2 cm). V dalších letech se přírůst stromků stále zvyšuje a pátým rokem dosahuje maxima 77,7 cm v porostu F. BARTOŠ a KACÁLEK (2010) udávají průměrnou výšku douglasek na zemědělské půdě 8 let po výsadbě 456 cm. JIRMAN (2012) uvádí u nejvíce přirůstajících tři roky starých douglasek vysazených na lesní půdě celkový přírůst 110,4 cm. V našem hodnocení za první 3 roky po výsadbě nejvíce přirostly douglasky v porostu F, a to 100,4 cm.

MAUER a RUDOŠ (2007) se zabývali růstem douglasek na zemědělské a lesní půdě a publikovali, že přírůst pátým rokem u douglasek v lesních porostech byl 76 až 94 cm a na zemědělské půdě 64 cm. BARTOŠ a KACÁLEK (2010) porovnávali růst douglasky s dalšími dřevinami na zemědělských půdách a zjistili, že modřín opadavý je přibližně o metr vyšší a smrk ztepilý o více než metr nižší. Z dostupných informací vykazuje douglaska tisolistá menší přírůst na zemědělské půdě než v lesních porostech, avšak rozdíly nejsou nijak velké.

Tloušťky kořenového krčku korelují s výškami stromků. Neparametrická ANOVA zjistila mezi všemi skupinami statistické rozdíly viz Tab. 2. Tloušťky kořenových krčků jsou největší v porostech s krytím 2 (C až F), pohybují se od 39,9 do 56,5 mm. Menší kořenové krčky mají rostliny v porostech ovlivněných vodou (G až I), tloušťky kořenových krčků se pohybují od 22,4 do 36,7 mm. V porostech s krytím 1 (A, B) mají rostliny až 2x menší kořenové krčky než v porostech s krytím 2. V porostech s krytím 3 (J a K) mají rostliny nejmenší kořenové krčky. BARTOŠ a KACÁLEK (2010) udávají, že douglasky po 8 letech růstu na zemědělské půdě měly výčetní tloušťku 57 mm. K podobným výsledkům došli MAUER a RUDOŠ (2007), kteří udávají výčetní tloušťku stromů po 7 letech růstu na zemědělské půdě 58,4 mm a 62,5 mm na lesní půdě. JIRMAN (2012) uvádí tloušťky kořenových krčků nejlépe přirůstajících 3 roky starých výsadeb douglasek na lesní půdě kolem 25 mm.

Douglaska tisolistá je dřevina, u které se častěji vyskytují rostliny s vícečetnými kmeny, což potvrzuje také JIRKOVSKÝ (1962). V porostech neovlivněných vodou se pohybovalo množství rostlin s vícečetnými kmeny od 3,7 do 37,6 %. Více rostlin s vícečetnými kmeny bylo v porostech ovlivněných vodou, kde bylo v porostu I – 72,7 % rostlin s vícečetným kmenem. MAUER a RUDOŠ (2007) uvádí 10 % vícečetných kmenů u douglasek 7 let po výsadbě na zemědělské půdě a 8 % na lesní půdě. JIRMAN (2012) zjistil, že počet vícečetných kmenů se na tříletých provozních lesních výsadbách pohyboval nejčastěji od 4 do 36 %. RYBKA (2012), který tyto informace zjišťoval na jiných lokalitách s odlišnými proveniencemi, zjistil variabilitu ve vícečetných kmenech od 16–76 %. JIRKOVSKÝ (1962) tvrdí, že nejčastěji za vznik vícečetných kmenů může poškození terminálního pupenu, které nejčastěji způsobuje mráz, případně se poškodí při neopatrné výsadbě.

Zvlnění kmene je v porostech neovlivněných vodou s krytím 1 a 2 nejčastější přímé nebo do tří tlouštěk kmene (výjimka porost A). V porostech ovlivněných vodou (G až I) a v porostech s krytím 3 (J a K) mají stromky kmeny netvárné více.

V porostech s krytím 1 a 2 (A až F) a v porostu K mají stromky ve velké většině koruny trojúhelníkovité nebo elipsovité, koruny netvárné s tvarem kulovitým nebo jednostranným se vyskytují výjimečně. V porostech ovlivněných vodou se stromky s deformovanými korunami vyskytují častěji – více než 28 %.

Kromě stromků ve dvou porostech ovlivněných vodou (G a I) a porostu J s krytím 3 mají zdravou zelenou barvu jehlic všechny stromky.

Délka jehlic na nejmladších výhonech se pohybuje nejčastěji od 26,1 do 28,0 mm. Krátká délka jehlic a jejich nezdravá barva v porostu J, kde mají rostliny deformovaný kořenový systém, značí špatnou vitalitu rostlin. JIRMAN (2012) udává délku nejmladších jehlic na zdravých a dobře přirůstajících stromcích 3 roky po výsadbě na lesní půdě kolem 25 mm.

V roce 2012 nastaly silné pozdní jarní mrazy, a tak byly všechny porosty poškozeny mrazem. Působení silného mrazu nezabránilo ani krytí okolním porostem. V porostech E a J bylo poškozeno mrazem nejméně rostlin (cca 12 %), ostatní porosty byly mrazem poškozeny více, avšak až na výjimku (porost K) byly mrazem poškozovány většinou jen některé boční výhonky větví. V porostu K došlo k tak silnému poškození mrazem, že byly spáleny téměř všechny boční výhonky větví a také terminály, což se projevilo na posledním výškovém přírůstu.

Tab. 4: Douglasky tisolistá – vývin kořenového systému ve vybraných porostech.
Tab. 4: *Douglas fir – development of root system at selected stands.*

Porost[1]	C	J
Počet analyzovaných stromů [ks][2]	6	10
Typ kořenového systému [ks][3]	kotevní 6 ×	povrchový 10 ×
Deformace do strboulu [ks][4]	0 ×	10 ×
Horizontální kosterní kořeny[5]		
- počet [ks][6]	6,6 ± 0,8	4,3 ± 1,1 +
- tloušťka u kmene stromu [mm][7]	20,1 ± 7,7	5,3 ± 1,2 +
- délka [cm][8]	61,1 ± 13,9	23,8 ± 5,9 +
Horizontální nekosterní kořeny[9]		
- počet [ks]	4,4 ± 0,9	-
- tloušťka u kmene stromu [mm]	5,6 ± 0,8	-
- délka [cm]	36,4 ± 8,8	-
Šikmé kotvy z báze[10]		
- počet [ks]	3,0 ± 0,7	-
- tloušťka u kmene stromu [mm]	18,4 ± 4,0	-
- délka [cm]	58,4 ± 13,5	-
Max. hloubka prokořenění [cm][11]	69,2 ± 11,7	8,3 ± 2,1 +
Velikost kořenového systému [lp][12]	11,56 ± 0,78	0,87 ± 0,36 +

[1]stand, [2]number of analyzed trees, [3]type of root system, [4]deformation of root system, [5]horizontal skeletal roots, [6]number [pcs], [7]diameter at base of tree, [8]lenght, [9]horizontal non-skeletal roots, [10]perpendicular anchors from stem base, [11]maximum rooting depth, [12]size of root system (Ip).

Z realizovaných analýz kořenového systému vyplývá (Tab. 4), že v porostu C byl k výsadbě použit prostokořenný sadební materiál s nedeformovaným kořenovým systémem a rovněž i výsadba byla pečlivá. Stromky vytváří silný, pro douglasku typický, hluboký, kotevní kořenový systém, který nepřesahuje průmět koruny. V porostu J byl k výsadbě použit krytokořenný sadební materiál s výrazně deformovaným kořenovým systémem do strboulu, s velmi špatným substrátem kořenového balu (stromky stagnovaly v růstu již první rok po výsadbě). Stromky vytvořily velmi slabý, deformovaný a pouze povrchový kořenový systém, který nezaručuje jejich další zdárný růst.

ZÁVĚR

Hodnocení ztrát a růstu jedenácti výsadeb douglasky tisolisté na zemědělské půdě pět let po výsadbě ukazuje, že úspěšnost výsadeb a jejich růst je velmi rozdílný. Nejnižší ztráty byly zjištěny v porostech neovlivněných vodou s krytím 1. Nejlepší růst výsadeb byl zaznamenán v porostech neovlivněných vodou třetího až pátého vegetačního stupně, s krytím 2. Nejlépe rostoucí výsadby dosahují 5 let po výsadbě průměrné výšky 280,2 cm.

V porostech ovlivněných vodou jsou ztráty až 90 % a růst rostlin je významně horší. Krytí holiny 1 má pozitivní vliv na ztráty, avšak nedostatek světla omezuje rostliny v růstu v pozdějším věku. V porostech, které byly původně využívány jako orná půda, byly zaznamenány vyšší ztráty než na těch, které se využívaly jako traviny, jejich růst byl však srovnatelný. Nebyl zjištěn vliv krytí na poškození mrazem. Douglasku poškozují pozdní jarní mrazy a neměla by se proto vysazovat do mrazových lokalit. Poškozené rostliny zpravidla dobře regenerují, avšak poškozením terminálu vznikají netvárné a vícečetné kmeny. Na zdárné odrůstání douglasky mají stejně jako stanovištní podmínky vliv i pečlivost realizované výsadby a kvalita užitého sadebního materiálu.

Poděkování

Práce je součástí projektu NAZV QI 112A172.

LITERATURA

BALÁŠ, M. (2008): Porosty založené na bývalých zemědělských půdách. Lesnická práce, 87: 1: 22–23.

BARTOŠ, J. – KACÁLEK, D. (2010). Prosperita juvenilních porostů první generace lesa. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 2: 85–90.

DOLEJSKÝ, V. (2000): Najde douglaska větší uplatnění v našich lesích? Lesnická práce, 79: 11: 492–494.

JIRKOVSKÝ, V. (1962). Zakládání douglaskových porostů, Lesnická práce, 41: 457–462.

JIRMAN, O. (2012): Vliv velikosti holiny a stanoviště na odrůstání kultur douglasky tisolisté. Diplomová práce. Mendelova univerzita, Brno, 63 s.

KACÁLEK, D. – BARTOŠ, J. (2002): Problematika zalesňování zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému. In: Současné trendy v pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, 202 s.

VACEK, S. – SIMON, J. – KACÁLEK, D. (2005): Strategie zalesňování nelesních půd. Lesnická práce, 84: 5: 13–15.

KACÁLEK, D. – NOVÁK, J. – ŠPULÁK, O. – ČERNOHOUS, V. – BARTOŠ, J. (2007): Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 4: 334–340.

MAUER, O. (2006): Zalesňování zemědělských půd v nadmořských výškách 400–700 metrů na vodou neovlivněných stanovištích. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Neuhöferová, P. (ed.), Kostelec nad Černými lesy, 201–207 s.

MAUER, O. – RUDOŠ, J. (2007): Uplatnění douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) při zalesňování zemědělských půd středních poloh. In: Obnova lesního prostředí při zalesňování nelesních a degradovaných půd. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 129–134 s.

MAUER, O. et al. (2012): Rhizologie lesních dřevin, Mendelova univerzita, Brno, 259 s.

PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – HART, V. – MOSER, K. W. (2009): Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. Journal of Forest Science, 55: 7: 229–305.

RYBKA, R. (2012): Vliv užité provenience na odrůstání kultur douglasky tisolisté. Diplomová práce. Mendelova univerzita, Brno, 64 s.

ŠIKA, A. – VINŠ, B. (1978): Růst douglasky v lesních porostech ČSR. Závěrečná zpráva, VÚLHM, Jíloviště-Strnady, 62 s.

VACEK, S. – SIMON, J. et al. (2009): Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 792 s.

Adresa autorů:
Ing. DAVID SYCHRA
prof. Ing. OLDŘICH MAUER, DrSc.
Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav zakládání a pěstění lesů
Zemědělská 3
613 00 Brno

Krátkodobé priestorové zhodnotenie leteckého plošného vápnenia

Short-term spatial assessment of air liming

VLADIMÍR ŠEBEŇ

Abstract

The report analyzes the effectiveness of liming air technologies in forest stands of Jasov area (750 ha). The short period of one year after liming was evaluated. In addition to the traditional assessment of changes in the top layer of the soil, the allocation of the applied substances (dolomitic limestone) was analyzed separately. The field-work was carried out at sampling localities (10) where each of the samples was taken from 3 sampling place.

Aerial application of limestone was technologically successful, but it showed on high spatial variability of the applied substances. In the surface layer of soil in the evident positive changes occurred after an increase in pH, an increase in the proportion of calcium, magnesium and potassium. For other elements (phosphorus, boron, zinc, and manganese) the effect was less or null. Variability of soil properties in monitored area before treatment was rather low, which was very positive for the total effect of liming. But its long-term impact on forests remains questionable.

***Key words**: revitalization treatments, aerial liming, soil analyses, sampling methods, spatial variability*

Abstrakt

Správa analyzuje efektívnosť leteckých technológií zameraných na vápnenie v lesných porastoch v záujmovom území Jasov (750 ha) v krátkodobom období jedného roka. Okrem tradičného zhodnotenia zmien vo vrchnej vrstve pôdy sa samostatne analyzuje dopadnutie aplikovanej látky – dolomitického vápenca. Práce sa realizovali výberovým spôsobom na 10 odberných lokalitách, keď sa na každej odobrali vzorky z 3 odberných miest. Letecká aplikácia vápenca bola na území Jasov technicky a technologicky úspešná. Poukazuje sa na variabilitu priestorovú aplikovanej látky. V povrchovej vrstve pôdy nastali po roku od aplikácie evidentné pozitívne zmeny vo zvýšení pH, zvýšení podielu vápnika, horčíka a draslíka. Pri ostatných prvkoch bol efekt nižší (fosfor) alebo nepreukázateľný (bór, zinok, mangán). Variabilita vlastností pôdy na vybranom území pred vápnením bola vcelku malá, čo sa odzrkadlilo na konečnom efekte. Otázny ostáva dlhodobý vplyv opatrení na lesy.

***Kľúčové slová:** revitalizačné opatrenia, letecké vápnenie, pôdne analýzy, výberové metódy, priestorová variabilita*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V poslednom období je na Slovensku aktuálny problém s celkovým stavom porastov, predovšetkým smrečín. Jednou z mnohých príčin chradnutia môže byť aj nedostatok živín v pôdnom prostredí a asimilačných orgánoch. Spôsobom revitalizácie, resp. spomalenia alebo zastavenia chradnutia smrekových porastov môže byť kompenzácia chýbajúcich živín alebo živín v nedostatočnom množstve predovšetkým prostredníctvom prihnojovania alebo vápnenia. Vo všeobecnosti sa vápnenie považuje za opatrenie, ktoré má preventívny, kompenzačný alebo nápravný charakter, pričom však v každom prípade ide o opatrenie s dlhodobým účinkom, resp. s pozvoľnou odozvou lesného ekosystému.

Ako veľmi efektívne pre použitie pridávaním účinných látok v lesných komplexoch na väčších výmerách sa javia letecké technológie. Základnou požiadavkou by malo byť aplikovanie požadovanej dávky rovnomerne po celom vybranom území, čo môže byť pri členitom teréne komplikované. Ak je vysoká variabilita v množstve dopadnutej aplikovanej látky, musíme tiež očakávať rozdielnu reakciu porastov v rámci územia. Rovnaká požiadavka je taktiež na homogénny stav na celom záujmovom území, pretože odchýlky od neho znižujú efektívnosť vynaložených opatrení. MATERNA (2001) zdôrazňuje, že pre relevantné zhrnutie účinkov vápnenia a hnojenia sa musí urobiť podrobná a objektívna analýza jednotlivých prípadov, čiže preukázané zistenie koľko materiálu sa použilo a aká bola jeho kvalita (zloženie) a tiež overenie, či deklarované množstvo sa skutočne dostalo do pôdy.

Použitie látok s obsahom vápenca na znižovanie kyslosti pôd v lesných porastoch má dlhodobú históriu. Podľa dostupných údajov sa už v polovici deväťnásteho storočia zakladali v Nemecku prvé pokusy s vápnením. Podrobnejšie sa vyhodnocovali pokusy zo Škandinávie zakladané od začiatku dvadsiateho storočia (MATERNA 2001). Vápnenie má svoj význam predovšetkým v imisných oblastiach, kde je jeho cieľom najmä znížiť alebo kompenzovať vplyv depozície kyslých zložiek znečisteného ovzdušia na lesné pôdy, znížiť rozpustnosť zlúčenín hliníka a mangánu, a vyrovnať nerovnováhu vo výžive. Pozitívny efekt vápnenia je s ohľadom na nárast obsahu výmenného horčíka a nasýtenia báz (Aldinger 1987 in SCHAAF, HÜTTL 2006). BADALÍK a ŘEZÁČ (2001) pri zhodnotení účinkov vápnenia zistili, že pozitívny vplyv vápnenia je vidieť aj na zdravotnom stave korún, keď podiel zožltnutých stromov v najviac postihnutých oblastiach Nemecka činil v roku 1989 takmer 40 %, tak v súčasnej dobe je to na úrovni 3%.

Objektívne zistenie vplyvu realizovaných veľkoplošných (leteckých) revitalizačných opatrení na lesné porasty je všeobecne dosť náročné a komplikované. Hlavným problémom je zložitá štruktúra lesa, ktorý je tvorený veľkým množstvom stromovitých drevín, ako základnej zložky lesa, spolu s pôdnym prostredím, geologickým substrátom, ostatnými rastlinnými spoločenstvami, faunou, ovzduším a vodným režimom. Jednoduchšie zhodnotenie je z pozemných revitalizačných opatrení v mladých porastoch, napr. pri vápnení vysadených kultúr. Efektívne zhodnotenie je možné iba prostredníctvom výberových (matematicko-štatistických) metód, ktoré predstavujú reálny prostriedok čo najpresnejšieho zistenia stavu lesa pri čo najnižších vynaložených finančných nákladoch.

CIEĽ PRÁCE

Cieľom príspevku je zhodnotiť výsledky plošného leteckého vápnenia v krátkodobom období jedného roku po jeho aplikácii na záujmovom území Jasov. Samostatne sa hodnotí

analýza dopadu účinnej látky (zistené množstvo dopadnutého dolomitického vápenca a jeho plošná variabilita), a samostatne sa hodnotia zmeny chemického zloženia pôdneho prostredia.

Založený monitorovací systém odpovie na otázky, koľko účinnej látky bolo aplikovanej, porovná ju s očakávanými hodnotami a odpovedá na priemerné ročné zmeny v chemickom zložení vrchnej vrstvy pôdy (hĺbka 0–10 cm) pred a po aplikácii.

MATERIÁL A METÓDY

Na zhodnotenie leteckého vápnenia sa vybralo záujmové územie Jasov. To predstavujú ihličnaté aj listnaté porasty s výmerou 750 ha v obhospodarovaní spoločnosti Lesy Jasov, s. r. o, pre ktoré sa v roku 2011 pripravil plán revitalizačného vápnenia. Cieľom projektu, na základe ktorého sa realizovali letecké revitalizačné opatrenia, je obnova produkčného potenciálu v lesoch poškodených komplexom škodlivých činiteľov a to pomocou úpravy pôdneho prostredia a výživy stromov. Použila sa vrtuľníková technológia, ktorá je vhodnejšia pre členité územia ako lietadlo.

Územie sa nachádza v relatívne veľkom prevýšení nadmorských výšok (600–1100 m n. m), pôdy sú väčšinou kambizeme, na časti vrcholových podzoly. Asi polovica územia leží v 4. lesnom vegetačnom stupni (slt *Fagetum typicum, Fagetum pauper*), časť predstavuje kyslé horské polohy v 5. lesnom vegetačnom stupni (slt *Fageto-abietino piceosum, Fageto-Abietum*). Dominantné zastúpenie tu tvorí buk a smrek. Z hľadiska veku sú na území zastúpené všetky vekové triedy od mladín až po prestarnuté porasty nad 120 rokov.

V septembri 2011 sa tu realizovalo plošné letecké vápnenie s aplikáciou dolomitického vápenca s obsahom humínových kyselín (1 : 9) v dávke 2,5 $t.ha^{-1}$. Požadované vlastnosti materiálu pre aplikáciu boli prírodný materiál s obsahom karbonátov ($CaCO_3$ 50–60 %, $MgCO_3$ 40–50 %), zrnitosť: podiel frakcie pod 0,5 mm min. 70 %. Na zhodnotenie účinku leteckej aplikácie sa navrhol monitorovací systém, vytvorený z pravidelne rozmiestnených a priestorovo lokalizovaných (GPS) monitorovacích miest – odberných lokalít (OL). Na každej OL sa pred realizáciou vápnenia a po nej zrealizoval odber vrchnej vrstvy pôdy (hĺbka 0–10 cm) z odberných miest (OM). Kvôli finančne náročným chemickým analýzam sa navrhlo založiť ako optimálne riešenie v záujmovom území 10 OL (jedna OL na cca 70 ha, Obr. 1) a na každej odobrať vzorky z 3 OM v rozstupe 10–20 m. Minimálny počet vzoriek pre štatistické zhodnotenie je tak 30.

Deň pred samotnou leteckou aplikáciou v septembri 2011 sa rozmiestnili odberné nádoby (misiek s priemerom 0,5 m) a odobrali sa vzorky pôdy (0,5 kg) zo zákopku z hĺbky 0–10 cm, z tesnej blízkosti zberných nádob. Nádoby sa ukladali vo vodorovnej polohe na nezatienených miestach (holiny, medzery v poraste, kultúry). Po rozložení misiek sa zamerala aktuálna pozícia (GPS) s presnosťou na cca 1 m. Po realizácii leteckej aplikácie sa odberné nádoby čo najskôr pozbierali. Opakovaný odber pôdnych vzoriek z hĺbky 0–10 cm sa uskutočnil v septembri 2012. OM sa vyhľadávali na základe GPS pozícií a identifikovali sa vlaňajšie zákopky. Opakovaný odber sa vykonal v tesnej blízkosti zákopkov (do 0,5 m).

V centrálnom lesníckom laboratóriu na NLC Zvolen sa realizovali štandardnými metódami rozbory chemického zloženia odobratých vzoriek (vzorky účinnej látky, pôdne vzorky). Samostatne sa analyzovali údaje o dopadnutej účinnej látke pri leteckej aplikácii a údaje o pôdnych vzorkách. Použil sa výberový postup, keď základný súbor (celé

revitalizované územie) reprezentujú vybrané vzorky z OL (spolu 10 OL, na každej sa odobrali 3 samostatné vzorky). Pri analýzach sa použili štandardné matematicko-štatistické metódy – vypočítali sa priemerné hodnoty v rámci OM a medzi OM, smerodajná odchýlka, stanovila sa variabilita a odvodila sa stredná chyba výberového priemeru so 68% spoľahlivosťou. Pripravili sa tabuľkové, grafické i mapové výstupy.

VÝSLEDKY

Analýza aplikácie účinnej látky

Základné priemerné informácie o množstve aplikovaných prvkov prináša Tab. 1.

Tab. 1: Priemerné výsledné hodnoty zloženia dopadnutej účinnej látky.

Tab. 1: *Averages values of applied limestone from sampling localities.*

Analyzovaný prvok[1]	Jednotka[2]	Počet OL[3]	Zistená hodnota[4]	Požadovaná hodnota[5]
Dolomit[6]	[t.ha^{-1}]	10	3,3 ± 0,9	> 2,5
Frakcia ≥ 0,5 mm[7]	[t.ha^{-1}]	10	1,3 ± 0,4	--
Frakcia < 0,5 mm[8]	[t.ha^{-1}]	10	1,9 ± 0,5	70 % z 2,5 => 1,75
P	[g.ha^{-1}]	10	107 ± 24	--
Ca	[kg.ha^{-1}]	10	61,0 ± 5,1	--
Mg	[kg.ha^{-1}]	10	13,1 ± 0,4	--
K	[g.ha^{-1}]	10	450 ± 110	--
B	[g.ha^{-1}]	10	0,7 ± 0,2	--
Mn	[g.ha^{-1}]	10	18,8 ± 2,2	--
Zn	[g.ha^{-1}]	10	8,6 ± 2,1	--
Al	[g.ha^{-1}]	10	595 ± 217	
Fe	[g.ha^{-1}]	10	128 ± 30	--
Na	[g.ha^{-1}]	10	105 ± 10	--

[1]analyzed element, [2]unit, [3]number of sampling localities, [4]measured value, [5]required value, [6]limestone, [7]fraction < 0.5mm, [8]fraction ≥ 0.5 mm

Z tabuľky vyplýva, že priemerné dopadnuté množstvo dolomitického vápenca bolo 3,3 ± 0,9 t.ha^{-1}, čo predstavuje z deklarovanej dávky 2,5 t.ha^{-1} takmer 1/3 viac. Znamená to, že celková dávka na záujmovom území bola v priemere prekročená (so 68% spoľahlivosťou v intervale medzi 0 až 2/3 vyššia ako plánovaná hodnota, teda medzi 2,5 až 4,2 t.ha^{-1}). Maximálne množstvo dopadnutého dolomitického vápenca v rámci OL však malo hodnotu až 8.9 t.ha^{-1}, čo predstavuje aj viac ako 3násobok požadovanej hodnoty.

Okrem celkového množstva dolomitického vápenca je dôležitá aj jeho štruktúra. Pre rýchlejšie absorbovanie a zmenu kyslosti je veľmi dôležité množstvo dolomitického vápenca zomletého na frakcie pod 1mm. V projekte bola podmienka minimálne 70 % frakcie pod 0,5 mm (pri požadovanom množstve 2,5 t.ha^{-1} ide minimálne o 1,75 t.ha^{-1}). Priemerne sa v záujmovom území zistilo množstvo frakcie pod 0,5 mm 1,9 ± 0,5 t.ha^{-1}. Táto frakcia predstavovala priemerne asi 57 % z celkového množstva, čo vcelku nezodpovedá požiadavke minimálne 70 %. Znamená to, že štruktúra dolomitického vápenca bola priemerne viac hrubozrnná, ale zároveň sa priemerne aplikovalo viac vápenca ako sa požadovalo.

Zo sledovaných chemických prvkov mal najväčšie zastúpenie v účinnej látke vápnik (61,0 ± 5,0 kg.ha^{-1}) a horčík (13,1 ± 0,4 kg.ha^{-1}). Zistená priemerná hodnota horčíka je

vcelku vysoká, ak ju porovnáme napríklad so zistenými hodnotami z území monitorovaných autorom, kde sa realizovalo letecké prihnojovanie (špeciálne prihnojovanie, nie vápnenie) s požadovanou dávkou horčíka do 20 kg. ha^{-1}: Ľadová rok 2008 (3,9 ± 0,4 $kg.ha^{-1}$), Šaling rok 2008 (2,8 ± 0,2 $kg.ha^{-1}$) či Habovka rok 2008 (5,3 ± 0,4 $kg.ha^{-1}$). Z ostatných prvkov mali priemerne v účinnej látke vyššie zastúpenie už iba hliník (595 ± 217 $g.ha^{-1}$) a draslík (450 ± 110 $g.ha^{-1}$).

Popri priemerných hodnotách je pre zhodnotenie efektivity rozmiestňovania dôležitá aj variabilita množstva konkrétneho prvku medzi OL. Zistilo sa, že množstvo aplikovaného dolomitického vápenca dosahovalo na území Jasov variabilitu asi 83 %, mierne vyššie hodnoty sa zistili pri jemnej frakcii do 0,5 mm. Pomerne vysoká variabilita sa zistila aj pri jednotlivých prvkoch. Podobnú ako celkové množstvo vápenca dosahujú fosfor (68 %), železo (70 %), nižšia sa zistila pri prvkoch vápnik (27 %), horčík (10 %), mangán (36 %). Vyššia sa zistila pri zinku (73 %) a draslíku (73 %), najvyššia, vyše 100 % pri bóre a hliníku.

Okrem variability množstva aplikovanej látky na celom záujmovom území je zaujímavá aj tzv. vnútorná variabilita v rámci každej OL, t.j. variabilita medzi OM. Použili sa iba 3 OM v rámci každej OL vo vzdialenosti 5–10 m. Informácia vyjadruje fakt, ako rovnomerne dokáže použitá technológia rozmiestniť látku na malej výmere 0,01–0,05 ha. Zároveň sa však na nej podieľa aj variabilita vyplývajúca z použitej monitorovacej metódy (čím je odberná nádoba menšia, tým je prirodzene väčšia variabilita zachytenej aplikovanej látky, alebo naopak, so zväčšujúcou sa výmerou odbernej nádoby sa variabilita prirodzene znižuje).

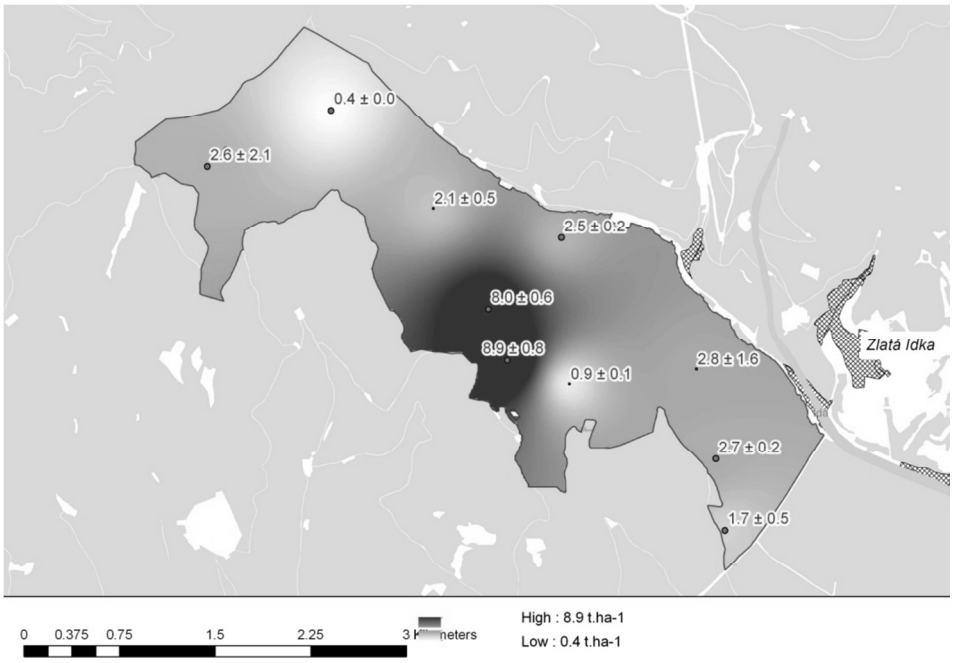
Tab. 2: Vnútorná variabilita zložiek účinnej látky na území Jasov (v rámci OL).

Tab. 2: *Internal variability of elements in limestone in sampling locality Jasov.*

OL[1]	Dolomit[2]	Dolomit < 0,5 mm[3]	P	Ca	Mg	K	B	Mn	Zn	Fe	Al	Na
1	8,9	17,1	9,1	4,7	3,0	27,8	31,0	26,4	26,5	61,3	51,4	10,3
2	11,4	13,5	86,5	26,7	11,5	120,8	132,3	35,8	12,6	26,3	26,4	19,1
3	77,8	73,4	31,1	15,6	1,1	20,9	83,2	38,9	17,6	105,5	94,2	34,3
4	16,6	21,3	3,0	5,8	2,1	12,9	13,0	7,8	49,4	8,0	7,1	11,9
5	41,9	32,5	15,9	28,2	5,6	57,4	113,1	25,4	24,8	48,1	35,2	16,1
6	9,4	9,8	86,7	5,2	3,3	48,7	33,9	10,5	50,6	77,7	76,5	5,5
7	10,2	18,8	14,8	13,5	0,9	28,8	56,1	43,2	23,2	60,2	76,6	32,3
8	12,2	13,6	2,9	4,4	2,2	13,4	138,4	21,9	62,5	14,8	13,6	0,4
9	32,2	31,0	49,4	2,5	5,3	12,7	26,4	19,6	28,6	91,4	62,3	5,4
10	108,8	111,8	57,0	12,3	10,4	86,3	86,0	77,1	66,8	79,6	98,9	34,7

[1]sampling localities, [2]limestone, [3]fraction < 0.5 mm of limestone

Obrázok reprezentuje priestorovú distribúciu dolomitického vápenca ($t.ha^{-1}$) v záujmovom území Jasov. Približuje lokality, v ktorých boli zistené rôzne hodnoty aplikácie vápenca a poukazuje, v ktorých častiach sa zistili nižšie alebo vyššie hodnoty. Najmä v okrajových častiach sa zistili minimálne hodnoty (čo sa dá vcelku očakávať, vzhľadom na použité technológie a súčasné technické možnosti), zároveň sa aj v relatívne centrálnej časti zistili nižšie hodnoty (pod 1 $t.ha^{-1}$ čo je menej ako polovica požadovanej dávky). Podobné mapové podklady je možné vyhotoviť aj pre ostatné zložky účinnej látky alebo jednotlivé chemické prvky. Všetky však budú výrazne závisieť od celkového dopadnutého množstva vápenca a samozrejme od variability prvkov v ňom.



Obr. 1: Priestorová distribúcia dopadnutého dolomitického vápenca na OL – (t.ha^{-1}).

Fig. 1: *Spatial distribution of applied amount of limestone on sampling localities (t.ha^{-1}).*

Analýza chemického zloženia pôdy pred a po vápnení

Informácie o analýzach chemického zloženia pôdy z hĺbky 0–10 cm (povrchová vrstva) prináša Tab. 3. Porovnávajú sa údaje zo septembra 2011 (pred leteckou aplikáciou) a zo septembra 2012 (rok od uplynutia leteckej aplikácie).

Tab. 3: Analýza chemického zloženia pôdy (0–10 cm).

Tab. 3: *Soil analyzes (upper layer 0–10 cm).*

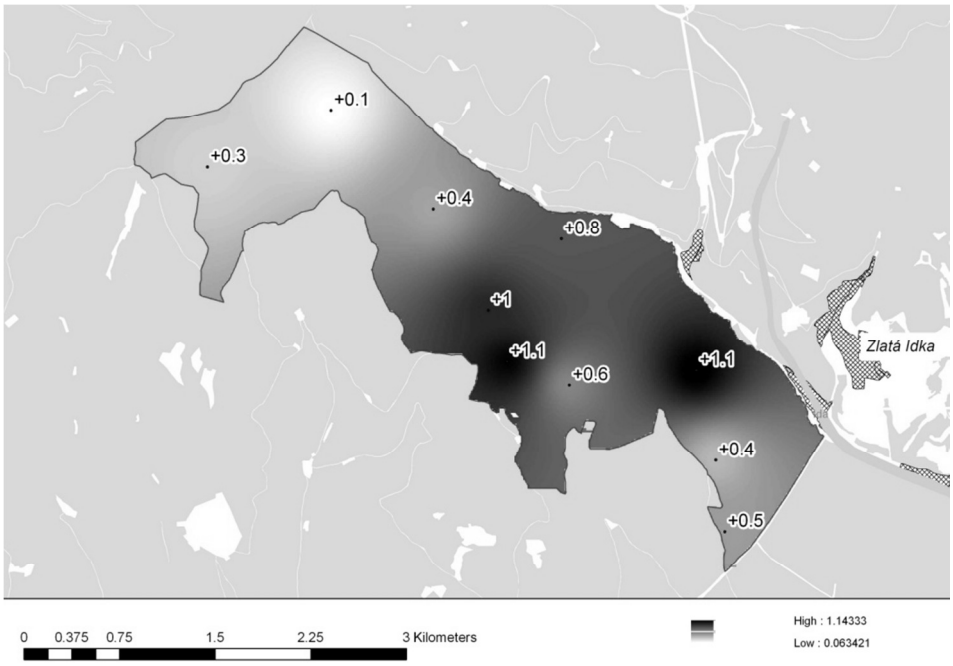
Prvok[1]	Jednotka[2]	Počet OL[3]	2011 pred aplikáciou[4]	2012 po aplikácii[5]
pH	°pH (H_2O)	10	4,1 ± 0.1	4,7 ± 0.2
P	[mg.kg^{-1}]	10	670 ± 62	820 ± 73
Ca	[mg.kg^{-1}]	10	658 ± 111	4 846 ± 1 196
Mg	[mg.kg^{-1}]	10	1 939 ± 411	4 388 ± 579
K	[mg.kg^{-1}]	10	1 202 ± 97	1 645 ± 114
B	[mg.kg^{-1}]	10	12 ± 1	14 ± 1
Mn	[mg.kg^{-1}]	10	319 ± 67	451 ± 102
Zn	[mg.kg^{-1}]	10	105 ± 7	66 ± 6

[1]analyzed element, [2]unit, [3]number of sampling localities, [4]year before application, [5]year after application

Na území Jasov sa pri pH zistili po roku od aplikácie výrazné zmeny. Pred aplikáciou vápnenia sa z hľadiska pH radili pôdy priemerne medzi veľmi kyslé (pH 4,1 ± 0,1), rok po aplikácii bolo zistené priemerné pH s hodnotou až 4,7 ± 0,2 čo radí pôdy medzi kyslé. Vzostup pH tu bol vcelku výrazný. Pripomíname že hodnoty pH 4,5–5,5 má až takmer polovica lesných pôd Slovenska.

Priemerný obsah fosforu vzrástol asi o 20 %, ale aj pred aplikáciou bol primeraný celoslovenskému priemeru z TMP. Priemerný obsah vápnika veľmi výrazne (až 8násobne!) vzrástol (zistila sa pri ňom aj veľká variabilita) hodnoty v záujmovom území sú tak po aplikácii niekoľkonásobne vyššie ako z ostatných podobne monitorovaných území autorom (Smolník 2008, Teplička 2008, Námestovo 2011). Podobné zistenie je aj v prípade horčíka, ktorý sa dostal z celoslovensky výrazne podpriemerných hodnôt na mierne podpriemerné, pri mikroelementoch sa nezistili výrazné zmeny, priemerný obsah mangánu a bóru mierne, ale štatisticky nevýznamne stúpol, pri zinku naopak nevýznamne klesol. Dôvodom nevýznamnosti je opäť jeho vysoká variabilita.

Porovnanie zmien hodnoty pH pred a rok po aplikácii vápnenia vo vrchnej vrstve pôdy na v záujmovom území doplnené krigingovou mapou znázorňuje nasledovný obrázok.



Obr. 2. Zmeny hodnoty pH pôdy (0–10 cm) pred (2011) a po aplikácii (2012).

Fig. 2. *Changes in soil pH (upper 0–10 cm) before (2011) and after (2012) application.*

Záujmové územie bolo z hľadiska pH zväčša homogénne. Na výslednej mape však vidíme variabilitu zmien v rámci územia, ktorá priamo súvisí s množstvom aplikovaného vápenca (Obr. 1). Vnútorná variabilita sa na viacerých OL po roku od aplikácie vápnenia zvýšila.

DISKUSIA

Výsledky poukázali na technologické možnosti leteckých aplikácií. Zložitosť aplikácie vápnenia a hnojenia je daná obrovskou variabilitou komplexu faktorov, ktoré spolu ovplyvňujú výsledky (MUSIL, PAVLÍČEK 2002). Na samotný konečný efekt výrazne vplýva rovnomernosť rozmiestenia účinnej látky po celom navrhnutom území. Pre priaznivejšie zhodnotenie efektu leteckých aplikácií je výhodnejšia nízka variabilita, ktorá zabezpečuje rovnomerné rozmiestnenie účinnej látky po celej ploche. Čím je naopak variabilita vyššia, tým sa znižuje celkový efekt. Na časti územia sa tak aplikuje látka v nedostatočnej miere (účinok je nízky alebo až zbytočný), na inej časti je zase látky prebytok (zbytočné plytvanie účinnej látky, ohrozenie územia zvýšenou koncentráciou v extrémnych prípadoch až do toxických hodnôt). V našom prípade sa zistilo vcelku priemerné dodržanie (resp. na určitých miestach až prekročenie) plánovaných hodnôt celkového množstva dolomitického vápenca i jeho jemnozrnnej frakcie. Nadbytok si vysvetľujeme veľkou variabilitou aplikovanej látky, ktorú použitá technológia nedokáže odstrániť. Pozitívne je zistenie o vcelku nízkej variabilite aplikovaného horčíka a vápnika, ale väčšina ostatných prvkov vrátane celkového množstva dolomitického vápenca dosahovala veľmi vysokú variabilitu, čo nepriaznivo vplýva na výsledný efekt.

Malé rozdiely medzi vonkajšou (medzi OL) a vnútornou (v rámci OL) variabilitou nasvedčujú tomu, že viac ako technológia (vrtuľník) na variabilitu vplýva štruktúra účinnej látky. Podobné výsledky s variabilitou zistili aj BOŠEĽA, ŠEBEŇ (2010), kde sa kriticky vyjadrili k očakávanému vplyvu na vlastností pôdy. Pozitívny vplyv na letecké aplikácie by malo mať používanie moderných technológií pre navigáciu tak aby sa zabezpečilo rovnomerné pokrytie MAJEWSKI (2005).

Ďalšou otázkou je účinnosť aplikovanej látky. Výsledky naznačujú vcelku výrazný krátkodobý efekt na vlastnosti pôdy (najmä štatisticky významné zvýšenie pH). Na úspechu sa mohla podieľať aj zistená nízka variabilita pH v povrchovej vrstvy pôdy pred aplikáciou. K podobným záverom dospel aj PODRÁZSKÝ (1991) v Orlických horách, ktorý robil porovnanie iba s polročným odstupom od plošného vápnenia. Zreteľnejší vplyv sa mu prejavil na miestach s narušeným povrchom, pričom odporúča priaznivejší vplyv vápnenia na pôdnu reakciu na relatívne priaznivejších stanovištiach, na extrémních lokalitách neočakáva preváženie pozitívnych vplyvov vápnenia nad degradáciou stanovisťa a ohorzeniu suchom.

Štúdie sledujúce dlhodobosť vplyvu sa vyjadrujú skôr negatívne, krátkodobý účinok sa v priebehu niekoľkých rokov stráca. KUNEŠ (2002) konštatuje, že priamy účinek cielene aplikovaného povrchového vápnenia na pôdne pedochemické parametre je skôr krátkodobý, hoci poukázal na pozitívny vplyv vápnenia na rast výsadieb smreka. Sledované charakteristiky pôdy boly vápnením ovplyvnené najviac spravidla v najvrchnejšom analyzovanom horizonte (F). PEŘINA, PODRÁZSKÝ (1988) vyhodnocovali výsledky velkoplošného leteckého vápnenia v Jizerských horách s odstupom 2 až 6 rokov. Účinnosť na nepripravovaných pôdach nepreukázali, pričom však upozorňujú na potrebu vhodnej štruktúry (zrnitosti) vápenca. Rozdiely medzi nevápnenými a vápnenými lokalitami s dávkou do 2,5 tony na hektár sa nezistili. Chemické vlastnosti pôd s odstupom 10 rokov po vápnení vyhodnocovali ŠRÁMEK et al. (2012). Výsledky poukázali na výrazne pozitívny vplyv na zvýšenom pH s odstupom 2 rokov, po 10 rokoch sa hodnota pH v povrchovej vrstve humusu opätovne znižovala.

Na záver treba podotknúť, že takto navrhnutý monitoring neodpovedá na mnohé ďalšie otázky, napr. ako vplýva samotná aplikácia vápnenia na rast drevín, na zmenu zdravotného stavu, na poškodenie drevín a škodlivé činitele pôsobiace na dreviny, na zmenu stavu straty asimilačných orgánov, na plodivosť, vznik a odrastanie obnovy.

ZÁVER

Predložené výsledky svedčia o tom, že pri použitej technológii je potrebné počítať s variabilitou aplikovaných účinných látok, čo musí mať znížený vplyv na efektívnosť opatrení na porast (môže sa pridávať množstvo látky na miesta s dostatkom, a zároveň sa vyskytnú miesta s výrazným nedostatkom). Dôležitým predpokladom pre celkový efekt je aj nízka variabilita pôdnych vlastností, ktoré chceme vápnením zmeniť. Inak plánované dávky strácajú svoju konkrétnu adresnosť a stav sa nemôže výrazne meniť vplyvom použitých revitalizačných opatrení. Všeobecne možno považovať tieto opatrenia na základe predložených prvotných výsledkov za menej efektívne ako cielené bodové vápnenie.

Významným prínosom práce je poukázanie nielen na výsledok v podobe zmeny vlastností pôdy, ale aj na rozmiestnenie aplikovanej látky a jej porovnanie s výsledkom. Uvedené výsledky potvrdzujú úspešne realizovanú aplikáciu resp. až priemerné prekročenie požadovanej dávky, na druhej strane sa nedodržal podiel požadovanej jemnozrnnej frakcie pri dodržaní jej minimálneho množstva, čiže sa značná časť hrubozrnnej frakcie aplikovala bezúčelne (náklady na aplikáciu sú nadbytočné). Efektivita aplikácie sa dá zvýšiť zameraním sa na vyššiu kvalitu aplikovanej účinnej látky (vyššie zastúpenie jemnozrnnej frakcie).

V povrchovej vrstve pôdy nastali po roku od aplikácie evidentné pozitívne zmeny vo zvýšení pH, zvýšení podielu vápnika, horčíka a draslíka. Pri ostatných prvkoch bol efekt nižší (fosfor) alebo nepreukázateľný (bór, zinok, mangán). Pozitívnym zistením je pomerne malá variabilita pôdnych vlastností.

Otázna ostáva adresnosť realizovaných opatrení na samotné stromy a lesné porasty, rast drevín, zmenu zdravotného stavu a ďalšie dôležité charakteristiky stavu lesa.

Poďakovanie

Príspevok vznikol aj vďaka finančnej pomoci z Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-0273-11 „Vplyv vnútrodruhových a medzidruhových kompetičných vzťahov na produkčno-ekologické vlastnosti porastov buka a smreka“.

LITERATÚRA

BADALÍK, V. – ŘEZÁČ, J. (2001): Vápnění lesních půd v Německu. Lesnická práce, 80: 11: 486

BOŠEĽA, M. – ŠEBEŇ, V. (2010): Analysis of the aerial application of fertilizer and dolomitic limestone. Journal of Forest Science, 56: 2: 47–57.

KUNEŠ, I. (2002): Vliv cíleného povrchového vápnění na půdu v podmínkách horské imisní holiny. Sborní referátů. Současné trendy v pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, s. 75–82.

MAJEWSKI, S. (2005): The practical use of GPS and digital maps by Polish State Forests in fire protection and in pest control. GIS and databases in the forest protection in Central Europe, ed. W. Grodzki, Forest Research Institutem, Warsaw, s. 61–66.

MATERNA, J. (2001): Vápnení – pohled do minulosti. Lesnická práce, 80: 11: 488.

MUSIL, I. – PAVLÍČEK, V. (2002): Liming of forest soils: effectiveness of particle-size fractions. Journal of Forest Science, 48: 3: 121–129.

PEŘINA, V. – PODRÁZSKÝ, V. (1988): Účinnost vápnění v Jizerských horách. [Liming efficiency in the Jizerské hory Mts.] Lesnická práce, 67: 1: 12–17.

PODRÁZSKÝ, V. (1989): Vliv vápnění na chemické vlastnosti lesních půd Jizerských hor, Orlických hor a Krkonoš. [The influence of liming on the chemical properties of forest soils of the Jizerské hory Mts., the Orlické hory Mts. and the Krkonoše Mts.] In: Práce VÚLHM, 74: 169–205.

PODRÁZSKÝ, V. (1991): Krátkodobé účinky vápnění v extrémních imisně ekologických podmínkách Orlických hor. [Short-term effect of liming in the extremely polluted ecological conditions of the Orlické hory Mts.] Lesnictví: 37: 12: 1009–1023.

PODRÁZSKÝ, V. (1993): Krátkodobé účinky vápnění v extrémních imisně ekologických podmínkách Orlických hor. [Short-term effects of liming in extreme immission and site conditions of the Orlické hory Mts.] Lesnictví, 39: 3/4: 97–105.

SCHAAF, W. – HÜTTL, R. F. (2006): Vliv hnojení na zdravotní stav porostů. Journal of Forest Science 52: Special Issue: 35–44

ŠRÁMEK, V. – FADRHONSOVÁ, V. – VORTELOVÁ, L. – LOMSKÝ, B. (2012): Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. 10 years after liming. Journal of Forest Science, 58: 57–66.

Adresa autora

Ing. VLADIMÍR ŠEBEŇ, Ph.D.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav

Odbor pestovania, inventarizácie a manažmentu lesa

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

Vliv pozdního mrazu na změnu fluorescence chlorofylu sazenic jedle bělokoré v závislosti na způsobu pěstování

Influence of late frost on chlorophyll fluorescence response in silver fir plants depending on nursery practices

ONDŘEJ ŠPULÁK – JARMILA MARTINCOVÁ

Abstract

Late frost is one of the limiting environmental factors, especially in mountain conditions and frost holes. This study aims, using methods of chlorophyll fluorescence measurement, to analyze an impact of simulated late frost and subsequent light regime on state of one year old needles of white fir planted in sunny and shaded conditions. Two instruments were used: Imaging-PAM and Plant Efficiency Analyser. The observed impact of late frost was short-term. More susceptible to the frost stress were one-year old offsets of the sprouted plants. The study confirms that when shaded day follows frost event the fluctuation of fluorescence parameters is lower and they balance earlier than in the case of a sunny day. Based on the results, it is recommended to shade the fir plants when late frost in the nursery can be expected, not only for the premise of frost attenuation but also for reduction of the radiation stress following frost event.

Keywords: *sprouting, late frost, damage, chlorophyll fluorescence, fir*

Abstrakt

Jedním z negativních faktorů prostředí převážně v horských podmínkách či v podmínkách mrazových poloh je pozdní mráz. Cílem příspěvku je pomocí analýzy maximálního výtěžku fotochemie PS II vyhodnotit vliv simulovaného pozdního mrazu a následného ozáření na stav jednoletého jehličí sazenic jedle bělokoré pěstované na plném ozáření a ve stíněných podmínkách. Fluorescence chlorofylu byla měřena dvěma přístroji – Imaging-PAM a Plant Efficiency Analyser. Pozorovaný vliv pozdního mrazu byl krátkodobý. Jednoleté výhony sazenic narašených byly vůči stresu mrazem náchylnější. Bylo potvrzeno, že když po mrazové epizodě následuje den se sníženou intenzitou záření, dochází u jedle k menšímu výkyvu hodnot parametrů fluorescence a nastává jejich rychlejší vyrovnání, než v případě slunečného dne. Na základě výsledků lze doporučit zakrývání sazenic jedle při očekávání výskytu pozdních mrazů ve školkách, a to nejen vzhledem k předpokladu tlumení mrazových špiček, ale i z hlediska snížení stresu působeného intenzívní radiací po mrazové epizodě.

Klíčová slova: *rašení, pozdní mráz, poškození, fluorescence chlorofylu, jedle*

ÚVOD

Prosperita a růst dřevin je určen jak vnitřními (genetická predispozice), tak vnějšími (vlastnosti prostředí) parametry. Jedním z negativních faktorů prostředí zvláště v horských podmínkách či v podmínkách mrazových poloh je pozdní mráz (AUSSENAC 2000), mráz

v době, kdy už byly splněny předpoklady pro výstup z dormance – dehardening (BECK et al. 2004). V součinnosti s dalšími stresujícími jevy (např. sluneční záření, poškození zvěří či myšovitými hlodavci, překonávání šoku z přesazení atd.) se může poškození pozdním mrazem stát letálním faktorem. Vlivem náhlých mrazů mimo zimní období může dojít až k okamžité destrukci a odumření buněčné protoplazmy, a to v důsledku tvorby ledu v pletivech (NEUNER, BEIKIRCHER 2010; BEADLE, SANDS 2004). Uvádí se, že mimo zimní období voda v apoplastu začíná běžně mrznout při teplotách –1 až –3 °C, v závislosti na obsahu látek, které snižují bod tuhnutí (HOLMSGAARD 1962; SAKAI, LARCHER 1987). Přestože nejvíce náchylná jsou mladá pletiva narašených výhonů (NEUNER, BEIKIRCHER 2010), poškození pozdními mrazy se projevuje na starších výhonech a v důsledku tak ovlivňuje růst (DITTMAR et al. 2006).

Měření fluorescence chlorofylu se osvědčilo jako jedna z metod v řadě aplikací fyziologického výzkumu. Fluorescence chlorofylu dává informaci o stavu fotosystému II (PSII), o rozsahu, v jakém je PSII schopen využít energii absorbovanou chlorofyly. Poškození PSII je první projev stresu listů (MAXWELL, JOHNSON 2000). Parametry fluorescence chlorofylu u jehličí, nejčastěji maximální kvantový výtěžek fotosystému II – Fv/Fm, byly využity také jako indikátory stresu mrazem (BINDER, FIELDER 1996; SILFVER et al. 2008, PEGUERO-PINA et al. 2008). V závislosti na použité technologii měření lze touto metodou vyhodnotit dostatečné množství vzorků.

Je známo, že intenzívní sluneční záření následující po pozdních mrazech zvýrazňuje jejich stresující efekt na vegetaci. Například stínění u smrku snížilo rozsah viditelného i vnitřního poškození jehličí (ORLANDER 1993; WELANDER et al. 1994; LANGVALL, ORLANDER 2001).

Cílem tohoto příspěvku je pomocí analýzy vybraného parametru fluorescence chlorofylu (maximálního kvantového výtěžku fotochemie PS II) vyhodnotit vliv simulovaného pozdního mrazu a následného ozáření na stav jednoletého jehličí sazenic jedle bělokoré s různou historií pěstování.

MATERIÁL A METODY

Materiál

Sazenice jedle bělokoré z výsevu v roce 2007 byly pěstované 2 roky na stíněném (stínící textilií) a nestíněném pařníku, v roce 2009 přeškolkovány do shodných variant světelných podmínek.

Dne 26. 3. 2012 bylo vždy 12 sazenic ve třech opakováních na variantu přesazeno do přepravek. Jedle pěstovaná na plném slunci vykazovala vzhled oslabeného jedince a redukci asimilačního aparátu. Přepravky byly umístěny do řízených podmínek růstové komory. Nastaven byl 16hodinový den o teplotě 17 °C (intenzita záření cca 15 000 lux) a noc o teplotě 10 °C.

V průběhu vystavení sazenic řízeným podmínkám bylo v týdenních intervalech hodnoceno rašení jedlí pomocí empirických stupňů rašení (Tab. 1). Průběh teplot a relativní vlhkosti vzduchu v klimatizované komoře byl monitorován pomocí loggerů S3631 (firma Comet System).

Tab. 1: Empirická stupnice rašení jedle.

***Tab. 1**: Empirical scale of fir sprouting*

Stav / *State*	**Index**
Neraší / *Not sprouting*	0
Zvětšené pupeny / *Enlarged buds*	1
Prosvítají zelené jehlice / *Green needles show in buds*	2
Sevřené svazečky jehlic vyrůstají mezi šupinami / *Confined bundle of needles growing from buds*	3
Rozevřené svazečky jehlic, začátek prodlužovacího růstu / *Open bundle of needles, beginning extension growth*	4
Prodlužovací růst nových výhonů / *Extension growth of new sprouts*	5

Mrazový test

Dne 17. 4. 2012 byl proveden mrazový test sazenic jedle. Teploty vzduchu v klimatizované růstové komoře se pohybovaly pod bodem mrazu po dobu 5 hodin s maximálním poklesem na –4,5 °C. Následovalo období ohřevu a teploty standardního dne (17 °C a 10 °C). Mrazu byly vystaveny vždy 2 opakování (přepravky) od každé varianty. Z nich po mrazu, v době simulace dne, bylo vždy jedno opakování ozářeno plnou intenzitou osvětlení komory (světlo 1; cca 15 000 lux) a druhé pouze minimální intenzitou (světlo 0,1; cca 500 lux). Třetí opakování od každé varianty představovalo kontrolu umístěnou po dobu trvání mrazového testu až do následujícího dne mimo klimatizovanou komoru v laboratoři, při teplotě cca 20 °C (Tab. 2).

Tab. 2: Dílčí varianty pokusu mrazového testu jedle bělokoré. Pozn.: m. p. – mrazová perioda.

***Tab. 2:** Partial variants of the fir frost test. Note: f. p. – frost period.*

Varianta pěstování – zkratka *Growing variant – abbreviation*	**Dílčí varianta** *Partial variant*	**Popis** *Description*
Stíněný záhon *Shaded seedbed* – **T**	T-K	kontrola – mimo komoru *control – outside the chamber*
	T-S	po m. p. při vysoké intenzitě osvětlení (cca 15 000 lux) *after f. p. in high illumination intensity (cca 15 000 lux)*
	T-T	po m. p. při nízké intenzitě osvětlení (cca 500 lux) *after f. p. in low illumination intensity (cca 500 lux)*
Nestíněný záhon *Sunny seedbed* – **S**	S-K	kontrola – mimo komoru *control – outside the chamber*
	S-S	po m. p. při vysoké intenzitě osvětlení (cca 15 000 lux) *after f. p. in high illumination intensity (cca 15 000 lux)*
	S-T	po m. p. při nízké intenzitě osvětlení (cca 500 lux) *after f. p. in low illumination intensity (cca 500 lux)*

Měření fluorescence chlorofylu

Fluorescence chlorofylu *a* posledního vyzrálého ročníku jehličí byla hodnocena den před a následující den po mrazovém testu a dále v týdenních intervalech. Mezi předposledním (3. 5. 2012) a posledním (11. 5. 2012) měřením byly sazenice umístěny na venkovním záhoně. Varianty pěstované v předchozích letech na plném slunci byly opět umístěny na slunce, sazenice pěstované původně ve stinných podmínkách pod stínící textilii.

Pro měření byly využity přístroje Plant Efficiency Analyser (PEA, Hansatech Instruments) a Imaging-PAM (Walz), které mají odlišný přístup k stínění vzorků a měření základních temnotních parametrů fluorescence chlorofylu (blíže viz ŠPULÁK, MARTINCOVÁ 2011). Rozdíly relativních hodnot (např. poměru F_v/F_m) a reakce na působení různých vlivů by však při měření různými přístroji měly být obdobné.

Pro měření fluorescence chlorofylu **přístrojem Imaging-PAM** byly reprezentativní jehlice z roku 2011 z prvního bočního výhonu v horní části korunky lepeny na lepovou destičku lícní stranou vzhůru. Každý jedinec byl zastoupen 2 opakováními (jehlicemi), tzn. 24 měření na přepravku – dílčí variantu. Vzorky byly minimálně 30 minut před měřením adaptovány na tmu. Nastavena byla intenzita měřícího světla 3 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$, frekvence pulzů 1 Hz. Měření se odehrávalo v zatemněné místnosti pro udržení maximálně možného temnotního stavu asimilačního aparátu před začátkem měření.

Fluorescence chlorofylu *a* **přístrojem PEA** byla měřena na jednoletém jehličí ze svrchní strany bočních letorostů v horní části korunky (mimo terminálu). Měřeno bylo pomocí originálních klipsen zaručujících vymezení měřeného prostoru i jeho stínění. Před měřením byly vzorky stíněny minimálně 30 minut v zatemněné místnosti. Pro testování byla intenzita záření nastavena na 50 % (2,1 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$). Každý vzorník byl měřen na dvou náhodně vybraných výhonech.

Pro vyhodnocení v tomto příspěvku byl vybrán parametr maximální kvantový výtěžek fotochemie fotosystému II pletiva adaptovaného na tmu (F_v/F_m; MAXWELL, JOHNSON 2000) z měření oběma přístroji. Do výpočtu parametru vstupují hodnoty maximální fluorescence (F_m) a minimální fluorescence (intenzita fluorescence v 50 µs; F_0), jejichž rozdíl je označován jako variabilní fluorescence (F_v). Hodnota F_v/F_m byla dopočítána obslužným softwarem podle vztahu $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$.

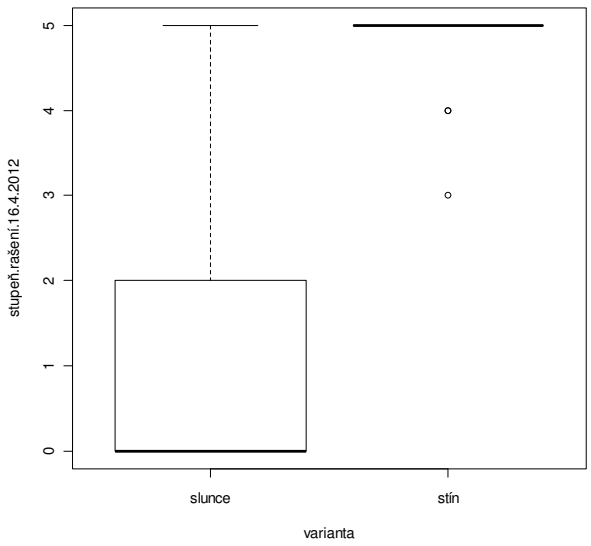
Statistické hodnocení

Po odstranění odlehlých měření pozbývajících biofyzikální smysl byla data jednotlivých parametrů pro zlepšení parametru normality a stabilizaci rozptylů transformována pomocí Box-Coxovy transformace (BOX, COX 1964; FOX, WEISBERG 2011). Podle charakteru úlohy byla data porovnávána pomocí analýzy rozptylu (ANOVA), jestliže ani transformace nezabezpečila statistickou shodnost rozptylů pak pomocí Kruskal-Wallisova testu (příslušné dílčí varianty), nebo pomocí studentova t-testu (varianty stínění před mrazovým testem). Testy byly prováděny ve statistickém programu Unistat 5.601 a v prostředí R (2.10.1, The R Foundation for Statistical Computing 2011). Rozdíly byly považovány za průkazné, jestliže $P < 0.05$.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Rašení a poškození nových výhonů

Po třech týdnech v řízených podmínkách růstové komory, v den předcházející aplikaci mrazu, byly sazenice stíněné varianty (T) již plně narašené, nové výhony až na výjimky byly hodnoceny indexem rašení 5, tzn. výhony ve fázi délkového růstu. Naproti tomu sazenice pěstované v předchozích letech na plném slunci vykazovaly výrazně pomalejší průběh rašení, téměř 70 % jedinců nejevilo stále známky probouzení pupenů (Obr. 1).



Obr. 1: Rozdělení stupňů rašení jedlí podle variant před aplikací mrazu dne 16. 4. 2012.

***Fig. 1**: Distribution of degrees of sprouting in firs according to variants prior simulated frost – on the 16. 4. 2012.*

Řízený stres mrazem způsobil poškození rašících letorostů u variant pěstovaných v předchozích letech ve stíněných podmínkách (T). U 33 % jedinců dílčí varianty T-T (po mraze při nízké intenzitě osvětlení) se vyskytovalo letální poškození nových výhonů (stupeň poškození 2), u dílčí varianty T-S (po mraze při vysoké intenzitě osvětlení) bylo zjištěno u 58 % jedinců. Podíl částečně poškozených výhonů byl u obou variant srovnatelný (17 %). S ohledem na nízký stupeň narašení nebylo poškození nových výhonů pozorováno u sazenic variant pěstovaných v předchozích letech na slunci. Všeobecně jsou pupeny mající nižší stupně rašení odolnější vůči působení pozdního mrazu, jak dotvrzují také BURR (1990) nebo BIGRAS et al. (2004).

Fluorescence chlorofylu

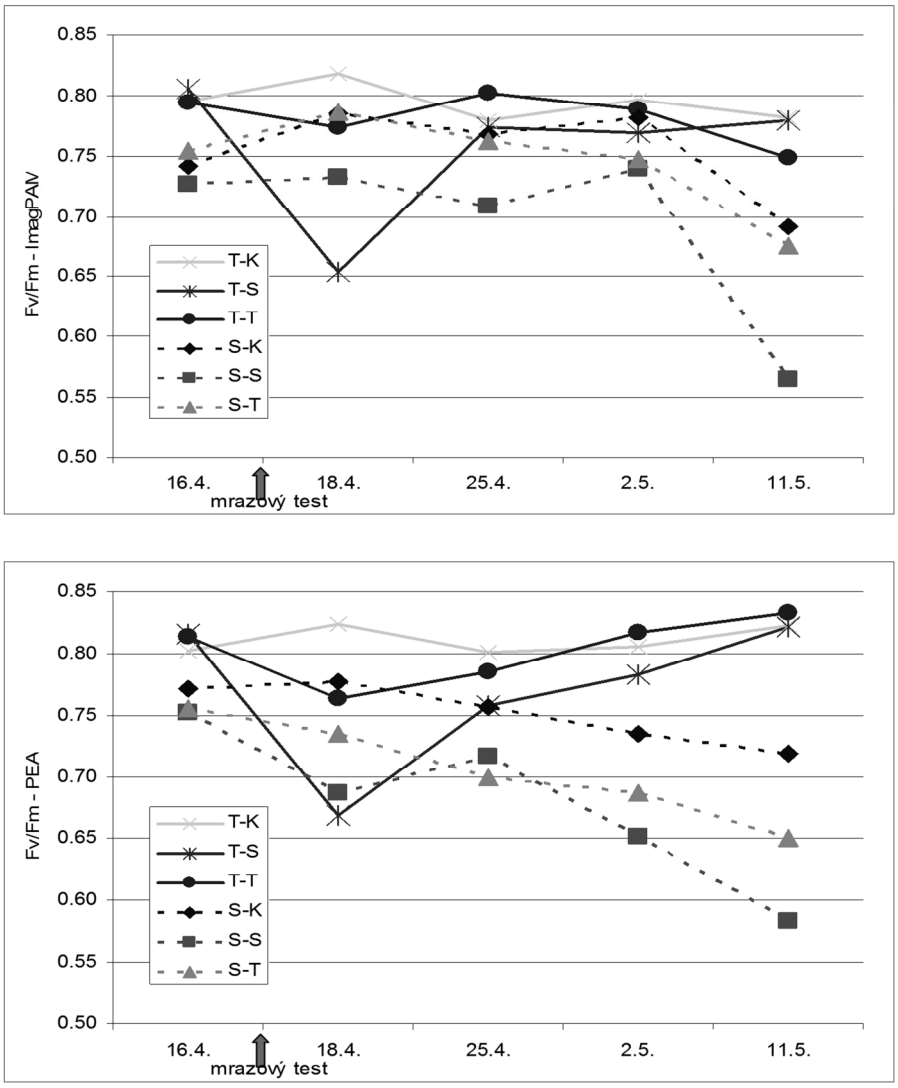
Maximální kvantový výtěžek

Vyšší hodnoty maximálního kvantového výtěžku F_v/F_m, až na výjimky, byly naměřeny přístrojem PEA. Vychází to z podstaty principu měření jednotlivými přístroji – přístroj PEA umožňuje stabilnější stínění a měření skutečných temnotních parametrů (LICHTENTHALER et al. 2005). Standardizace podmínek při měření přístrojem PAM však bylo zajištěno měřením v zatemněné laboratoři.

Před aplikací mrazového testu (16. 4.) se pohybovaly průměrné hodnoty F_v/F_m u sazenic pěstovaných pod stíněním (T) v rozmezí 0,79 až 0,84, které je obecně (MAXWELL, JOHNSON 2000) považováno za optimální pro většinu druhů rostlin. Svědčí to o plné funkčnosti fotochemických procesů. Naproti tomu parametr F_v/F_m u varianty S potvrzoval oslabení sazenic (Obr. 2). Rozdíly mezi variantami T a S byly statisticky průkazné.

Následující den po mrazovém testu došlo k výraznému poklesu maximálního výtěžku fotochemie (Fv/Fm) u dílčí varianty (dv) T-S, a to při měření oběma přístroji, hodnoty byly statisticky průkazně nižší, než u dv S-K a S-T. Pokles byl pozorován i u dílčí varianty T-T.

V následujících termínech měření docházelo k postupnému vyrovnávání hodnot maximálního výtěžku fotochemie u testovaných variant pěstovaných ve stíněných podmínkách, delší období stabilizace bylo pozorováno u varianty T-S. Nejednoznačné kolísání lze pozorovat mezi výsledky obou přístrojů u sazenic pocházejících ze slunce. Celkově je u nich však trend sestupný, poukazující na zhoršující se stav fotosyntetických reakcí nejen u testovaných dílčích variant (S-S a S-T), ale také u kontroly (S-K). Výrazný zlom nastal přenesením sazenic do venkovního prostředí.



Obr. 2: Změny průměrného parametru F_v/F_m v čase za dílčí varianty. Nahoře měřeno přístrojem Imaging-PAM, dole přístrojem PEA.

Fig. 2: *Changes of mean F_v/F_m parameter of partial variants in time. Up – measured by Imaging-PAM; down – measured by PEA.*

Je možné, že se poškození mrazem projevuje rozdílně na lícní a boční (spodní) straně jehlic, zvláště u oslabených jedinců. To by mohlo vysvětlovat rozdíly v pozorovaných trendech parametru F_v/F_m mezi přístroji. Přístrojem Imaging-PAM byla striktně měřena svrchní, lícní strana jehličí, stínící klipsny přístroje PEA však zploštily strukturu jehlic, a tím mohly být hodnoty měřeny na jejich svrchní nebo i boční straně. K úplnému obrácení jehlic rubovou stranou vzhůru u jedle bělokoré dochází zřídka, neboť má jehlice ploché a umístěné plošným způsobem. Tento faktor by se mohl výrazněji projevit při měření např. u smrku. Druhým ze zdrojů rozdílů pak bude přirozená variabilita hodnot mezi jednotlivými listy (jehlicemi) v rámci jedince (ŠPULÁK, MARTINCOVÁ 2011).

ZÁVĚR

Ze studie vyplývá, že vliv pozdního mrazu na fluorescenci chlorofylu jednoletých výhonů mladých jedinců jedle bělokoré je krátkodobý. Vůči stresu mrazem jsou náchylnější jednoleté výhony sazenic narašených. Jako u řady druhů dřevin bylo i u jedle potvrzeno, že když po mrazové epizodě následuje den se sníženou intenzitou záření, dochází k menšímu výkyvu hodnot parametrů fluorescence a nastává jejich rychlejší vyrovnání, než v případě slunečného dne. Zakrývání sazenic jedle při očekávání výskytu pozdních mrazů ve školkách se tak jeví účelné nejen vzhledem k předpokladu tlumení mrazových špiček, ale i z hlediska snížení stresu působeného intenzívní radiací po mrazové epizodě.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře výzkumného záměru 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

AUSSENAC, G. (2000): Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. Annals of Forest Science, 57: 287–301.

BEADLE, C. – SANDS, R. (2004): Physiology and Silviculture. In: Encyclopedia of Forest Sciences, Volume Four. Elsevier, Oxford, 2061 s.

BECK, E. H. – HEIM, R. – HANSEN, J. (2004): Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening; Journal of Bioscience, 29: 449–459.

BOX, G. E. P. – COX, D. R. (1964): An analysis of transformations. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 26: 211–246.

BIGRAS, F. J. – COURSOLLE, C. – MARGOLIS, H. A. (2004): Survival and growth of *Picea glauca* seedlings as a function of freezing temperatures and exposure times during budbreak and shoot elongation. Scandinavian Journal of Forest Research, 19: 3: 206–216.

BINDER, W. D. – FIELDER, P. (1996): Chlorophyll fluorescence as an indicator of frost hardiness in white spruce seedlings from different latitudes. New Forests, 11: 233–253.

BURR, K. E. (1990): The target seedling concepts: Bud dormancy and cold hardiness. Target Seedlings Symposium: Proceedings Meeting of the Western Forest nursery Associations. 13.–17. 4. 1990, Roseburg, Oregon. USDA Forest Service. General Technical Report RM-200, s. 79–90.

DITTMAR, CH. – FRICKE, W. – ELLING, W. (2006): Impact of late frost events on radial growth of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Southern Germany. European Journal of Forest Research, 125: 249–259.

FOX, J. – WEISBERG, S. (2011): An R Companion to Applied Regression, Second Edition, Sage.

NEUNER, G. – BEIKIRCHER, B. (2010): Critically reduced frost resistance of *Picea abies* dutiny sprouting could be linked to cytological changes. Protoplasma, 243: 145–152.

HOLMSGAARD, E. (1962): The influence of weather on growth and reproduction of beech. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 55: 1–5.

LICHTENTHALER, H. K. – BUSCHMANN, C. – KNAPP, M. (2005): How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R Fd of leaves with the PAM fluorometer. Photosynthetica, 43: 3: 379–393.

PEGUERO-PINA, J. J. – MORALES, F. – GIL-PELEGRÍN, E. (2008): Frost damage in *Pinus sylvestris* L. stems assessed by chlorophyll fluorescence in cortical bark chlorenchyma. Annals of Forest Science, 65: 813.

LANGVALL, O. – ORLANDER, G. (2001): Effects of pine shelterwoods on microclimate and frost damage to Norway spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research, 31: 1: 155–164.

MAXWELL, K. – JOHNSON, G. J. (2000): Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659–668.

NEUNER, G. – BEIKIRCHER, B. (2010): Critically reduced frost resistance of *Picea abies* during sprouting could be linked to cytological changes. Protoplasma, 243: 145–152.

ORLANDER, G. (1993): Shading reduces both visible and invisible frost damage to Norway spruce seedlings in the field. Forestry – Oxford, 66 1: 27–36.

SAKAI, A. – LARCHER, W. (1987): Frost survival of plants. Ecological Studies 62. Springer-Verlag, Berlin, 321 s

SILFVER, T. – HÄIKIÖ, E. – ROUSI, M. – HOLOPAINEN, T. – OKSANEN, E. (2008): Interactive effects of elevated ozone and springtime frost on growth and physiology of birch (*Betula pendula*) in field conditions. Trees, 22: 291–301.

ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J. (2011): Variabilita parametrů fluorescence chlorofylu v rámci mladých stíněných a nestíněných sazenic jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) měřená dvěma odlišnými přístupy. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 3: 189–197.

WELANDER, N. T. – GEMMEL, P. – HELLGREN, O. – OTTOSSON, B. (1994): The consequences of freezing temperatures followed by high irradiance on in vivo chlorophyll fluorescence and growth in *Picea abies*. Physiologia Plantarum, 91: 1: 121–127.

Adresa autorů

Ing. ONDŘEJ ŠPULÁK, Ph.D.

RNDr. JARMILA MARTINCOVÁ

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

tel.: 494 668 391

e-mail: spulak@vulhmop.cz

Vývoj kvantitatívnej produkcie bukového porastu s oneskorenou výchovou

Development of quantitative production of beech stand with delayed tending

IGOR ŠTEFANČÍK – MARTIN KAMENSKÝ – SLAVOMÍR STRMEŇ

Abstract

In the paper, selected quantitative parameters of 105-year old beech stand with delayed tending were analysed. The first intervention was performed at stand age of 60 years. The research was carried out on four partial plots managed by different tending regime: (i) plot with thinning from below (C-degree according to the German forest research institutes from 1902), (ii) plot with free crown thinning – thinning interval 5 years, (iii) plot with free crown thinning – thinning interval 10 years, (iv) control plot (no treatment). The method of target (crop) trees was applied on treated plots. From quantitative point of view (basal area, volume of the timber to the top of 7 cm o.b., total volume production, current annual volume increment), the best results (after the period of 45 years of investigation) were found on the plot managed by thinning from below, followed by the plots treated by free crown thinning with thinning interval of 5 years. The worst results were obtained on the control plot (with no tending).

Keywords: *beech, delayed tending, thinning, quantitative production*

Abstrakt

V príspevku sa analyzujú vybrané kvantitatívne znaky 105ročného bukového porastu s oneskorenou výchovou, ktorá začala až vo veku 60 rokov. Výskum sa uskutočnil na 4 plochách s rozdielnym režimom obhospodarovania: (i) plocha s podúrovňovou prebierkou (C-stupeň podľa Nemeckých lesníckych výskumných ústavou z roku 1902), (ii) plocha s úrovňovou voľnou prebierkou s 5 ročným prebierkovým intervalom, (iii) plocha s úrovňovou voľnou prebierkou s 10 ročným prebierkovým intervalom, (iv) kontrolná plocha (bez zásahov). Na zasahovaných plochách sa aplikovala metóda cieľových stromov. Po 45 ročnom sledovaní, z hľadiska kvantitatívnej produkcie (kruhová základňa, objem hrubiny, celková objemová produkcia, bežný ročný objemový prírastok) bola najlepšia plocha so silnou podúrovňovou prebierkou, nasledovanou plochou s úrovňovou prebierkou s 5ročným prebierkovým intervalom. Najhoršie výsledky sa zistili na kontrolnej ploche (bez výchovy).

Kľúčové slová: *buk, oneskorená výchova, prebierky, kvantitatívna produkcia*

ÚVOD

Výchova porastov má kľúčový význam pre vývoj každého lesného porastu. Spravidla zaberá viac ako polovicu rubného veku porastu. Pri obhospodarovaní bukových porastov z prirodzenej obnovy je dôležitý nielen spôsob (metóda) ich výchovy, ale tiež vek, kedy je najvhodnejšie začať s výchovou.

Z publikovaných prác zaoberajúcich sa históriou výchovy bukových porastov na Slovensku (ŠTEFANČÍK 1985) ako aj ďalších prác z problematiky prebierok v bukových porastoch (ŠTEFANČÍK 1984) vyplýva, že výchova bučín na Slovensku nemala takú osobitnú tradíciu ako napr. vo Francúzsku, Dánsku, Švajčiarsku, či Nemecku. Uskutočňovala sa prakticky len na základe zahraničných poznatkov a dovtedajších skromných skúseností iniciatívnejších lesných hospodárov. Systematický výskum začal až koncom 50. rokov minulého storočia.

Výskum sa najskôr zameral na systematicky nevychovávané nezmiešané bukové mladiny (RÉH 1968, 1969), resp. žŕdkoviny a žrďoviny (ŠEBÍK 1969; ŠTEFANČÍK, 1974). V rámci výskumu sa začali postupne riešiť všetky základné pestovno-produkčné otázky prebierok. Na začiatku to bola najmä otázka druhu prebierky (podúrovňová, úrovňová), spôsobu výberu (pozitívny, negatívny) a štruktúry nezmiešaných bučín, neskôr otázka intenzívnosti prebierok, t.j. sila, intenzita a interval prebierok.

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 (akosťovej v zmysle Schädelina a úrovňovej voľnej prebierky v zmysle ŠTEFANČÍKA (1984).

Od 70. rokov minulého storočia sa publikovali výsledky viacročných sledovaní (ŠTEFANČÍK 1974, 1984; ŠEBÍK, POLÁK 1990; ŠTEFANČÍK et al. 1991, 1996; ŠTEFANČÍK 2007; ŠTEFANČÍK, BOLVANSKÝ 2011), ktoré z hľadiska kvalitatívnej produkcie ukázali priaznivejšie výsledky pri aplikácii úrovňových prebierok v porovnaní s podúrovňovými. Osobitne vhodná pre nezmiešané bukové porasty Slovenska sa ukázala úrovňová voľná prebierka (ŠTEFANČÍK 1984, 2007). Táto prebierková metóda sa začala uplatňovať pri výskume prebierok v bukových porastoch na Slovensku od roku 1958 a v súčasnosti po overovaní už našla svoje miesto aj v lesníckej praxi.

Cieľom tohto príspevku bolo zistiť zmeny vybraných parametrov kvantitatívnej produkcie v bukovom poraste s oneskorenou výchovou, ktorý bol dlhodobo (45 rokov) vychovávaný rozdielnymi prebierkovými metódami.

MATERIÁL A METODIKA

Objektom výskumu bola séria trvalých výskumných plôch (TVP) Cigánka, ktorá sa nachádza v dielci 50, lesná správa Muráň, Odštepný závod Revúca. Predmetný bukový porast vznikol z prirodzenej obnovy. Pri založení výskumných plôch (jeseň 1966) mal porast 60 rokov.

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

Na ploche (označenej ako C) sa realizuje silná podúrovňová prebierka (C – stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov 1902). Na druhej a tretej ploche (označenej ako H, H2) sa uskutočňujú zásahy metódou úrovňovej voľnej prebierky v zmysle ŠTEFANČÍKA (1984), ktorá sa zameriava na individuálnu výchovu stromov výberovej kvality (nádejné a cieľové) stromy. Tieto stromy sa vyberajú na základe troch kritérií (kvalita, dimenzia, rozstup). Na ploche H je prebierkový interval 5 rokov, resp. na ploche H2 je 10 rokov.

Plocha s označením 0 je kontrolná, bez zásahov.

Do založenia TVP sa na výskumných plochách nevykonali nijaké úmyselné výchovné zásahy. Prvé biometrické meranie sa uskutočnilo v roku 1967. Od založenia výskumných plôch sa realizovalo na všetkých čiastkových plochách 10 biometrických meraní s 5-ročným intervalom, vrátane zásahu na vychovávaných plochách (C, H – 5 ročný prebierkový interval, H2 – 10 ročný prebierkový interval. Na všetkých čiastkových plochách sa uskutočňujú 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).

Pestovná klasifikácia zahŕňa:

- <u>spoločenské postavenie stromov podľa vzrastových tried</u> (ŠTEFANČÍK 1984):
  1. nadúrovňový strom
  2. úrovňový strom
  3. medziúrovňový strom
  4. podúrovňový strom ustupujúci
  5. podúrovňový strom potlačený

- <u>stupne akosti kmeňa:</u>
  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 hŕč, veľmi zakrivený

- <u>stupne akosti koruny:</u>

  <u>Podľa typu</u> (spôsobu vetvenia a tvaru):
  1. s priebežnou osou kmeňa k vrcholu stromu
  2. kyticovitú
  3. metlovitú
  4. vidlicovitú.

  <u>Podľa veľkosti</u>:
  1. nadmernej veľkosti
  2. primeranej veľkosti
  3. malá, jednostranne vyvinutá, ale schopná regenerácie
  4. malá, neschopná regenerácie.

  <u>Podľa hustoty</u> (dostatku asimilačných orgánov):
  1. hustá s úplným olistením aj vnútri koruny
  2. dosť hustá, olistenie len v korunovom plášti
  3. redšia, olistenie ešte dobré
  4. veľmi riedka, nedostatočné olistenie.

Tab. 1: Základné charakteristiky trvalej výskumnej plochy (TVP) Cigánka.

Tab. 1: *Basic characteristics of the permanent research plot (PRP) Cigánka.*

Charakteristika[1]	TVP Cigánka[2]
Založenie TVP[3] [rok]	1966
Vek porastu[4] [roky]	60
Absolútna výšková bonita[5]	28
Geomorfologický celok[6]	Stolické vrchy
Expozícia[7]	SZ
Nadmorská výška[8] [m]	560
Sklon[9]	20°
Geologický podklad[10]	Ortorula (dvojsľudná biotitická)[20]
Pôdny typ[11]	Kambizem typická, nenasýtená[21]
Lesný vegetačný stupeň[12]	4. bukový[22]
Ekologický rad[13]	A – kyslý[23]
Hospodársky súbor[14]	43 kyslé bučiny (s jedľou a smrekom)[24]
Hospodársky súbor lesných typov[15]	405 kyslé bučiny[25]
Skupina lesných typov[16]	Fagetum pauper (Fp) vyšší stupeň[26]
Lesný typ[17]	4301 chlpaňová bučina (vyšší stupeň)[27]
Priemerná ročná teplota[18] [°C]	5,5
Priemerný ročný úhrn zrážok[19] (mm.rok^{-1})	918

[1]characteristic, [2]PRP Cigánka, [3]establishment of PRP, [4]age of stand, [5]site index, [6]geomorphologic unit, [7]exposition, [8]altitude [m], [9]inclination, [10]parent rock, [11]soil type, [12]forest vegetation tier, [13]ecological rank, [14]management complex, [15]management complex of forest types, [16]forest type group, [17]forest type, [18]average annual temperature [°C], [19]average annual precipitation sum [mm.year^{-1}], [20]Gneiss (biotitic), [21]Haplic Cambisol (Dystric), [22]The fourth-beech, [23]Acid, [24]Acid beechwoods with fir and spruce, [25]Acid beechwoods, [26]Fp higher tier, [27]Woodrush beechwoods (higher tier)

V rámci hospodárskej klasifikácie sa hodnotí len kmeň po nasadenie koruny, a to osobitne spodná a osobitne horná polovica kmeňa. Akosťové triedy: 1 – vysoká (A), 2 – priemerná (B), 3 – horšia akosť, ale úžitkové drevo (C), 4 – palivo (D).

Podkladový materiál bol spracovaný bežnými biometrickými a štatistickými metódami v zmysle štandardných metodík s využitím softvérového balíka QC Expert a rastového simulátora Sibyla (FABRIKA 2005). Pre zistenie štatistickej významnosti rozdielov sme použili jednofaktorovú analýzu variancie ANOVA.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Porastovú štruktúru sme zisťovali prostredníctvom kriviek absolútnych hrúbkových početností a údajov o strednej hrúbke (d_g) v Tab. 2.

Vzhľadom k tomu, že do začiatku výskumu sa v predmetných porastoch nevykonávali žiadne zásahy bol priebeh kriviek hrúbkových početností podobný pre všetky čiastkové plochy s výnimkou plochy C, kde bola aj hodnota (d_g) na začiatku najvyššia (Tab. 2). Z hľadiska rozdelenia početností ide o ľavostranne asymetrické rozdelenie, ktoré je typické pre porasty mladšieho veku, ale tiež pre porasty stredného veku, ktoré boli dovtedy nezasahované (výchovne zanedbané). To je aj prípad TVP Cigánka, kde sa s výchovou začalo až v rastovej fáze žrďovín (vo veku 60 rokov), čo je pre bukové porasty značne oneskorene. Podľa údajov z literatúry sa odporúča v závislosti od ďalších prírodných a stanovištných faktorov začať s výchovou už v mladinách (RÉH 1968, 1969; JURČA, CHROUST, 1973; KORPEĽ et al., 1991), resp. najneskôr v žŕdkovinách (ŠTEFANČÍK, 1974).

Po 45 rokoch odlišných výchovných režimov sa rozdiely medzi jednotlivými plochami zväčšili (rozdiely boli štatisticky významné pre hladinu α = 0,05 medzi plochou C

a všetkými ostatnými plochami). Poradie plôch sa nezmenilo, keď najväčšiu d_g dosiahla plocha vychovávaná od začiatku podúrovňovou prebierkou a najnižšiu kontrolná plocha (Tab. 2). Zároveň sa zmenilo aj rozloženie hrúbkových početností na viac-menej dvojvrcholové. Tento vývoj odráža spôsoby výchovy, keď na plochách s úrovňovými zásahmi (H, H2) sa zasahovalo v celom vertikálnom profile, čím sa dosiahla hrúbková diferenciácia porastu. Potvrdili to aj hodnoty indexu hrúbkovej diferenciácie /TM_d/ (FÜLDNER, 1995), ktoré dosiahli najvyššie hodnoty práve na plochách s úrovňovou prebierkou (H – 0,578, H2 – 0,516), ktoré znamenajú silnú diferenciáciu. Na kontrolnej ploche 0 to bolo 0,398 (stredná diferenciácia) a najnižšie hodnoty indexu boli na ploche C (0,173 – malá diferenciácia), kde sa odstránila podúroveň, takže zostali len jedince úrovňové a medziúrovňové.

Výšková štruktúra

Výškovú štruktúru (výstavbu porastov) sledovaných plôch sme vyjadrili relatívnou početnosťou vo vzrastových (stromových) triedach. Z pestovného hľadiska je dôležitý podiel stromov v úrovni porastu (1. + 2. vzrastová trieda) a podúrovni porastu (3. až 5. vzrastová trieda). Výstavba závisí od stanovišťa, dreviny, veku a najmä výchovných opatrení (ŠEBÍK, POLÁK, 1990).

Na začiatku výskumu bola výšková štruktúra prakticky rovnaká. Podiel úrovne sa pohyboval v rozpätí od 28,4 % na kontrolnej ploche po 29,9 % na ploche H2. Rozdiely (presuny) vo výškovej štruktúre (podiel porastovej úrovne a podúrovne) na jednotlivých plochách za sledované obdobie 45 rokov dosiahli na ploche 0 a H okolo 10 %. Na ploche H2 nedošlo prakticky k žiadnym zmenám. To je v súlade so zisteniami ŠEBÍKA a POLÁKA (1990), ktorí konštatujú pri silnej úrovňovej prebierke presun stromov do vyšších stromových tried. Okrem toho pri presunoch záleží aj od typu dreviny (nárokov na svetlo). ŠEBÍK, POLÁK (1990) uvádzajú, že pri tiennych drevinách so stúpajúcim vekom klesá počet úrovňových stromov a naopak rastie podiel podúrovňových jedincov. Najpočetnejšou sa stáva 4., prípadne 4. a 5. stromová trieda, čo sa potvrdilo aj na TVP Cigánka. ASSMANN (1968) zistil v 102 ročnom bukovom poraste vychovávanom miernou úrovňovou prebierkou zastúpenie úrovne 53,8 %, resp. podúrovne 46,2 %.

Najväčšiu zmenu sme podľa očakávania zaznamenali na ploche C (podúrovňová výchova), kde v dôsledku odstránenia podúrovne zostali v poraste len medziúrovňové jedince (3. vzrastová trieda) s malým podielom 17,6 %.

Zaujímavá je skutočnosť, že kontrolná plocha 0 ponechaná na prirodzený vývoj (autoreguláciu) mala prakticky rovnakú výškovú štruktúru, ako plochy vychovávané úrovňovou voľnou prebierkou. To potvrdzuje konštatovanie z minulosti (ŠTEFANČÍK 2007), že táto prebierková metóda je svojou koncepciou veľmi podobná princípom prírode blízkeho PESTOVANIA lesa. Dokazujú to aj vysoké hodnoty indexu vertikálnej štruktúry (APi) podľa Pretzscha (1992), ktoré na plochách s úrovňovými prebierkami dosiahli hodnoty 0,791 a 0,758, ktoré sa priblížili hodnotám až pre výberkovú štruktúru (0,900). Pre porovnanie uvádzame, že index APi na kontrolnej ploche bol 0,447.

Rovnako ako v prípade hrúbkovej diferenciácie aj pri výškovej diferenciácii boli indexy /TM_h/ podľa FÜLDNERA (1995) najvyššie na plochách s úrovňovými prebierkami (H – 0,514, H2 0,439), pre kontrolnú plochu (0,302) a plochu C (0,037).

Tab. 2: Vývoj porastových charakteristík na TVP Cigánka.

Tab. 2: *Development of stand characteristics on the PRP Cigánka.*

Plocha[1]	Porast[2]	Vek[3]	Počet stromov[4]	Kruhová základňa[5]	Objem hrubiny[6]	Stredná	
						Hrúbka[7] d1,3 [cm]	Výška[8] [m]
		[r.]	[ks.ha^{-1}]	[m^2.ha^{-1}]	[m^3.ha^{-1}]	[dg]	[hg]
0	združený[9] hlavný[10]	60	2 940	34,784	337,444	12,3	19,1
		65	2 276	35,768	357,892	14,1	19,8
		70	2 004	35,956	392,920	15,1	21,4
		75	1 736	36,980	437,292	16,5	23,3
		80	1 592	38,036	477,004	17,4	24,7
		85	1 472	38,604	516,368	18,3	26,2
		90	1 224	39,208	537,228	20,2	26,7
		95	1 144	41,404	570,180	21,5	26,7
		100	1 068	41,556	585,912	22,3	26,6
		105	1 012	43,956	631,524	23,5	26,9
H	združený hlavný	60	2 632	36,436	365,172	13,3	20,1
		65	1 140	25,888	303,516	17,0	23,2
		70	816	22,480	286,980	18,7	25,0
		75	756	23,120	300,944	19,7	25,1
		80	624	21,172	287,976	20,8	26,2
		85	620	25,128	351,032	22,7	26,6
		90	584	27,388	389,152	24,4	26,8
		95	584	31,064	455,964	26,0	27,4
		100	564	31,724	485,060	26,8	27,5
		105	548	34,452	540,876	28,3	27,8
H2	združený hlavný	60	2 568	35,500	354,504	13,3	20,1
		65	1 552	28,968	307,740	15,4	21,0
		70	1 032	23,808	284,196	17,1	23,6
		75	992	25,948	319,808	18,3	24,0
		80	800	22,012	279,256	18,7	24,5
		85	784	24,992	334,212	20,2	25,7
		90	740	26,128	355,132	21,2	25,4
		95	732	28,916	398,292	22,4	25,5
		100	712	29,128	418,452	22,8	25,6
		105	704	31,792	468,432	24,0	26,1
C	združený hlavný	60	2 308	40,060	444,152	14,9	21,6
		65	520	26,696	387,996	25,6	29,8
		70	440	27,096	416,032	28,0	31,5
		75	324	26,024	420,956	32,0	33,2
		80	312	28,468	482,532	34,1	34,7
		85	312	31,896	563,500	36,1	35,9
		90	280	32,104	595,804	38,2	37,2
		95	280	35,168	668,400	40,0	38,0
		100	272	36,052	690,564	41,1	38,2
		105	272	38,728	778,980	42,6	38,8

[1]plot, [2]stand, [3]age (years), [4]number of trees, [5b]basal area, [6]volume to the top of 7 cm o.b., [7]mean diameter, [8]mean height, [9]total, [10]main,

Pokiaľ ide o porovnanie strednej výšky (h_g) medzi jednotlivými plochami, po 45 rokoch sme najvyššie hodnoty zistili na ploche C, ktoré sa výrazne odlišovali od ostatných troch plôch, pričom aj rozdiely v porovnaní s ostatnými plochami boli štatisticky významné (pre α=0,05). Ostatné 3 plochy dosiahli podobné hodnoty (h_g), pričom rozdiely medzi nimi neboli štatisticky významné.

Vývoj kvantitatívnej produkcie

Vývoj porastových charakteristík za sledované obdobie uvádzame v Tab. 2 a 3. Pri založení plôch bol východiskový počet stromov (N) najvyšší na kontrolnej ploche (0) a najnižší na ploche C. Po 45 rokoch sme zaznamenali rovnaké poradie, pričom na kontrolnej ploche zostalo 34,4 % z pôvodného počtu jedincov, na ploche C to bolo len 11,8 %. V prípade ostatných porastových veličín (kruhová základňa – G, a objem hrubiny – V_{7b}) sme zistili najvyššie hodnoty na ploche s podúrovňovou prebierkou a najnižšie na plochách s úrovňovými prebierkami (H, H2). Tieto výsledky sú v súlade s poznatkami početných prebierkových pokusov založených v minulosti, ktoré zhrnuli ASSMANN (1968), ŠEBÍK, POLÁK (1990), ŠTEFANČÍK (1990).

Pri analýze celkového úbytku stromov (prebierky, samoprerieďovanie, abiotické činitele) za 45 rokov podľa G aj V_{7b} sme zistili najvyšší úbytok na plochách s úrovňovými prebierkami (H, H2) a najnižší na kontrolnej ploche.

Pokiaľ ide o celkovú produkciu (podľa G a V_{7b}), najvyššie hodnoty boli na ploche s podúrovňovou prebierkou a plochou s úrovňovou prebierkou s 5ročným prebierkovým intervalom. Rovnaký výsledok sme zistili aj pri vyjadrení indexu rastu celkovej produkcie za sledované obdobie, čo poukazuje na priaznivý vplyv aj oneskorených výchovných zásahov v bukových porastoch. Buk sa vyznačuje dobrou schopnosťou reagovať na uvoľnenie až do vysokého veku (ASSMANN 1968, ŠEBÍK, POLÁK 1990), čo sa potvrdilo aj na TVP Cigánka.

Z hľadiska kvantitatívnej produkcie sa najlepšie výsledky dosiahli na ploche s podúrovňovou prebierkou a úrovňovou prebierkou s 5 ročným prebierkovým intervalom a najhoršie na kontrolnej ploche, bez výchovy. Potvrdili to aj údaje o celkovom bežnom ročnom objemovom prírastku (Tab.3).

Tab. 3: Vývoj produkcie objemu hrubiny za 45 rokov.

Tab. 3: *Development of production of volume of timber to the top of 7 cm o.b. per hectare for 45 years.*

Plo-cha[1]	Vek (mera-nie)[2]	Hlavný porast[3]	Celkový úbytok[4]		Celková objemová produkcia (COP)[5]		Celkový bežný ročný prírastok[6]		
	(roky)	[m³.ha⁻¹]	[m³.ha⁻¹]	% z COP	[m³.ha⁻¹]	Index združeného porastu[7]	[m³.ha⁻¹]	% z COP	Index
0	60 (1)	337,4							
	105 (10)	631,5	98,6	13,5	730,1	2,164	8,7	1,2	1,000
H	60 (1)	272,2							
	105 (10)	540,9	321,5	37,2	862,4	2,362	13,1	1,5	1,503
H2	60 (1)	276,9							
	105 (10)	468,4	291,4	38,4	759,9	2,143	10,7	1,4	1,229
C	60 (1)	346,0							
	105 (10)	779,0	307,7	28,3	1 086,7	2,447	16,5	1,5	1,886

[1]plot, [2]age (measurement) years, [3]main stand, [4]total decrease, [5]total volume production, [6]total current annual increment, [7]index of total stand,

Analýza pestovných zásahov

Na ploche H sa sila zásahov (podľa objemu hrubiny) pohybovala od 2,3 % až do 25,1 %, pričom v priebehu 45 rokov sa od veku 80 rokov bol prebierkový interval 10 rokov, rovnako ako na ploche H2, lebo zásah v 5ročnom intervale nebol potrebný. Na ploche H2, kde bol od začiatku prebierkový interval 10 rokov bola sila zásahu od 2,4 % do 23,5 %. Na ploche C bol 10ročný prebierkový interval od veku porastu 80 rokov, t.z. rovnako ako pri ploche H, ale sila zásahu sa pohybovala od 1,7 % do 21,7 %. V priebehu celého sledovaného obdobia 45 rokov sa najintenzívnejšie zasahovalo na ploche H2, dokonca viacej ako na ploche C.

ZÁVER

Na základe 45 ročných sledovaní vývoja bukového porastu s oneskorenou výchovou, kde sa aplikovali rôzne spôsoby výchovy možno zhrnúť:

- Po 45 rokoch odlišných výchovných režimov sa rozdiely medzi jednotlivými plochami zväčšili (rozdiely boli štatisticky významné pre hladinu $\alpha = 0{,}05$ medzi plochou C a všetkými ostatnými plochami) v porovnaní so stavom na začiatku pokusu. Z hľadiska hrúbkovej štruktúry sa poradie plôch nezmenilo, keď najväčšiu strednú hrúbku (d_g) dosiahla plocha vychovávaná od začiatku podúrovňovou prebierkou a najnižšiu kontrolná plocha.
- Rozdiely (presuny) vo výškovej štruktúre (podiel porastovej úrovne a podúrovne) na jednotlivých plochách za sledované obdobie 45 rokov činilo na ploche 0 a H okolo 10 %. Na ploche H2 sa prakticky nezmenilo. Najväčšiu zmenu sme podľa očakávania zaznamenali na ploche C (silná podúrovňová prebierka), kde v dôsledku odstránenia podúrovne zostali v poraste len medziúrovňové jedince (3. vzrastová trieda) s malým podielom 17,6 %.
- Kontrolná plocha 0 ponechaná na prirodzený vývoj (autoreguláciu) mala prakticky rovnakú výškovú štruktúru, ako plochy vychovávané úrovňovou voľnou prebierkou.
- Z hľadiska kvantitatívnej produkcie sa najlepšie výsledky dosiahli na ploche s podúrovňovou a úrovňovou prebierkou s 5ročným prebierkovým intervalom a najhoršie na kontrolnej ploche, bez výchovy.
- Pokiaľ ide o celkovú produkciu (podľa kruhovej základne a objemu hrubiny), najvyššie hodnoty boli na ploche s podúrovňovou prebierkou a plochou s úrovňovou prebierkou s 5-ročným prebierkovým intervalom. Rovnaký výsledok sme zistili aj pri vyjadrení indexu rastu celkovej produkcie za sledované obdobie, čo poukazuje na priaznivý vplyv aj oneskorených výchovných zásahov v bukových porastoch.
- Výsledky potvrdili, že oneskorenou, ale systematickou a intenzívnou výchovou možno dosiahnuť požadovanú kvantitatívnu produkciu, ale nie kvalitatívnu produkciu, reprezentovanú počtom najkvalitnejších (cieľových stromov), najmä na ploche bez výchovy a ploche s podúrovňovou výchovou.

Poďakovanie

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

LITERATÚRA

ASSMANN, E. (1968): Náuka o výnose lesa. Príroda, Bratislava, 488 s.

FABRIKA, M. (2005): Návrh algoritmov pre prebierkový model rastového simulátora SIBYLA. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 51: 2: 145–170.

FÜLDNER, K. (1995): Strukturbeschreibung in Mischbeständen. Forstarchiv, 66: 235–240.

JURČA, J. – CHROUST, L. (1973): Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. Praha, SZN: 239.

KORPEĽ, Š. et al. (1991): Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda: 472.

PRETZSCH, H. (1992): Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstliche Forschungsberichte München, 115: 358.

RÉH, J. (1968): Štúdium štruktúry bukovej húštiny. Lesnícky časopis, 14: 7: 651–671.

RÉH, J. (1969): Príspevok k poznaniu vývoja a niektorých morfologických znakov buka v húštinách. In: Zborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene, XI: 3: 67–82.

ŠEBÍK, L. (1969): Vplyv miernej podúrovňovej a akostnej úrovňovej prebierky na vývoj výškového rastu v bukových žrďovinách. In: Zborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene, 11: 1: 63–85.

ŠEBÍK, L. – POLÁK, L. (1990): Náuka o produkcii dreva. Príroda, Bratislava, 322 s.

ŠTEFANČÍK, I. (2007): Prebierky v bukových porastoch ako nástroj prírode blízkeho pestovania lesov. In: Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce. Prknová, H. (ed.), ČZU, Praha, 126-133 s.

ŠTEFANČÍK, I. – BOLVANSKÝ, M. (2011): Pestovanie bukových porastov. In: Buk a bukové ekosystémy Slovenska. Barna, M., Kulfan, J., Bublinec, E. (Eds), Veda, Bratislava, s. 431–452.

ŠTEFANČÍK, L. (1974): Prebierky bukových žrďovín. Lesnícke štúdie, 18, Príroda, Bratislava, 141.

ŠTEFANČÍK, L. (1984): Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 34: Bratislava, Príroda: 69–112.

ŠTEFANČÍK, L. (1985): Z histórie výchovy lesných porastov na Slovensku (s osobitným zreteľom na obdobie 1963–1982). In: Zborník Lesníckého, drevárského a poľovíckeho múzea v Antole, 13, Osveta, Martin, s. 3–40.

ŠTEFANČÍK, L. (1990): Výskum pestovno-produkčných otázok prebierok v bučinách. (Habilitačná práca). VÚLH, Zvolen.

ŠTEFANČÍK, L. – ŠTEFANČÍK, I. – CICÁK, A. (1991): Zhodnotenie výskumu prebierok a zdravotného stavu nezmiešanej bučiny v imisnej oblasti. In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 40, Bratislava, Príroda: 213–238.

ŠTEFANČÍK, L. – UTSCHIG, H. – PRETZSCH, H. (1996): Paralelné sledovanie rastu a štruktúry nezmiešaného bukového porastu na dlhodobých prebierkových výskumných plochách v Bavorsku a na Slovensku. Lesnictví – Forestry, 42: 1: 3–19.

Adresa autorov

doc. Ing. IGOR ŠTEFANČÍK, CSc.; Ing. MARTIN KAMENSKÝ, CSc.; Ing. SLAVOMÍR STRMEŇ

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

Stanovení celkového objemového přírůstu smrko-borového bohatě strukturovaného porostu v procesu přestavby na lesnickém úseku Klokočná

Determination of the total current annual increment of spruce – pine rich-structured forest stands in course of stand transformation in the Klokočná Forest Range

OTAKAR ŠVEC

Abstract

This paper deals with comparing two methods of determining the total current annual increment of spruce-pine rich-structured forest stands in the course of stand transformation within permanent research plot (PRP) 630B Triangl in the Klokočná Forest Range. The total current annual increment was determined by using the Tariffs differences method and for control in rich-structured forest stand was used the method of repeated inventory and records of felling. Both methods show comparable results. The Method of tariffs differences shows the total current annual increment of 6,756 $m^3.ha^{-1}.year^{-1}$, the method of repeated inventory and records of felling shows the total current annual increment of 6,969 $m^3.ha^{-1}.year^{-1}$. The total current annual increment on PRP 630B Triangl is significantly lower in comparison with other permanent research plots in the Klokočná Forest Range with similar growing stocks and stand structure.

Keywords: *stands transformation, current annual increment, method of tariffs differences, method of repeated inventory and records of felling, Klokočná Forest Range*

Abstrakt

Příspěvek se zabývá porovnáním dvou metod stanovení CBP ve smrko-borovém bohatě strukturovaném porostu ve stadiu přestavby v rámci TVP 630B Triangl na LÚ Klokočná. CBP byl stanoven pomocí metody tarifových diferencí a pro kontrolu správnosti postupu v bohatě strukturovaném porostu byla použita metoda opakované inventarizace a evidence těžby. Obě metody ukazují srovnatelné výsledky. Metodou tarifových diferencí byl stanoven CBP na 6,756 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, metodou opakované inventarizace a evidence těžby byl stanoven na 6,969 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. CBP na TVP 630 B Triangl v porovnání s ostatními zkusnými plochami na LÚ Klokočná s obdobnou porostní strukturou a zásobou dosahuje podprůměrných hodnot.

Klíčová slova*: přestavba porostů, běžný objemový přírůst, celkový běžný přírůst, metoda tarifových diferencí, metoda opakované inventarizace a evidence těžby, LÚ Klokočná*

ÚVOD

Pojem transformace (přestavba) v sobě zahrnuje dva procesy. Jedná se o přeměnu tj. úpravu druhové skladby lesních porostů (LEIBUNDGUT 1946) a převod – změnu hospodářského způsobu nebo jeho formy (SCHÜTZ 2001). Výsledkem transformace neboli přestavby je vždy změna výstavby porostů a lesa (SOUČEK, TESAŘ 2008).

Hlavním důvodem je snaha o co nejlepší využití produkčních předpokladů lesa za využití přírodních růstových procesů při udržení ekologické rovnováhy na malé ploše (THOMASIUS1992).

Dosud ne zcela exaktně zodpovězenou otázkou přestavby lesa stejnověkého na les různověký na dané lokalitě je ekonomický dopad této činnosti pro vlastníka lesa. Jednoznačným pozitivním ekonomickým efektem je kontinuální výskyt přirozené obnovy pod clonou mateřského porostu a výchova takto vzniklého následného porostu působením autoredukce (VACEK, SIMON, REMEŠ 2007).Velmi pozitivní efektem je rovněž zvýšení bezpečnosti produkce – zvýšení odolnosti porostů vůči biotickým a abiotickým činitelům(REMEŠ, KOZEL 2006). Na druhou stranu negativním ekonomickým dopadem může být výrazné kolísání výše přírůstu vlivem usměrňování struktury a ztráta na objemové produkci transformovaných porostů (KORPEL, SANIGA1993).

Cílem příspěvku bylo porovnání dvou metod stanovení CBP v bohatě strukturovaných porostech s probíhající přestavbou a porovnání výše CBP s ostatními demonstračními objekty.

MATERIÁL A METODIKA

Cílová lokalita se nachází v lesním komplexu, který je ve správě státního podniku Lesy České republiky – Lesní závod Konopiště – polesí Říčany, lesnický úsek (LÚ) Klokočná. LÚ Klokočná se nachází jako souvislý lesní komplex jižně od silnice spojující Říčany a Mukařov (okres Praha východ). Výměra LÚ je 591 ha. Spravovaný majetek je zařazen do kategorie lesů zvláštního určení z důvodu zdravotně rekreačních funkcí v příměstské oblasti hlavního města Prahy (REMEŠ, KOZEL 2006).

Terénní šetření byly vykonány na trvalé výzkumné ploše TVP 630 B Triangl. Tato TVP se nachází v oddělení 630 dílec B porostní skupina 12/4b/1.

Charakteristiky TVP 630B Triangl:

- Celková výměra: 1 ha
- Nadmořská výška 480 m n. m.
- Průměrná teplota: 7,5 °C
- Průměrné roční srážky: 550 mm
- Délka vegetační doby: 150 dní
- Převládající lesní typy: 4P8 – kyselá dubová jedlina bezkolencová
- Zastoupení dřevin – SM 71,2 %, BO 18,9 %, MD 2,6 %, BR 6 %, OL 3,9 %

Tato čtvercová trvalá výzkumná plocha (100 × 100 m) byla založena v roce 1999. Plocha byla vytyčena pomocí pásma a pentagonu. Hraniční stromy, které již do plochy nepatří, jsou označeny barevným pruhem. Stromy náležící do TVP jsou očíslovány a opatřeny značkami ve tvaru T pro určení fixní polohy při měření výčetní tloušťky $d_{1,3}$. TVP byla vybrána a vytyčena tak, aby reprezentovala strukturu a stanovištní poměry převládající v oddělení 630.

Na uvedené TVP byl zkoumán objemový přírůst jednotlivých stromů rozložených v tloušťkových stupních a celkový běžný přírůst (CBP).

Pro stanovení CBP byla použita metoda jednotkových objemových přírůstů – tarifových diferencí (HALAJ 1963). Jelikož se jedná o porost s velmi specifickou strukturou, byla pro kontrolu správnosti výpočtu CBP použita metoda opakované inventarizace a evidence těžby (ŠMELKO 2000).

Na TVP byla měřena tloušťka a výška všech stromů nad registrační hranicí $d_{1,3}$ = 8 cm s.k. pomocí registrační průměrky MantaxDigitech s přesností na 1 mm a výškoměru Vertex. Stromový jedinci byli zařazeni do tloušťkových stupňů po 4 cm (tl. stupeň 10, 14 atd.). Běžný tloušťkový přírůst byl zjišťován na základě letokruhových analýz ze 2 protilehlých vývrtů.

Na zkoumané TVP byl potřebný počet stromů pro odebrání vývrtů stanoven na 81 jedinců pro požadovanou přesnost Δ id% = ± 10 % (ŠMELKO 2000). Tento počet byl rozdělen rovnoměrně podle počtu stromů v každém tloušťkovém stupni.

K určení běžného objemového přírůstu po tloušťkových stupních byl použit tloušťkový přírůst periodický v posledním roce periody, v tomto případě v roce 2006 (HALAJ 1963). Hodnota tloušťkového přírůstu byla vždy vyrovnána na průměrnou hodnotu této veličiny v daném tloušťkovém stupni.

Pro určení běžného objemového přírůstu pro smrk byla použita jak varianta stanovení běžného objemového přírůstu Iv po tloušťkových stupních pro stejnověké porosty na bázi jednotných hmotových křivek JHK (dále BOP dle JHK), tak varianta stanovení běžného objemového přírůstu Iv po tloušťkových stupních pro výběrné porosty na bázi objemových tarifů smrku (dále BOP dle TVL). Pro ostatní dřeviny (borovice, modřín), které se vyskytují ve stejnověké horní etáži, byla s jistotou použita varianta stanovení Iv po tloušťkových stupních pro stejnověké porosty bázi jednotných hmotových křivek JHK (BOP dle JHK).

Na základě středního kmene a střední výšky dané dřeviny bylo z grafikonu stanoveno číslo JHK resp. číslo tarifu pro výběrné porosty. Dle tohoto čísla se převzala hodnota jednotkového objemového přírůstu pro každý tloušťkový stupeň. Běžný objemový přírůst tloušťkového stupně se vypočítá podle vzorce (HALAJ 1963):

$I_{V(j)} = n \cdot k_v \cdot \Delta d$

n = počet stromů v daném stupni,

k_v= jednotkový hmotový přírůst daného stupně

Δd= vyrovnaný tloušťkový přírůst tloušťkového stupně

Součtem běžných objemových přírůstů tloušťkových stupňů u všech uvažovaných dřevin byl stanoven celkový běžný přírůst CBP.

Pro ověření správnosti zvoleného postupu zjišťování CBP dle tarifových diferencí byla použita metoda opakované inventarizace a evidence těžby. Tato metoda je založená na zjištění zásoby porostu ve dvou časových úrovních a evidování změn, které nastaly na stromovém inventáři během časového intervalu (ŠMELKO 2000). Základní podmínkou správného určení objemového přírůstu je, aby zásoba V_1 i V_2 při obou inventarizacích i těžba vykonaná v mezidobí byla zjišťována stejnou metodou co nejpřesněji. To znamená, že i těžené stromy by se měly měřit nastojato ještě před těžbou (ŠMELKO 2000). Pokud je tato metoda aplikována dle všech pravidel, je považována za metodu nejpřesnější.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Z Tab. 1 je zřejmé, že metoda stanovení BOP dle JHK u smrku na této TVP udává vyšší hodnotu běžného objemového přírůstu v tloušťkových stupních 10 až 50. V tloušťkových stupních 58 až 78 udává vyšší hodnoty metoda stanovení BOP dle TVL.

Tab. 1: Porovnání běžné objemového přírůstu smrku stanoveného podle tarifu výběrný lesů (BOP dle TVL) a podle JHK (BOP dle JHK).

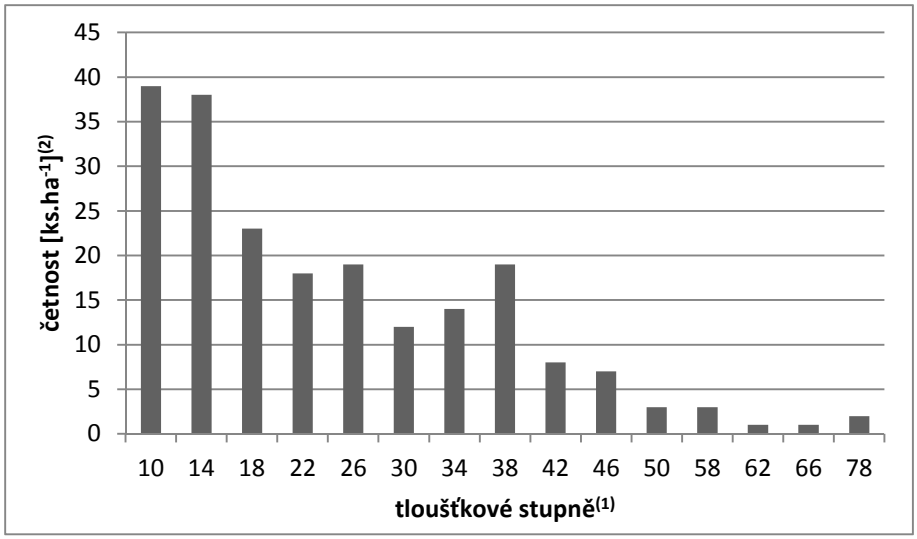
Tab. 1: *Comparison of current annual volume increment of Picea abies provided according to volumetric tariffs for Selections forests (TVL) and according to volumetric tariffs for even-aged forests (JHK).*

Tloušťkový stupeň[1]	BOP dle JHK 516 [m³.ha⁻¹.rok⁻¹][2]	BOP dle TVL 11 [m³.ha⁻¹.rok⁻¹][3]	Rozdíl hodnot JHK – TVL [m³.ha⁻¹.rok⁻¹][4]	%[5]
10	0,161	0,139	0,021	13,33
14	0,250	0,222	0,028	11,11
18	0,293	0,264	0,029	9,76
22	0,505	0,443	0,062	12,28
26	0,451	0,407	0,044	9,72
30	0,364	0,335	0,030	8,14
34	0,589	0,547	0,042	7,07
38	0,805	0,754	0,051	6,36
42	0,542	0,514	0,027	5,04
46	0,310	0,298	0,012	3,94
50	0,148	0,145	0,003	2,24
58	0,273	0,275	–0,002	–0,68
62	0,074	0,075	–0,001	–1,96
66	0,074	0,077	–0,003	–3,80
78	0,119	0,130	–0,011	–9,41
Celkem [m³.ha⁻¹.rok⁻¹]	4,958	4,627	0,332	6,69

[1]DBH classes, [2]current annual volume increment according to volumetric tariffs for even-aged forests [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [3]current annual volume increment according to volumetric tariffs for selection forests [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [4]difference between values JHK and TVL, [5]percentage

Běžný objemový přírůst dle TVL pro smrk byl stanoven pro rok 2006 4,627 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ a dle JHK pro rok 2006 na 4,958 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Rozdíl činí 0,332$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, což je 6,69 %.

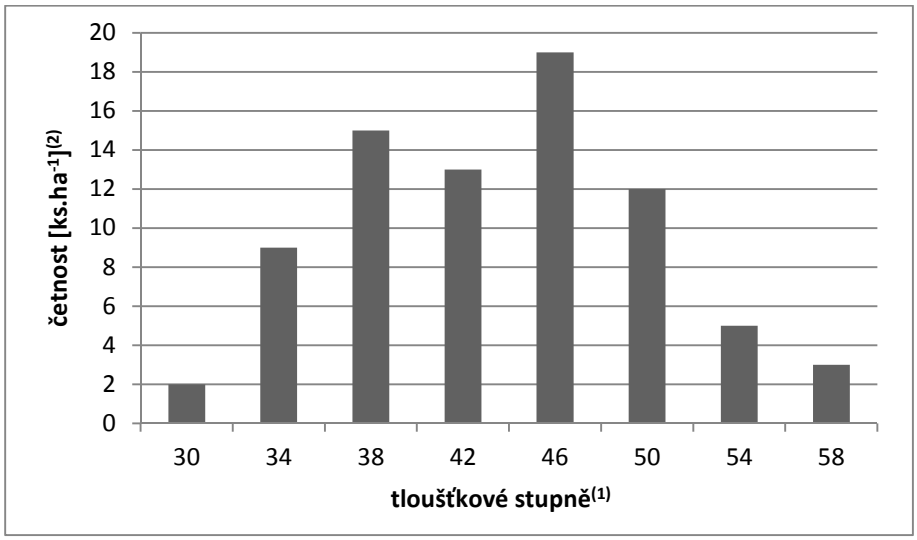
Jelikož TVP 630 B Triangl reprezentuje stav porostů v procesu přestavby, je její struktura velmi specifická. Převažující dřevinou je smrk (cca 71 %), jehož struktura sice tvoří klesající rozdělení počtu stromů po tloušťkových stupních (Obr. 1),ale zdaleka nedosahuje vyrovnanou křivku rozdělení četností po tloušťových stupních typickou pro výběrné lesy, pro kterou byla tato metoda koncipována. Na rozdíl od výběrného lesa také není prozatím dosaženo výrazné věkové diferenciace. Tloušťková a výšková rozrůzněnost celého porostu je dána vysokým zastoupením borovice, která tvoří stejnověkou horní etáž se symetrickým rozdělením stromů v tloušťkových stupních (Obr. 2).



[1] DBH classes, [2]number of treeses (N.ha^{-1})

Obr. 1: Tloušťková struktura smrku na TVP 630 B Triangl.

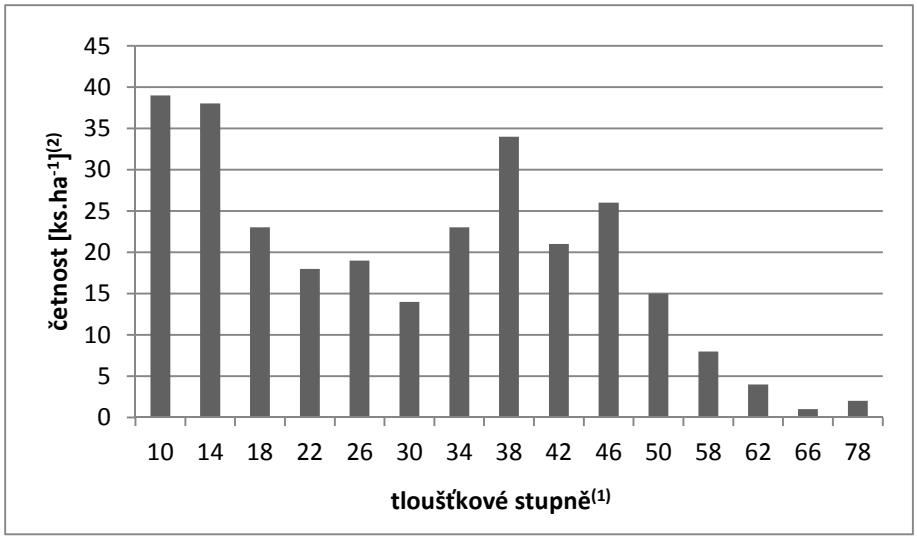
Fig.1: *Diameter structure of spruce on the PRP 630 B Triangl.*



[1] DBH classes, [2]number of treeses (N.ha^{-1})

Obr. 2: Tloušťková struktura borovice na TVP 630 B Triangl.

Fig.2: *Diameter structure of scotch pine on the PRP 630 B Triangl.*



[1] DBH classes, [2]number of treeses ($N.ha^{-1}$)

Obr. 3: Tloušťková struktura celého porostu na TVP 630 B Triangl.

Fig. 3: *Diameter structure of whole stand on the PRP 630 B Triangl.*

Z tohoto důvodu je dále použita hodnota zjištěná metodou stanovení BOP dle JHK ($4{,}958 m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$) nikoliv hodnota zjištěna metodou stanovení BOP dle TVL $4{,}627 m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Správnost tohoto postupu dokládá Tab. 2, jelikož hodnota BOP dle JHK se více blíží hodnotě z opakované inventarizace a evidence těžby.

Tab. 2: Porovnání používaných metod stanovení běžného objemového přírůstu.

Tab. 2: Comparison of used methods of current annual volume increment determining.

Metoda1	BOP Smrk [$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$][2]	BOP Borovice [$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$][3]	BOP Modřín [$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$][4]	CBP [$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$][5]
Tarifových diferencí[6]	4,958	1,757	0,041	6,756
Opakované inventarizace[7]	5,128	1,801	0,04	6,969
Rozdíl [$m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$][8]	–0,17	–0,044	0,001	–0,213
%[9]	3,32	–2,44	2,50	–3,06

[1]method, [2]current annual volume increment of Norway spruce [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$],[3]current annual volume increment of Scotsch pine [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [4]current annual volume increment of European larch [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [5]total current annual volume increment [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [6]method of tariffs diferences, [7]method of repeated inventory and records of felling, [8]difference between values [$m^3.ha^{-1}.year^{-1}$], [9]percentage

Tab. 2 ukazuje výsledek stanovení CBP k roku 2006 metodou opakované inventarizace a evidence těžby jako kontrolu správnosti postupu stanovení CBP metodou tarifových diferencí. Hodnota CBP 2006 dle metody jednotkových objemových přírůstů (tarifových diferencí) je stanovena na 6,756 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Tato metoda ukazuje o 0,213 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ (3,06 %) nižší hodnotu než je hodnota vycházející z opakované inventarizace a evidence těžby (6,969 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$).

Z uvedeného vyplývá, že použitím obou dvou metod stanovení CBP jsou dosahovány prakticky stejné výsledky i v bohatě strukturovaných porostech s nepravidelnou strukturou. Z praktických důvodů je možné metodu opakované inventarizace důsledně vykonávat pouze na trvalých výzkumných plochách a jiných objektech, které jsou dlouhodobě pečlivě sledovány. V běžném lesnickém provozu je tento postup z časových a organizačních důvodů velice obtížné zajistit. Naproti tomu metodou tarifových diferencí je možné stanovit běžný roční objemový přírůst jednorázově v aktuálním čase a k současnému stavu zkoumaného porostu. Z tohoto důvodu je tato metoda stanovení CBP vhodná jak při zakládání pokusných ploch a jiných objektů sloužících k výzkumu, tak pro potřeby lesnického provozu při získávání prvotní informace o celkovém běžném přírůstu, který je spolu s křivkou rozdělení četností tloušťkových stupňů porostu nezbytným podkladem pro rozhodování o způsobu přestavby porostu.

Porovnání CBP s jinými výzkumnými plochami na LÚ Klokočná

Pro porovnání úrovně CBP na LÚ Klokočná jsou k dispozici výsledky šetření z čtvercové TVP v porostu 630D, kde byl CBP 2006 stanoven na 7,34 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Objemový přírůst smrku činí 6,22 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, borovice 0,59 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, modřín 0,43 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ (PIVOŇKA 2007). V porostu 635B byl CBP 2004 stanoven na 8,84 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, z toho 3,66 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ náleží smrku, 3,52 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ a 1,2 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ dubu. V porostu 635F byl CBP 2004 stanoven na 8,23 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Z toho 3,54 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ náleží borovici, 2,51 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ smrku a 1,69 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ dubu (REMEŠ, KOZEL 2006).

Na TVP 630B Triangl CBP nejnižší ze všech čtvercových TVP na LÚ Klokočná při srovnatelné výši porostní zásoby, obdobné dřevinné skladbě, tloušťkové a výškové diferenciaci porostu.

Porovnání CBP s jinými objekty s probíhající přestavbou

Na Školním lesním podniku Masarykův les ve Křtinách probíhá přestavba porostů na dvou samostatných částech – Pokojná hora a Klepačov.

Na lokalitě Pokojná hora byl určen CBP v periodě 1973–1982 na 10,1 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, 1983–1992 na 13,23 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, 1993–2002 na 10,93 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Na lokalitě Klepačov 1973–1982 na 7,79 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, 1983–1992 na 10,48 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$, 1993–2002 na 9,52 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$ (TRUHLÁŘ 1995).

Hodnoty CBP na objektech s probíhající přestavbou na Školním lesním podniku Masarykův les ve Křtinách jsou v porovnání s hodnotami CBP na LÚ Klokočná nadprůměrné.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnání dvou metod stanovení běžného objemového přírůstu smrko-borového porostu a stanovení CBP porostu v průběhu jeho přestavby na lesnickém úseku Klokočná. Celkový běžný objemový přírůst byl stanoven mocí metody jednotkových objemových přírůstů – tarifových diferencí na 6,756 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$. Pro kontrolu správnosti výpočtu byla použita metoda opakované inventarizace a evidence těžby, prostřednictvím níž byl stanoven CBP na 6,969 $m^3.ha^{-1}.rok^{-1}$.

Výše CBP na TVP 630 B Triangl byla shledána nejnižší v porovnání s ostatními TVP vytyčenými na LÚ Klokočná při srovnatelné úrovni porostních zásob. Při porovnání úrovně

celkového objemového přírůstu přestavovaných porostů na LÚ Klokočná a na lokalitách Pokojná hora a Klepačov nacházejících se na Školním lesním podniku Masarykův les je patrná značně nižší úroveň celkového objemového přírůstu na zájmové lokalitě.

LITERATURA

HALAJ, J. (1963): Tabulky pro určování hmoty a přírůstu porostů, Bratislava, 328 s.

KORPEĽ, Š. – SANIGA, M. (1993): Výberný hospodársky zpôsob, Praha, Písek, 128 s.

LEIBUNDGUT, H. (1946): Femelschlag und Plenterung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwessen, 97: 306–317.

PIVOŇKA, M. (2007): Transformace stejnověkých jehličnatých porostů na porosty různověté na území lesnického úseku Klokočná (LČR, s. p.). Diplomová práce, FLD ČZU, Praha, 87 s.

REMEŠ, J. – KOZEL, J. (2006): Structure, growth and increment of the stands in the course of stand transformation in the Klokočná Forest Range. Journal of Forest Science, 52: 537–546.

SCHÜTZ, J. P. (2001): Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. Forest Ecology and Management, 151: 87–94.

SOUČEK, J. – TESAŘ, V. (2008): Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů, Lesnický průvodce, 4/2008, Opočno, 37 s.

ŠMELKO, Š. (2000): Dendrometria, Zvolen, 399 s.

VACEK, S. – SIMON, J. – REMEŠ, J. et al. (2007): Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 447 s.

THOMASIUS, H. (1992): Principien eines ökologisch orientieren Waldbaus. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 108: 141–155.

TRUHLÁŘ, J. (1995): Resultes of conversions to the selection forest in the Masarykův les training forest enterprise. Lesnictví – Forestry, 41: 97–107.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu**:**

TAČR: TB010MZP050 – Odvození a praktická aplikace metodiky ke zjišťování ekonomické efektivity nepasečných přírodě bližších způsobů obhospodařování lesů v porovnání s hospodařením pasečným.

IGA FLD 2013: 20134365 – Stanovení sortimentace a přírůstových charakteristik jednotlivých stromů v rámci segmentů typu vývoje lesa v porostech s probíhající přestavbou na LÚ Klokočná.

Adresa autora:

Ing. OTAKAR ŠVEC

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Kamýcká 1176

165 21 Praha 6 – Suchdol

Porovnanie ujímavosti výsadieb smreka obyčajného v bioskupinách po aplikácii rôznych hnojív v oblasti Nízkych Tatier

Afforestation in biogroups on calamity clearings in the Low Tatras area

ANNA TUČEKOVÁ

Abstract

This paper presents an establishment and growth evaluation of experimental plantations of spruce (Picea abies L.) in biogroups at high altitude localities in the Low Tatras mountains. After the collapse of spruce monocultures, on large clearings with scattered natural regeneration of spruce, the container spruce seedlings were planted in biogroups with application of three soil fertilizer additives. The application of the developmental type of fertilizer (Forestal) and natural zeolite showed a stronger positive effect than the application of organo-mineral fertilizer Rokosan. Without significant losses in biogroups, the seedlings with the application of zeolite reached the highest average height and diameter increment. Spruce seedlings without any additives reached the lowest parameters, which experienced the highest percentage of losses (15%), as well as the highest level of damage.

Keywords: *calamity clearings, afforestation, biogroup, additive*

Abstrakt

V príspevku je prezentované založenie a hodnotenie pokusnej výsadby smreka obyčajného (*Picea abies* L.) v bioskupinách vo vysokohorských polohách Nízkych Tatier. Po rozpade monokultúr smreka sa na rozsiahlych holinách s nerovnomerným prirodzeným zmladením smreka vysádzali v bioskupinách krytokorenné semenáčiky smreka s aplikáciou troch pôdnych hnojivých aditív. Aplikácia vývojového hnojiva Forestal a prírodného Zeolitu preukázala pozitívnejší a silnejší efekt ako aplikácia organominerálneho hnojiva Rokosan. Bez väčších strát v rámci bioskupín dosahovali najvyšší priemerný výškový a hrúbkový prírastok smreky s aplikáciou Zeolitu najmenší smreky bez aplikácie aditív, u ktorých sa po najvyššom percente strát (15 %) zaznamenalo aj najviac poškodení.

Kľúčové slová: *kalamitné holiny, zalesňovanie, bioskupiny, aditíva*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Napriek snahe lesného hospodárstva neustále zvyšovať podiel prirodzenej obnovy, má a bude mať umelá obnova aj v nasledujúcich rokoch rozhodujúci význam či už pri rekonštrukcii nepôvodných lesných spoločenstiev ohrozených zmenou prírodných podmienok (najmä klímy), ale aj po rozsiahlych kalamitách (veterné, lykožrútové a i.) vyskytujúcich sa v poslednom období na Slovensku vo veľkom rozsahu. Náhlu a radikálnu zmenu ekologických podmienok v lesných spoločenstvách postihnutých celoplošnou

deštrukciou porastov (rozsiahlymi kalamitami, prírodnými pohromami) treba zohľadniť pri voľbe druhu a kvality sadbového materiálu, ale aj technologických postupov obnovy lesa.

So zvyšovaním extrémov klimatických a pôdnych podmienok vysokohorských polôh sa zvyšujú požiadavky nielen na genetickú, morfologickú ale aj fyziologickú kvalitu sadbového materiálu. Väčšina zalesňovacích prác aj na veľkoplošných kalamitných holinách vo vyšších nadmorských výškach sa uskutočňuje v neskoršej jari, kedy je do relatívne krátkeho obdobia koncentrované veľké množstvo prác spojených s umelou obnovou lesa. Umelá obnova najmä voľnokorenných sadeníc v týchto termínoch je v súčasnosti aj vo vysokohorských polohách spojená s rizikom vysokých strát spôsobených dlhodobým nedostatkom zrážok a s nástupom náhlych vysokých teplôt. Pri voľnokorennom sadbovom materiáli je podstatne vyššie aj nebezpečenstvo zníženia fyziologickej kvality ako pri krytokorennom.

Dnes už zrejme nie je potrebné zmieňovať sa o všeobecných, výskumom a praxou overených výhodách použitia krytokorenného typu sadbového materiálu ktoré sú prezentované vo viacerých domácich ale najmä zahraničných prácach (JURÁSEK, MARTINCOVÁ, LOKVENC 1999; MAUER 1999; MAUER, JURÁSEK, PALÁTOVÁ 2003; TUČEKOVÁ 2004; TUČEKOVÁ et al. 2005, 2011; WESOLY 1999, a i.). JURÁSEK, MARTINCOVÁ, NÁROVCOVÁ (2001) za príčinu chradnutia kultúr založených krytokorennými sadenicami v horských podmienkach Čiech po 4.–5. roku uvádzajú nedostatočný rozvoj koreňového systému, ktorý minimálne prerastal zo živinami dobre zásobeného obalu do okolitej, živinami relatívne slabo zásobenej pôdy. Kultúry mali navyše značné deformácie koreňového systému s veľmi pravdepodobným dopadom na statickú stabilitu počas celého života stromu. Tomuto výskumu sa dlhodobo venujeme aj na Slovensku (TUČEKOVÁ et al. 2005, 2011).

Produktivita stanovišťa závisí vo všeobecnosti najmä od vlahovej zabezpečenosti a primeraných charakteristík klímy, dôležité sú samozrejme aj pôdne vlastnosti, najmä dostatok živín. FREY (1996) a REINECKE (1998) upozorňujú na nedostatok základných živín a zdôrazňujú, význam hnojenia na vysokohorských holinách a kalamitných plochách po požiaroch.

Vo vysokohorských polohách z dôvodu niekoľkonásobne dlhšej doby zabezpečenia kultúry je dôležité poznať trend vývoja ujatia, prežívania a rastu sadeníc už pri samotnej výsadbe (ŠEBEŇ, TUČEKOVÁ 2003). Súčasný stav a štruktúra mnohých porastov, ktoré boli zakladané v minulosti poukazuje na niektoré problémy, najmä z pohľadu celoplošnosti zalesňovania (ŠEBEŇ 2003). Netradičné spôsoby umelej obnovy holín neceloplošnou obnovnou formou bioskupín, racionálnym využívaním prirodzenej obnovy, zakladaním prvkov zvyšujúcich statickú stabilitu porastov môžu vytvárať kostru budúceho odolnejšieho zmiešaného lesa. To všetko pri využívaní pôvodných a stanovištne vhodných drevín. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli využiť v týchto polohách (nadmorské výšky nad 1250 m n. m.) u nás nový neoverený postup zalesňovania v bioskupinách (kombinovaná obnova – umelá obnova s využitím prirodzenej obnovy).

Zalesňovanie v bioskupinách predstavuje osobitný spôsob zalesňovania v oblasti hornej hranice lesa, ktorým sa najlepšie priblížime k prirodzenej štruktúre porastov a zabránime tak ich výškovej a hrúbkovej nivelizácii (FILLBRANDT 1998). Vhodnosť použitia tohto spôsobu navrhnutého v alpských krajinách pre zalesňovanie bol vedecky odôvodnený výsledkami zalesňovacieho pokusu založeného na lokalite *Stillberg* (SCHŐNENBERGER 1986, 1988, 1992). Hlavným záverom spôsobu zalesňovania v bioskupinách bolo odporúčanie

nevykonávať v oblasti vysokohorských lesov celoplošné zalesňovanie, ktoré je prácne a neefektívne, ale sústreďovať sa len na zalesňovanie mikrostanovíšť vhodných pre rast stromov bez významnejších strát sadeníc po výsadbe. Teória bola podrobne rozpracovaná najmä v alpských krajinách, predovšetkým švajčiarskych a rakúskych autorov (SCHŐNNENBERGER et al. 1992; BARANDUN 1983; BISCHOFF 1982; FILLBRANDT 1998; OTT 1976, 1989; OTT et al. 1997; RACHOY, EXNER 1989; WEISLEITNER 1992).

Zalesňovanie v bioskupinách je v našich pomeroch záležitosť pomerne nová. Niektoré prvky tohto technologického postupu využil v minulosti SOMORA (1964), nie však komplexne. Založené výsadby sa bližšie nesledovali a ani z hľadiska rozmiestnenia podrobne nevyhodnocovali.

Technologické postupy, ako napr. veľkosť bioskupín, ktorá závisí od nadmorskej výšky a vlastností stanovišťa, je možné prispôsobovať podľa miestnych terénnych podmienok. So stúpajúcou nadmorskou výškou je nutné vytvárať menšie hlúčiky. Tvar má byť kruhový až oválny, v smere sklonu svahu. Zalesňovaniu v bioskupinách je cudzí schematizmus, orientuje sa na vhodné prírodné podmienky (ŠEBEŇ, KUCBEL 2003, ŠEBEŇ 2003). Pre tento spôsob výsadieb sa hodí predovšetkým smrek a limba, ale aj kosodrevina. Pred zalesnením sa odporúča miesta výsadieb trvalo vyznačiť kolíkmi, aby sa ľahšie získal prehľad o situácii na ploche a spotrebe sadeníc. Trvalé vyznačenie kolmi má aj ďalší význam, uľahčí ošetrovanie, ochranu a výchovu kultúr (SCHÖNENBERGER et al. 1992).

V príspevku prezentujem založenie a hodnotenie pokusnej výsadby orientovanej na výskum neceloplošného zalesňovania kalamitných holín v bioskupinách vo vysokohorských polohách Nízkych Tatier podľa najnovších poznatkov výskumu s využitím prihnojovania.

METODIKA A EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Polopreváďzkovú výskumnú plochu (PVP) Lenivá v lesnej oblasti 46 Nízke Tatry (nadm. výška 1378 m n. m., expozícia JZ, sklon 50 %) sme založili 29. 9. 2008 v poraste 266a11 (v LT 7103 Smlzová jarabinová smrečina – 90 %, 7401 Živná jarabinová smrečina – 10 %, vo Vysokohorských smrečinách SP, AcP). V ochrannom lese, na ploche s nerovnomernou prirodzenou obnovou smreka a jarabiny (cca 25 %) sme vysádzali klasickou jamkovou sadbou krytokorenný smrek. Krytokorenné semenáčiky smreka typu BCC (2f) spĺňali podľa normy STN 48 2211 genetické, morfologické aj fyziologické hľadisko. 18mesačné smrekové semenáčiky sme vysádzali v bioskupinách na základe viacročných prevádzkových skúseností (6 ks/bioskupina) v štvorcovom spone 0,5 × 0,5 m (na svahu 2 × 3 ks pod sebou). Kolíkmi označené bioskupiny (rozostup stredov cca 5–6 m) nepravidelne vypĺňali časti holín bez prirodzenej obnovy smreka a jarabiny.

Na PVP Lenivá po rozpade smrekovej monokultúry sme z dôvodu silného zakyslenia pôdy, nevyváženosti a nedostatku prístupných hlavných živín aplikovali pri výsadbe do priestoru jamky (Zeolit, Forestal) a povrchovo ku koreňovému systému (Rokosan). Charakteristika troch druhov uvedených hnojivých aditív je:

- vývojové hnojivo Forestal s prídavkom hydrogelu (prihnojuje a zadržiava vlahu),
- organo-minerálne hnojivo Rokosan na báze rohoviny (prihnojuje),
- prírodný minerál Zeolit s obsahom biogénnych a stopových prvkov (neutralizuje kyslé pôdy, prihnojuje), (Tab. 1).

Tab. 1: Základná charakteristika aditív.

Tab. 1: *Aditives basic data.*

Hnojivo[1]/Obsah[2]	N	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO	Iné[3]
	[%]					
Forestal s hydrogelom[4]	4	1	1	4	7	+ Fe, Mn, Zn ,B, Cu, Mo[5]
Rokosan na báze rohoviny[6]	8	8	12	4		+ Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo[5]
Zeolit		4	26	9	29	+ Fe, Mn, Si, Al, Ti, Na, S[5]

[1]fertilizer, [2]content, [3]another, [4]Forestal with Hydrogel, [5]trace elements, [6]Rokosan by basis of Keratin,

Všetky tri aditíva sme aplikovali na výsadbách smreka v počte 150 ks/variant hnojiva+ 150 ks kontrola (spolu 600 ks).

V troch termínoch: po 1. zimnom období (26. 5. 2009), po 1. roku (6. 10. 2009) a po 2. roku (23.9.2010) sme uskutočnili biometrické merania výšky (cm), hrúbky v koreňovom krčku (mm) výsadieb s aplikáciou hnojív a na kontrolnom variante bez hnojív (150 ks/variant). Zároveň sme na výsadbách hodnotili ujatosť, v ďalších vegetačných obdobiach straty, ich adaptačný proces, zdravotný stav, poškodenie a vplyv aplikovaných prípravkov na nadzemnú časť a koreňový systém. Pri hodnotení koreňového systému sme náhodným výberom vybrali a analyzovali po 7 jedincov z každého variantu hnojiva (+ kontroly). Okulárne sme hodnotili stav prerastania a množstvo jemných, vlásočnicových koreňov mimo obal, mykorízu a napadnutie prerastených koreňov *Armillariou*, príp. ďalšie poškodenie vrátane deformácií. Biometrické parametre nadzemnej časti výsadieb sa opakovane štatisticky vyhodnotili (jednofaktorová analýza variancie) a rozdiely jednotlivých hnojených variant sa otestovali (Dunkanov T-test).

VÝSLEDKY

Po zhodnotení adaptačného procesu výsadieb (bez rozdielu variantu hnojiva) krytokorenného smreka v bioskupinách môžeme konštatovať, že v jednotlivých bioskupinách, v ktorých sa vysádzalo v počte 6 ks/bioskupina prežívalo po 1. zimnom období (jar 2009) viac ako 95 % jedincov v dobrom zdravotnom stave, 1. rok (jeseň 2009) po výsadbe to bolo cca 85 % s ojedinelým poškodením nadzemnej časti (zasušené terminálne vrcholy), ktoré ale regenerovali nasadením náhradných terminálov. Po 2. vegetačnom období sa straty nenavyšovali. V bioskupinách sme nepozorovali poškodenie výsadieb hmyzom (*Hylobius abietis)*, ktoré je v Nízko-tatranskej oblasti časté.

Najlepšie prežívali jedince s aplikáciou prírodného zeolitu (3–6 jedincov/bioskupina). V jednotlivých bioskupinách prihnojených Forestalom prežívalo taktiež 3–6 vysadených jedincov, Rokosanom 2–6 a v kontrole 2–5 jedincov. Najviac bioskupín bez strát po 2. roku mal variant s aplikáciou Zeolitu (75 %), za ním nasledoval variant s Rokosanom (67 %), a variant s Forestalom (50 %) a posledný bol variant Kontroly (25 %). Poškodenie výsadieb sme zaznamenali len ojedinele a to zverou cca 5 % výsadieb a následkom sucha zasušenými terminálnymi vrcholmi (v 1. aj 2. roku po výsadbe), (Tab. 2).

Tab. 2: Straty a poškodenie smrekových bioskupín na PVP Lenivá v priebehu prvých dvoch vegetačných období po výsadbe.

***Tab. 2**: Losses and damage of spruce biogroups on the research plot Lenivá during the first two growing seasons after planting.*

Variant[1]	Straty[2]			Suchý terminál[3]			Zver[4]		
	[ks]								
	26. 5. 2009	6. 10. 2009	23. 9. 2010	26. 5. 2009	6. 10. 2009	23. 9. 2010	26. 5. 2009	6. 10. 2009	23. 9. 2010
Zeolit	6	7	8	2	5	-	1	2	-
Forestal	2	14	17	5	6	-	-	1	-
Rokosan	3	9	12	2	2	-	1	4	-
Kontrola[5]	3	15	19	2	2	-	2	2	-

n = 150 ks/variant hnojiva[6]

[1]variant, [2]losses, [3]dry terminal, [4]wild animals, [5]control, [6]n = 150 pcs/variant of fertilizer

Po jesennej aplikácii hnojivých aditív Forestal, Rokosan a prírodný Zeolit sme po 1. roku zistili živinový stav pôd v koreňovom priestore smrekových výsadieb. Na nehnojenej časti pokusnej plochy (mimo výsadby) sa opakovane preukázali v obidvoch odobratých hĺbkach (0–5 cm, 10–25 cm) pôd veľmi nízke hodnoty pH (3,90–4,34), (Tab. 3). Tieto výsledky pH v pôde korešpondovali s analýzami spracovanými pred výsadbou (3,85–4,10). Významnejšie hodnota pH stúpla v priestore koreňového systému po aplikácii vývojového hnojiva Forestal (5,09). Toto hnojivo najvýraznejšie ovplyvnilo aj prístupný P (24,18 $mg.kg^{-1}$), K (357,5 $mg.kg^{-1}$), Ca (2 655 $mg.kg^{-1}$) a Mg (710 $mg.kg^{-1}$). Po aplikácii Zeolitu a Rokosanu neboli výraznejšie ovplyvnené pôdne pomery v koreňovom priestore výsadieb s výnimkou Ca a Mg.

Pôdy na holinách v tejto vysokohorskej lokalite boli po rozpade smreka veľmi kyslé. Po aplikácii všetkých troch spomínaných aditív sa však ich pH mierne znížilo (na hodnoty pôd kyslých). Po výsadbe a aplikácii jednotlivých hnojív sa priemerná pH hodnota v priestore koreňového systému krytokorenných výsadieb mierne znížila. Najmenej kyslosť pôdy ovplyvnil pridaný Zeolit (na hodnotu pH 4,03), najviac vývojové hnojivo Forestal (na hodnotu pH 5,09). Hnojivo Forestal zároveň najviac obohatilo koreňový priestor o všetky základné živiny N, C, P, K, Ca, Mg, čo by sa malo preukázať aj na adaptačnom procese výsadieb. Chemické analýzy nepreukázali kontamináciu pôd žiadnym ťažkým kovom.

Tab. 3: Výsledky chemických analýz pôdnych vzoriek na PVP Lenivá a v koreňovom priestore krytokorenných výsadieb smreka po aplikácii aditív (rok 2009).

***Tab. 3:** Results of chemical analyzes of the soil samples for the pilot research plot Lenivá and in root space of container spruce plantations after application of additives (2009).*

Výskumná plocha, variant odberu[1]	Sušina[2]	pH(H_2O)	NT	CT	ST	PM	KM	CaM	MgM	FeB
	[%]		[hm.% suš.[3]]			[$mg.kg^{-1}$]				
Lenivá – Zeolit	94,54	4,03	0,710	11,741	0,109	7,77	253,6	1221	104,7	136,4
Lenivá – Forestal	93,45	5,09	0,797	15,195	0,117	24,18	357,5	2655	710,0	55,2
Lenivá – Rokosan	95,38	4,43	0,592	12,686	0,105	8,95	106,8	1126	209,0	109,9
Lenivá – Kontrola[4]	93,82	4,09	0,767	14,709	0,112	6,96	113,5	726	73,4	197,9

Tab. 3 – pokračovanie.

Tab. 3 *– continuation.*

Výskumná plocha, variant odberu 1	MnB	CuB	ZnB	B vo vode	PbAR	CdAR	HgT
			[mg.kg^{-1}]				
Lenivá – Zeolit	54,2	0,320	11,28	0,666	7,72	0,02	0,220
Lenivá – Forestal	45,9	0,569	21,78	1,102	6,38	0,02	0,200
Lenivá – Rokosan	26,6	0,312	10,64	0,744	4,87	0,00	0,165
Lenivá – Kontrola[4]	32,3	0,268	6,98	0,586	6,08	0,01	0,223

[1]research plot, variant of taking, [2]dry mater, [3]percentage by weight of dry matter, [4]control

Hodnotenie vývoja rastových parametrov v 1. a 2. roku po aplikácii hnojivých materiálov je v Tab. 4 a na Obr. 1. Aplikácia hnojiva Forestal a prírodného Zeolitu preukázala na smrekoch pozitívnejší a silnejší efekt ako aplikácia hnojiva Rokosan. Najvyšší priemerný výškový (vp) a hrúbkový prírastok (hp) za obdobie hodnotenia (2 roky) mali smreky po aplikácii Zeolitu (vp = 15,46 cm, hp = 3,2 mm), podobné hodnoty dosahovali smreky po aplikácii hnojiva Forestal (vp = 12,46 cm, hp = 2,8 mm) a najmenej prirastali smreky kontrolné – bez aplikácie hnojiva (vp = 10,8 cm, hp = 2,1 mm), u ktorých sme po najvyššom percente strát (15 %) zaznamenali aj najviac zasušených terminálov. Podobné hodnoty rastových parametrov sa ukázali na krytokorenných smrekových výsadbách hnojených Rokosanom (vp = 9,36 cm, hp = 2,2 mm). 10% straty boli na výsadbách hnojených Forestalom a Rokosanom a najnižšie straty boli po aplikácii Zeolitu (6 %).

Tab. 4: Rastové parametre výsadieb krytokorenného smreka (so štatistickou významnosťou) na PVP Lenivá po aplikácii hnojivých aditív (po 1.–2. roku).

Tab. 4: *Growth parameters of container spruce plantations (with statistical significance) for the research plot Lenivá after application of fertilizing additives (after 1st–2nd year).*

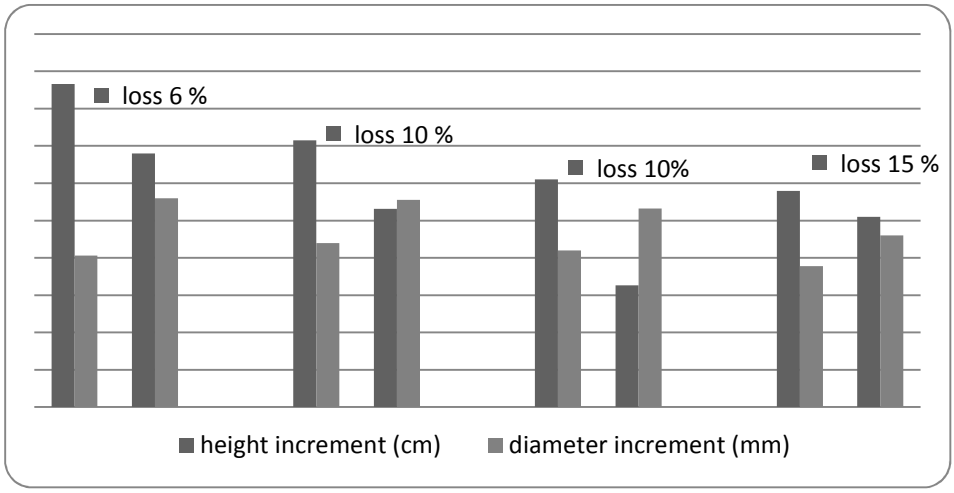
Variant[1]	Výška[2]			Výšk. prír.[3]	Hrúbka v kor. krčku[4]			Hrúbk. prír.[5]	Straty[6]		
	[cm]				[mm]				[%]		
	26.5. 2009	6.10. 2009	23.9. 2010	26.5. 2009 až 23.9. 2010	26.5. 2009	6.10. 2009	23.9. 2010	26.5. 2009 až 23.9. 2010	25.5. 2009	6.10. 2009	23.9. 2010
Zeolit	30,1	38,8a	45,6a	15,5a	4,1	5,6a	7,3a	3,2a	2	4	6
Forestal	31,8	39,0a	44,3a	12,5a	4,4	5,6a	7,2a	1,6b	4	6	10
Rokosan	29,8	35,9b	39,1b	9,4b	4,2	5,3b	6,4b	1,1c	6	8	10
Kontr. 7	26,5	32,3c	37,3c	5,8c	3,8	4,6c	5,9c	1,3bc	10	12	15

rozdielne písmená (a, b, c) znamenajú štatisticky významné rozdiely medzi variantmi hnojív a kontroly v 1. a 2. roku po výsadbe na $p < 0,05$, (n = 150)[8]

[1]variant, [2]height, [3]height increment, [4]diameter root collar, [5]diameter root collar increment, [6]losses, [7]control [8]different letters (a, b, c) indicate statistically significant differences between options fertilizer and control in 1st and 2nd of the year outplanting of $p < 0.05$, (n = 150)

Prihnojované smreky preukazujú priaznivý adaptačný proces jedincov prežívajúcich v bioskupinách, vrátane zdravotného stavu a pravidelných prírastkov. Nezaznamenali sme na výsadbách žiadne deformácie koreňového systému ani jeho napadnutie hubami príp.

nekrózami. Prerastanie koreňov z obalu do okolitej pôdy bolo rovnomerné a dostatočne intenzívne, čo súvisí aj s priaznivým vývojom nadzemnej časti smrekových výsadieb. Najpriaznivejší vývoj koreňového systému ako aj nadzemnej časti mali výsadby prihnojované priamo pri výsadbe prírodným Zeolitom a hnojivom Forestal (obohatený o hydrozložky, ktoré viažu vodu). Sypká forma Rokosanu k výsadbám preukázala najslabší efekt na vývoj koreňa. Poškodenie výsadieb po 1. zimnom období sme nezaznamenali, pravdepodobne aj z dôvodu dostatočnej vyzretosti starších (18mesačných) vysádzaných jedincov. Po dodržaní technologickej disciplíny pri samotnej výsadbe, po vykopaní dostatočne hlbokej jamky aj v extrémne skeletnatom prostredí sa vyhlo nepriaznivým deformáciám koreňového systému, ktoré by mohli byť v budúcnosti vstupnou bránou pre huby a plesne príp. by mohli následne ohrozovať v budúcnosti aj ich stabilitu. Dostatočným prekopaním väčšieho okolia jamky v bioskupinách sa krátkodobo obmedzil aj rast buriny v bezprostrednej blízkosti sadeníc.



Obr. 1: Priebeh rastových parametrov (priemerný výškový a hrúbkový prírastok) smrekových výsadieb (1. a 2. rok po výsadbe) a ich straty po 2. vegetačnej perióde na PVP Lenivá.

Fig. 1: *Course of growth parameters (mean height and diameter increment) of spruce plantations (1st and 2nd year after planting) and their losses after 2nd growing season for the pilot research plot Lenivá.*

DISKUSIA

Ak hodnotíme stav porastov Nízko-tatranskej oblasti – Lenivá v poslednom období dochádzalo v preriedených starších ochranných lesoch vplyvom kalamít (vietor, hmyz) k zániku materských porastov a k vzniku holín s náročnými úlohami zalesňovania. Jedná sa hlavne o 7. lesný vegetačný stupeň (aj PVP Lenivá), kde je vnášanie spevňujúcich prvkov v podobe listnáčov (okrem jarabiny) veľmi problematické. Problematika imisií, ktoré sa značnou mierou podieľali na zlom zdravotnom stave smrečín v týchto severných hrebeňových lokalitách v predchádzajúcich decéniách nevymizla, aj keď sa zmiernil a poklesol ich vplyv v krátkodobom horizonte, sú stále prvotným škodlivým činiteľom a následne do takto oslabených porastov preniká druhotne podkôrny hmyz. Ten za posledné roky aj v oblasti Nízkych Tatier naberal napriek dobre realizovaným ochranným a obranným opatreniam na intenzite a prerastal do primárneho škodlivého činiteľa vyznačujúceho sa

vysokou agresivitou lykožrúta lesklého a smrekového. V dôsledku nerovnomerného stavu prirodzeného zmladenia bolo vhodné doporučené dopĺňanie väčších neobnovených častí holín drevinou smrek. Prihnojovaný smrek, ktorý sme vysádzali v bioskupinách preukazuje v juvenilnom štádiu pozitívne výsledky v adaptačnom procese čo sa preukazuje nielen vysokou ujatosťou, ale aj nízkymi stratami počas prvých dvoch vegetačných období. Ak porovnávame viaceré staršie celoplošné výsadby v oblasti Nízko-tatranských vysokohorských kalamitných holín môžeme konštatovať porovnateľné prevažne pozitívne výsledky (TUČEKOVÁ et al. 2004).

V drevinovom zložení dospelých okolitých porastov dominuje v oblasti Lenivá smrek (71 %), podiel ostatných drevín je výrazne nižší. Smrek je aj drevinou s najvyšším percentom v rámci prirodzenej obnovy (15 %). Po náhlom odstránení tieniacich starších jedincov v dôsledku vetrovej (príp. lykožrútovej) kalamity dochádza súčasne s vývojom zmladenia aj k intenzívnemu rozširovaniu konkurenčnej vegetácie, ktorá obsadzuje uvoľnené stanovištia. Preukazuje sa, že najmladšie smrekové zmladenie má len pomerne krátky čas na to, aby sa ujalo a mohlo sa ďalej vyvíjať. Z takéhoto priebehu prirodzenej obnovy sa nám javí, že podmienky pre zmladenie sú vo vysokohorskom lese miestne i časovo ohraničené. Takéto dôvody, ktoré robia obnovu porastov v týchto polohách problematickou uvádzajú aj viacerí autori zo zahraničia (TREPP 1981; OTT 1989; OTT et al. 1997).

Výsledky v ujatosti smreka, ktorá sa pohybovala po 1. roku v priemere (bez rozdielu variantu hnojiva) od 88 do 96 % jedincov v dobrom zdravotnom stave sa znížili v 2. roku na rozpätie od 85 do 94 % (rôzne vo variantoch hnojenia). Podobné priaznivé výsledky so zalesňovaním v bioskupinách zaznamenal aj ŠEBEŇ (2003).

Bioskupiny smrekových výsadieb v Nízko-tatranskej lokalite oblasti PVP Lenivá sa preukazujú v prevádzke, ako jeden z vhodných postupov kombinovanej obnovy po rozpade smrekových monokultúr. Označenie bioskupín kolíkmi uľahčuje jeho identifikáciu pri ochrane a starostlivosti o výsadby. Tento postup doporučuje aj spomínaný SCHÖNNENBERGER (1992). Vo výskume, ktorý prebieha kontinuálne na tejto PVP, aj v súčasnosti pokračujeme. Viaceré z výstupov priebežne spracovávame vo výskumných štúdiách pre prevádzku Lesov SR š.p. B. Bystrica (TUČEKOVÁ et al. 2009, 2012).

Na rozdiel od metód celoplošného zalesňovania z minulého storočia (na Slovensku), ktoré sa veľmi nelíšili od postupov v nižšie položených porastoch, sa v prácach niektorých autorov (ŠEBEŇ 2003; ŠEBEŇ, KUCBEL 2003) uvádza vhodnejšie použiť relatívne nový postup neceloplošného zalesňovania vysokohorských polôh, t.j. v bioskupinách (na umelo zníženej hornej hranici lesa s vyšším počtom sadeníc v bioskupinách). Využije sa nerovnomerné prirodzené zmladenie, ktoré sa umelo doplní výsadbou kvalitných krytokorenných sadeníc.

ZÁVER

Vysadené krytokorenné smreky v bioskupinách preukazujú počas 2. vegetačných periód priaznivý adaptačný proces prežívajúcich jedincov, vrátane zdravotného stavu a pravidelných prírastkov. Ak vysádzané jedince smreka spĺňajú všetky parametre výsadbyschopného sadbového materiálu majú vysokú ujatosť a priaznivo sa adaptujú v novom prostredí aj extrémnejších holín vysokohorských polôh. V jednotlivých bioskupinách (6 ks/bioskupina) prežívalo po 1. zimnom období viac ako 95 % jedincov

v dobrom zdravotnom stave, 1. rok po výsadbe to bolo cca 85 % s ojedinelým poškodením nadzemnej časti (zasušené terminálne vrcholy v dôsledku suchých periód), ktorá ale regenerovala nasadením náhradných terminálov.

Po dodržaní technologickej disciplíny pri výsadbe s aplikáciou troch hnojivých materiálov (Forestal, Rokosan a Zeolit) sa pH hodnota v priestore koreňového systému krytokorenných výsadieb mierne znížila. Najmenej kyslosť pôdy ovplyvnil pridaný Zeolit, najviac vývojové hnojivo Forestal. Hnojivo Forestal zároveň najviac obohatilo koreňový priestor o všetky základné živiny N, C, P, K, Ca a Mg. 10% straty boli po 2. vegetačnej perióde na výsadbách hnojených Forestalom a Rokosanom a najnižšie straty boli po aplikácii Zeolitu (6 %). Kontrolný variant bez hnojiva mal najväčšie straty (15 %). Aplikácia hnojiva Forestal a prírodného Zeolitu preukázala pozitívnejší a silnejší efekt na rastové parametre ako aplikácia hnojiva Rokosan (štatisticky významné rozdiely).

LITERATÚRA

BARANDUN, J. (1983): Aufforstung in hohen Lagen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 6: 431–444.

BISCOFF, N. (1982): Der Zustand des Gebirgswaldes in der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstvesen, 133: 691–709.

FILLIBRANDT, T. (1998): Natürliche Baumkollektive als Vorbilder der Rottenpflanzung. Schweizerische Zeitschrift für Forstvesen, 149: 219–243.

JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J. – LOKVENC, T. (1999): Krytokořenný sadební materiál a úspěšnost obnovy lesa. In: Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu. Mauer, O., Trutnov, 26.–28. 5. 1999, 90 s.

JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J. – NÁROVCOVÁ, J. (2001): Možnosti využití výpěstků dřevin ze skleníkových technologií pro zalesňování v horských podmínkách. In. Sborník z III. Česko-slovenského vědeckého sympozia „Současné otázky v pěstování horských lesů“. Opočno, 13.–14. 9. 2001, s. 115–126.

MAUER, O. (1999): Technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu [Tecnologies of containerized planting stock raising]. In: Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu. Mauer, O., Trutnov, 26.–28. 5. 1999, s. 25–44

MAUER, O. – JURÁSEK, A. – PALÁTOVÁ, E. (2003): Root system development in sessile oak (*Quercus petrea*/Mattusch./Lieblein) from generative and vegetative propagation. Ekológia (Bratislava), 22: Supplement 3: 163–175.

OTT, E. (1976): Probleme des Gebirgswaldbaus, Schweizerische Zeitschrift für Forstvesen, 127: 3: 138–150.

OTT, E. (1989): Verjüngungsprobleme in hochstaudenreichen Gebirgsnadelwäldern, Schweizerische Zeitschrift für Forstvesen, 140: 1: 23–42.

OTT, E. – FREHNER, M. – FREY, H. – LÜSCHER, P. (1997): Gebirgsnadelwälder, Verlag Paul Haupt, Bern, 287 s.

RACHOY, W. – EXNER, R. (1989): Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. FBVA Berichte 37, Wien, 99 s.

SCHŐNNENBERGER, W. – WASEM, U. – FREY, W. (1992): Die Standortsgemässe Anlage der Aufforstung. Forstbewirtschaftung an der oberen Waldgrenze. MZ ČR, s. 221–235.

SOMORA, J. (1964): O zalesňovaní v subalpínskom pásme. Lesnícky časopis, 3: 333–344.

ŠEBEŇ, V. (2003): Zalesňovanie v bioskupinách na umelo zníženej hornej hranici lesa. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 49: 1: 75–83.

ŠEBEŇ, V. – KUCBEL, S. (2003): Zavedenie termínu „*BIOSKUPINA*“ do problematiky zalesňovania a rekonštrukcie porastov v oblasti hornej hranice lesa. Les, 3: 5–7.

ŠEBEŇ, V. – TUČEKOVÁ, A. (2003): Aké sadenice smreka použiť na zalesnenie horských polôh? Ako napomôcť k zníženiu strát na zalesňovaní už pri výsadbe? Roľnícke noviny, 27. 10. 2003, príloha Náš les, 12 s.

TUČEKOVÁ, A. (2004): Poznatky s použitím krytokorenného sadbového materiálu z intenzívnych technológií pri obnove lesa (Jiffy 7). In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technológií pro obnovu lesa. Sborník ze semináře, Opočno, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 108–117.

TUČEKOVÁ, A. – SARVAŠ, M. (2004): Overovanie účinnosti rôznych typov hnovíva vododržných materiálov pri umelej obnove a v škôlkarskych technológiách v pôsobnosti OZ Beňuš. Výskumná správa NLC Zvolen, 38 s.

TUČEKOVÁ, A. – SARVAŠ, M. – HALÁK, A. (2005): Zhodnotenie dopestovania krytokorenných semenáčikov Jiffy-7 Forestry. Výskum vplyvu vododržných materiálov a pôdneho kondicionéra BactoFil® B v pôsobnosti OZ Topoľčianky. VS, LVÚ Zvolen, 40 s.

TUČEKOVÁ, A. – SLAMKA, M. – HALÁK, A. (2009): Výskumné overovanie účinnosti nových produktov v umelej obnove, ochrane a starostlivosti o novozakladané kultúry na kalamitných holinách v rámci OZ Beňuš. NLC–LVÚ Zvolen, Výskumná štúdia, 27 s.

TUČEKOVÁ, A. – SLAMKA, M. – HALÁK, A. (2011): Praktické výsledky nového typu krytokorenného sadbového materiálu pestovaného intenzívnymi technológiami. In: Aktuálne problémy semenárstva, škôlkarstva a umelej obnovy lesa. Zborník zo seminára, 16.–17. 6. 2010, Liptovský Ján, s. 31–35 (vydané na CD).

TUČEKOVÁ, A. – HALÁK, A. (2012): Výsledky riešenia aktuálnych problémov adaptácie krytokorenného sadbového materiálu smreka na kalamitných holinách OZ Beňuš. NLC-LVÚ Zvolen, Výskumná štúdia, 26 s.

WEISSLEITNER, H. (1992): Erfahrungen bei Aufforstungen in den Hochlagen. Forstbewirtschaftung an der oberen Waldgrenze. MZ ČR, s. 258–261.

WESOLY, W. (1999): Seedlings production with covered root system in polish nurseries. In: Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu, Mauer, O., 26.–28. 5. 1999, Trutnov, s. 87–90.

TREPP, W. (1981): Das Besondere des Plenterns im Gebirgswald, Schweizerische Zeitschrift für Forstvesen, 132: 10: 823–846.

STN 48 2211 Semenáčiky a sadenice lesných drevín

Adresa autora

Ing. ANNA TUČEKOVÁ, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

T. G. Masaryka 22

960 92 Zvolen

Založenie výskumných plôch pre sledovanie výsadieb na poľnohospodárskej pôde – krátke zdelenie

Establishment of research plots for monitoring of plantings on agricultural land – short communication

MAREK TUŽINSKÝ

Abstract

This methodical article discusses an experimental afforestation of agricultural land with an application of mineral rock, alginit. The aim of this afforestation experimental research is to find how the mineral rock alginit affects the parameters of survival ratio, growth and development of forest trees. To reach the aim, three plots with different soil conditions were established (Hovorčovice, Veliká Ves, Odolena Voda). The plots were divided into squares 10 × 10 m and 20 × 20 m. The spacing planting holes were 1 × 1 m. Three variants were established – the application of the alginit into the planting hole (dose 0.5 and 1.5 kg) and the control variant without any application. The results, which will be published later, will assess the efficiency of the reforestation. At the base of this result, practical recommendations will be proposed. The whole research was situated near the village Hovorčovice (about 20 km north form Prague, The Czech republic).

Keywords: *alginit, agricultural soil, afforestation, soil preparation*

Abstrakt

Tento metodický článok sa zaoberá experimentálnym zalesnením poľnohospodárskej pôdy s aplikáciou minerálnej horniny, alginitu. Cieľom tohoto zalesňovacieho experimentálního výskumu je zistenie, ako vplýva minerálna hornina alginit na parametre ujatosti, rastu a vývoja lesných drevín. Na dosiahnutie tohto cieľa, boli založené tri plochy (Hovorčovice, Veliká Ves, Odolena Voda) s rôznymi pôdnymi podmienkami. Plochy boli rozdelené na štvorce 10 × 10 m a 20 × 20 m, výsadbový spon bol 1 × 1 m. Výsadba bola rozdelená do troch variant – jamková aplikácia alginitu v dávke 1,5 a 0,5 kg alginitu na jednu jamku a kontrolná varianta bez aplikácie. V budúcich výsledkoch bude zhodnotená účinnosť zalesňovania a podľa výsledkov aj návrh opatrení do budúcnosti. Celý výskum bol situovaný při obci Hovorčovice, cca 20 km na sever od Prahy.

Kľúčové slová: *alginit, poľnohospodárske pôdy, zalesňovanie, príprava pôdy*

ÚVOD

Význam zalesňovania na poľnohospodárskych pôdach je veľmi naliehavý najmä na plochách, kde v dôsledku nepriaznivého pôsobenia ekologických činiteľov dochádza k veľkým stratám zalesňovacieho materiálu, na extrémnych stanovištiach pri bežne používaných metódach je zalesňovanie často neúspešné.

Z prírodných pomerov predmetného územia vyplýva, že ide o oblasť s relatívne nepriaznivými ekologickými podmienkami, osobitne klimatickými, vo vegetačnom období s vyššími teplotami vzduchu a nízkym zrážkovým úhrnom. To znamená, že jedným z rozhodujúcich činiteľov úspešného zalesňovania na výskumných plochách bude hydrotermický režim pôdy, najmä jej povrchových vrstiev, ktorý je v juvenilnom štádiu zalesňovacieho materiálu zvlášť významný.

Uvedené problémy by bolo možné čiastočne riešiť vhodným spôsobom prípravy pôdy, ktorým by sa zlepšila účinnosť hydrofyzikálnych vlastností pôdy, retenčná, retardačná a následne aj využiteľná vodná kapacita pôdy. Znamenalo by to zmiernenie škodlivého vplyvu mikroklímy, vytvorenie priaznivejších podmienok pre prijatie zrážkovej vody, jej akumuláciu a udržanie v koreňovej zóne a zabezpečenie dostatočného množstva pôdneho vzduchu.

Pre tento účel bol použitý osobitný spôsob zalesňovania s vnášaním alginitu do pôdy, ktorý podľa viacerých autorov (VASS et al. 2000) okrem dodávky prístupných živín zmierňuje aj nedostatok vody v pôde.

Príspevok má metodický charakter, v ktorom okrem stručného prehľadu o doteraz uskutočnenom zalesňovaní poľnohospodárskych pôd a organicko-minerálnej hornine – alginite, je aj grafické zobrazenie pokusných plôch, opis použitých drevín, dávkovanie množstva alginitu do jamiek a v závere priebežné hodnotenie dosiahnutých výsledkov.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Už v 16. storočí sa objavuje písomná zmienka o náhradnej výsadbe plochy v okolí starej pražskej obory a zväčšovanie plochy lesov v okolí Karlových Varov (KACÁLEK, BARTOŠ 2002). Iné zmienky o plánovanom zalesňovanie sú staré viac ako 100 rokov, (Správa poľnohospodárskeho výboru rady poľnohospodárskej pre kráľovstvo České o vplyve nezalesnených výšin na poľné hospodárstva z roku 1884) a to pravdepodobne v dôsledku historicky snáď najväčšieho odlesnenia na území dnešnej ČR vplyvom priemyselnej revolúcie počas 1. polovice 19. stor. (Laboratórium geoinformatiky 2011) a rozsiahlej povodňovej škody na konci 19. storočia (ŠPULÁK, KACÁLEK 2011). Na konci 19. a začiatku 20. storočia bolo na území ČR zalesnených približne 18 tisíc hektárov nelesných plôch (KACÁLEK, BARTOŠ 2002). Po 2. svetovej vojne sa uskutočnili zalesňovacie práce vo veľkom rozsahu po celej ČR (KLÍMA 2003) a to hlavne územia pohraničných hôr. Rozsah zalesňovania nelesných pôd bol potom najvyšší v prvej polovici päťdesiatych rokov. V rokoch šesťdesiatych dosahoval rozsah zalesňovania 5–6 tisíc hektárov ročne, neskôr sa ustálil na 1 tisíc hektárov ročne (ČERNÝ et al. 1995). Začiatkom rokov sedemdesiatych boli zalesňované tzv. rezervné poľnohospodárske fondy predovšetkým v pohraničí, kde boli zakladané monokultúry ihličnatých porastov (TOPKA 2003). V 90. rokoch sa začali formovať programy na zalesňovanie poľnohospodárskych pôd, ktoré začal štát finančne podporovať (KLÍMA 2003; ŠPULÁK, KACÁLEK 2011).

V dôsledku intenzifikácie poľnohospodárskej výroby začalo v druhej polovici 20. storočia dochádzať vo vyspelých európskych krajinách k nadprodukcii potravín (ČÍŽEK 1994). Aj v rámci Európskej únie sa v súčasnosti rieši zmena spoločnej poľnohospodárskej politiky, napr. alternatívnym využívaním poľnohospodárskej pôdy. Hlavnými dôvodmi sú o.i. predpokladané rastúce požiadavky na dodávku potravín (svetová populácia trvalo vzrastá) a zvýšená potreba energetických plodín v súvislosti s odhadovanými klesajúcimi

zásobami fosílnych palív (FAO 2009). Dôvodov pre zalesňovanie poľnohospodárskych pôd je celá rada, každý autor, ktorý sa touto problematikou zaoberá ich charakterizuje inak.

V rámci ČR medzi zásadné dôvody pre zalesňovanie poľnohospodárskych a ostatných nelesných pôd patria najmä ekonomicky výhodnejšia alternatíva pre ľadom ležiacu poľnohospodársku pôdu, rozšírenie drevoprodukčnej plochy (v tradičných lesných porastoch, ale aj na plantážach rýchlorastúcich drevín), zvýšenie protieróznej ochrany pôdy, zlepšenie vodohospodárskych pomerov, zmena mikroklímy, hygienická funkcia, obnova a údržba krajiny s dôrazom na rekreačné využitie a estetické hodnoty, fixácia oxidu uhličitého, využitie a asanácia antropogénne narušených pôd (výsypky, haldy, plochy po ťažbe surovín), (BARTOŠ et al. 2007).

Z doterajšieho rozboru výskumu zalesňovania poľnohospodárskych pôd, ako už bolo uvedené v úvode vyplýva, že ide väčšinou o nevyužívané poľnohospodárske, často zanedbané pôdy s nepriaznivým živinovým a vodným režimom. Úspešné zalesnenie takýchto pôd vyžaduje najvhodnejšie spôsoby zalesňovania s vhodnou prípravou pôdy, optimálnou kvalitou zalesňovacieho materiálu a požadovanou ochranou novozaložených kultúr.

Na pokusných plochách, ktoré boli založené a stabilizované na poľnohospodárskej pôde v Hovorčoviciach sa pri osobitnom spôsobe zalesňovania použila príprava pôdy s pridaním alginitu.

Alginit je organicko-minerálna hornina, ktorá má v bohatom nálezisku pri Lučenci (SR) reálnu perspektívu širokého využitia. Alginit je fosílna riasa (algae), ktorá v Panónskej jazernej sústave pri vulkanických zmenách pred 3–4 miliónmi rokov spolu s erodovanými horninami vytvorila súvislý sediment (KULICH et al. 2001).

Alginit, ekologickú surovinu vhodnú na využitie v lesnom hospodárstve opísal prvý krát na Slovensku prof. Vass so spolupracovníkmi (VASS 1997, 1998). Alginit, ktorý vypĺňa maar pri Pincinej, je sivá až tmavosivá laminovaná, ílovitá hornina bohatá na organickú hmotu, slabo spevnená sedimentárna organogénna hornina s habitom rozpadavého ílovca (VASS 2005). Vznikla vo vodnom prostredí z rias. Preto obsahuje aj zvýšený obsah fosforu, draslíka, vápnika a horčíka. Obsahuje aj rad významných stopových prvkov a ďalšie látky, ktoré pôsobia ako pôdne aktivátory (GREGOR, BUBLINEC 1999). V hornine sa striedajú tmavé a svetlé laminy hrubé 0,5 až 2 mm. Tmavé laminy sú bohaté na zvyšky botryokokov, ktorých lievikovité bunkové obaly tvorí organická hmota podobná sporopolemínínu. Svetlé laminy tvorí ílový materiál a obsahujú schránky rozsievok tvorené opálom (VASS 2005).

Malé zásoby alginitu ho neumožňujú využívať pre energetické účely. Jeho fyzikálno – chemické vlastnosti a vysoký obsah humusu sú predpokladom pre jeho využívanie v poľnohospodárstve, lesnom hospodárstve, sadovníctve a parkovníctve. Alginit možno využiť ako nosič organického odpadu, ktorý pohlcuje organické pachy a uľahčuje recykláciu odpadu (VASS et al. 2000).

CIEĽ VÝSKUMU

Cieľom výskumu na pokusných plochách na poľnohospodárskej pôde pri Hovorčoviciach je preskúmanie použitia osobitnej metódy zalesňovania s použitím organicko minerálnej horniny – alginitu na základné parametre rastu a vývoja lesných drevín.

CHARAKTERISTIKA OBLASTI

Klimatické podmienky

Klimaticky patria pokusné plochy, plocha 1 Hovorčovice, plocha 2 Veliká Ves a plocha 3 Odolena Voda, do teplého, miene suchého regiónu. Priemerná ročná teplota je 8–9 °C. Suma teplôt nad 10 °C, teda vo vegetačnom období je 2 600–2 800 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 500–600 mm a pravdepodobnosť suchých vegetačných období je 20–30 %.

Pôdne podmienky

Plocha 1: Černozem modálna na spraši, pôda stredne ťažká, bez skeletu, veľmi hlboká, prevažne s priaznivým vodným režimom.

Svahovitosť: rovina

Expozícia: –

Skeletnatosť: žiadna

Hĺbka pôdy: hlboká

Plocha 2: Černozem modálna na spraši s hĺbkou 30 až 70 cm na veľmi priepustnom podloží, stredne ťažká, stredne výsušná, závislá na zrážkach vo vegetačnom období. Na časti pozemku je pôda silne skeletnatá.

Svahovitosť: rovina

Expozícia: –

Skeletnatosť: žiadna až slabá, miestami silná

Hĺbka pôdy: hlboká až stredne hlboká

Plocha 3: Kambizem modálna eubazická až mezobazická, materský substrát bridlica, zrnitostne stredne ťažká, stredne skeletnatá, pôda s dobrou vodnou kapacitou.

Svahovitosť: mierny svah (5–8 %)

Expozícia: severozápadná

Skeletnatosť: žiadna až slabá

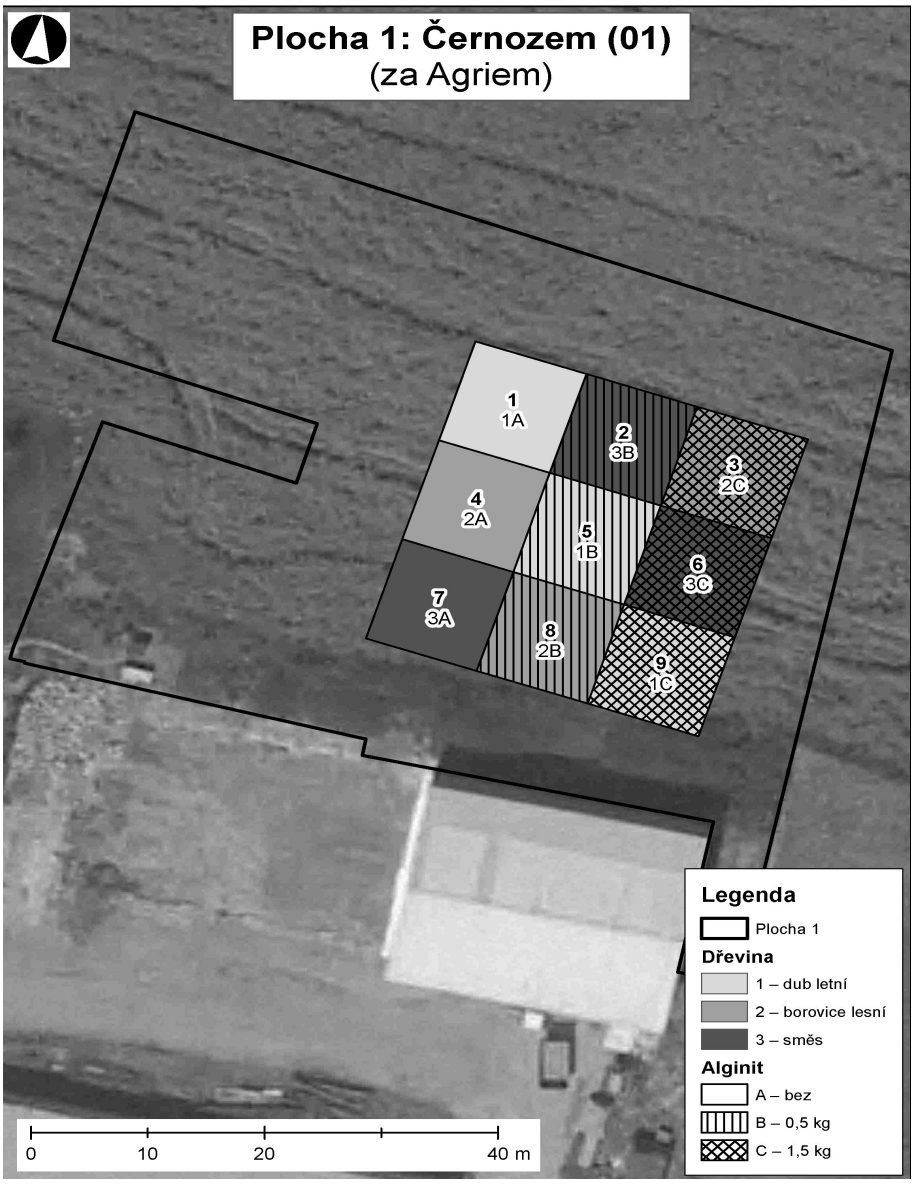
Hĺbka pôdy: hlboká až stredne hlboká

MATERIÁL A METODIKA

Výskum vplyvu alginitu bude vykonávaný na troch pokusných plochách, ktoré boli stabilizované v blízkosti obce Hovorčovice na poľnohospodárskej pôde.

Na ploche 1 bolo založených 9 čiastkových plošiek s rozmermi 10 × 10 m (schéma je uvedené na Obr. 1). Pre výsadbu sa použili 3 variácie drevinového zloženia, borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), dub letný (*Quercus robur* L.) a zmes s drevinami javor mliečny (*Acer platanoides* L.) a dub červený (*Quercus rubra*) v spone 1 × 1 m. Uvedené dreviny boli vysadené na kontrolných plôškach bez aplikácie alginitu, na plôškach s dávkou 0,5 kg alginitu do jednej jamky a s dávkou 1,5 kg alginitu do jamky. Rovnaké množstvá alginitu boli použité aj na výskumných plochách 2 a 3.

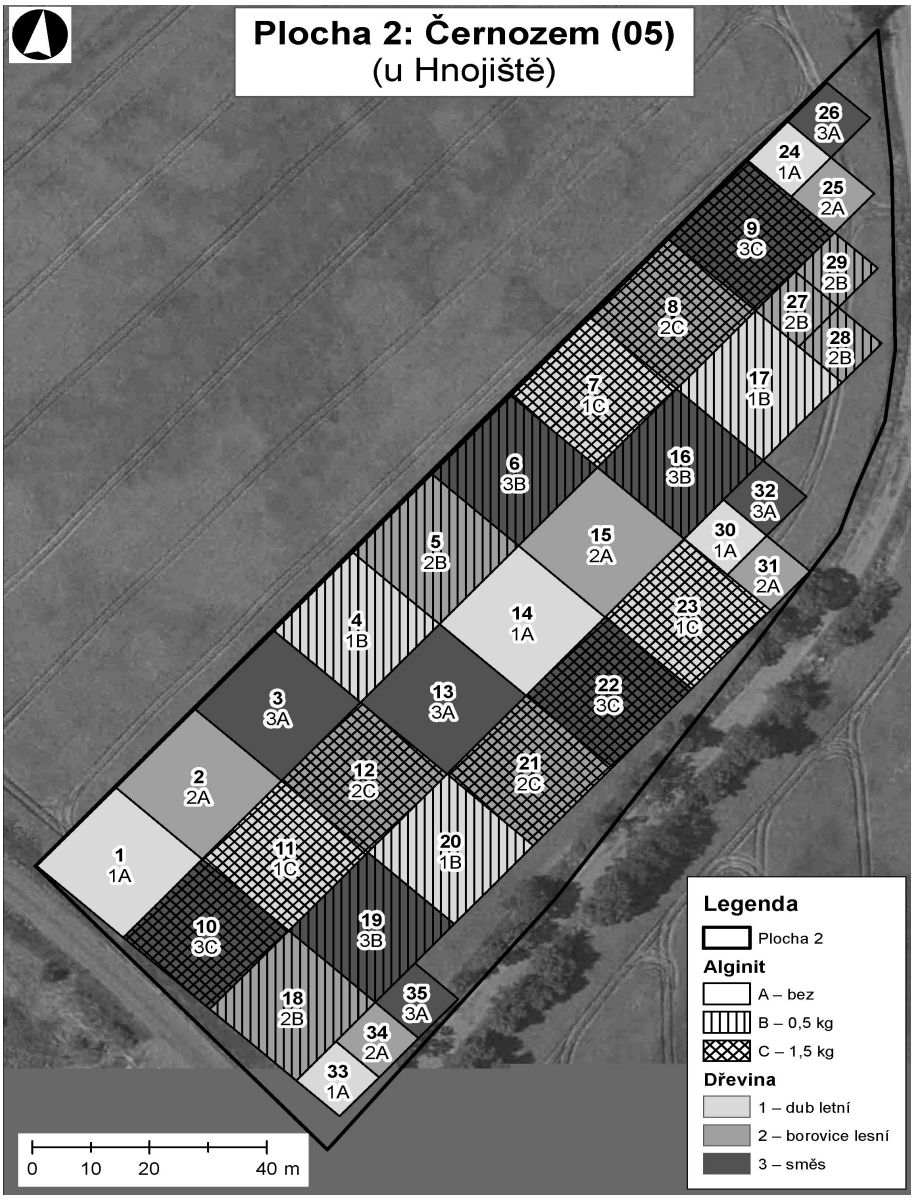
Výzkum je realizovaán ve spolupráci s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd, v. v. i., Praha (VÚMOP) a firmou Agrio ZS, s. r. o., Hovorčovice.



Obr. 1: Výskumná plocha č. 1 Hovorčovice (foto: VÚMOP).

Fig. 1: *Research plot No. 1 Hovorčovice (photo: VÚMOP).*

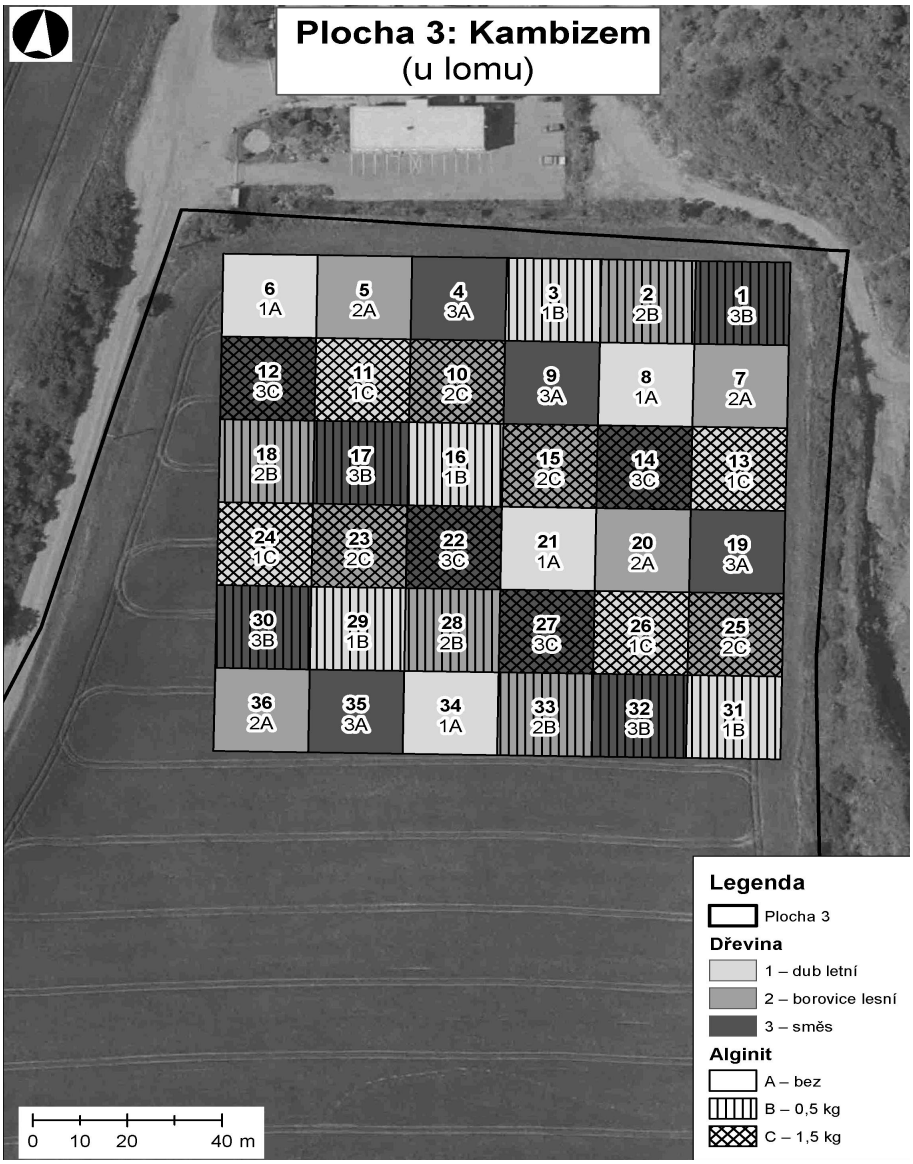
Na ploche 2 bolo založených 23 čiastkových plôch s rozmermi 20 × 20 m a 12 plôšok s rozmermi 10 × 10 m (schéma je uvedené na Obr. 2). Pre výsadbu boli taktiež použité 3 variácie drevinového zloženia, borovica lesná, dub letný, a zmes s drevinami javor mliečny a dub červený v spone 1 × 1 m.



Obr. 2: Výskumná plocha 2 Veliká Ves (foto: VÚMOP).

Fig. 2: *Research plot No. 2 Veliká Ves (photo: VÚMOP).*

Na ploche 3, ktorá je rozmermi najväčšia. bolo založených 36 čiastkových plôch s rozmermi 20 × 20 m so štyrmi variáciami drevinového zloženia: borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), dub letný (*Quercus robur* L.), javor mliečny (*Acer platanoides* L.), dub červený (*Quercus rubra*) ako zmes a duglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), tiež v spone 1 × 1 m (schéma je uvedené na Obr. 3).



Obr. 3: Výskumná plocha 3 Odolena Voda (foto: VÚMOP).

Fig. 3: *Research plot No. 2 Odolena Voda (photo: VÚMOP).*

Posúdenie zalesňovania na pokusných plochách

Hodnotenie účinnosti zalesňovania na jednotlivých pokusných plochách bude každý rok na konci vegetačného obdobia uskutočnené prostredníctvom biometrického merania, ktoré bude spočívať z meraní výšky, prírastku sadeníc, ich % ujatosti a opisu príčin ich mortality. Získané údaje budú hodnotené zodpovedajúcimi štatististickými metódami.

Poďakovanie:

Táto práca vznikla vďaka podpore projektu IGA FLD ČZU č. 20134329 a NAZV č. QJ1320122.

Poznámka editora:

Tento příspěvek neprošel recenzním řízením a je uveřejňován jako „krátké sdělení".

LITERATÚRA

BARTOŠ, J. – ŠACH, F. – KACÁLEK, D. – ČERNOHOUS, V. (2007): Ekonomické aspekty druhoveho složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 1: 11–17.

ČERNÝ, Z. – LOKVENC, T. – NERUDA, J. (1995): Zalesňování nelesních půd. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, ISBN 80-7105-093-8.

ČÍŽEK, V. (1994): Dřeviny pro restrukturalizaci zemědělství. Zemědělec: odborná příloha Agrárních novin. č. 12. 2. 1994, ISSN 1211-3816.

FAO 2009: How to Feed the World in 2050 [online]. In: High Level Expert Forum. Rome, 12.–13. 10. 2009. Dostupné na: <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>.

GREGOR, J. – BUBLINEC, E. (1999) Využitie alginitu pre regeneráciu a stabilitu pôd. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 41: 43–54.

KACÁLEK, D. – BARTOŠ, J. (2002): Problematika zalesňovani neproduktivních zemědělských pozemků v České republice. In: Současné trendy v pěstování lesů. Meziárodní seminář, Karas, J., Podrázský. V. (eds.), 16.–17. 9. 2002, Kostelec nad Černými lesy, ČZU FLD KPL, s. 39–45, ISBN 80-213-0938-5.

KLIMA, J. (2003): Zpracovani projektu zalesněni zemědělskych a lesních půd. Lesnická práce: 82: 6: 308–309.

KULICH, J. – VALKO, J. – OBERNAUER, D. (2001): Perspective of exploitation of alginit in plant nutrition. Journal of Central European Agriculture, 2: 3: 199–206.

Laboratoř Geoinformatiky (2011): II. Vojenské mapování [online]. 2nd Military Survey, Section No. II, Austrian State Archive/Military Archive, Vienna, Laboratoř geoinformatiky Univerzita J. E. Purkyně, Ministerstvo životního prostředí ČR, PLAN studio [cit. 20.03.2011].

ŠPULÁK, O. – KACÁLEK, D. (2011): Historie zalesňování nelesních půd na území ČR. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 1: 49–57.

TOPKA, J. (2003): Zalesňování zemědělských půd a vyhotovení projektu. Lesnická práce, 82: 7: 350–352.

VASS, D. (2005): Limnológia maarových jazier podrečianskej bazaltovej formácie. In: Geologické práce – Správy, 111: 31–38.

VASS, D. – BELÁČEK, B. – GREGOR, J. – PICHLER, V. – GÖMÖRYOVÁ, E. (2000): Vedecko-výskumný projekt – Alginit, moderná ekologická nerastná surovina – posúdenie možnosti využitia, Zvolen, Slovakia.

Adresa autora

Ing. MAREK TUŽINSKÝ

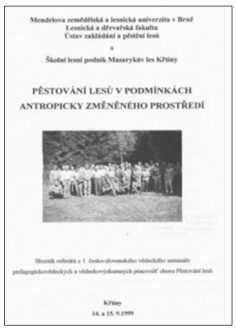
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů

Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol

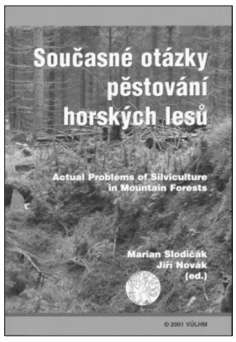
Příloha – seznam sborníků z přecházejících symposií a citace aktuálního vydání

Appendix – list of proceedings from previous symposiums and citation of the actual volume

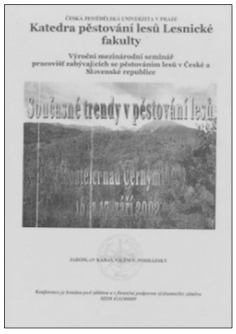


KANTOR, P. (ed.), (1999): **Pěstování lesů v podmínkách antropicky změněného prostředí.** Sborník referátů z 1. česko-slovenského vědeckého semináře pedagogickovědeckých a vědeckovýzkumných pracovišť oboru Pěstování lesů, Křtiny, 14.–15. 9. 1999, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů a Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny, 217 s., ISBN 80-7157-392-2.

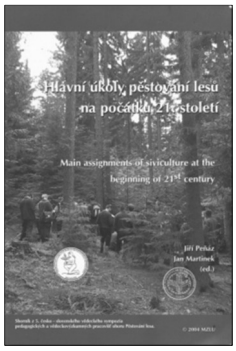
SANIGA, M. – JALOVIAR, P. (eds.), (2000). **Pestovanie lesa v zmenených ekologických podmienkach.** Zborník referátov z 2. česko-slovenského vedeckého sympózia pedagogickovedeckých a vedeckovýskumných pracovísk v odbore Pestovanie lesa, Zvolen, 5.–6. 9. 2000, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, 137 s., ISBN 80-228-0974-8.



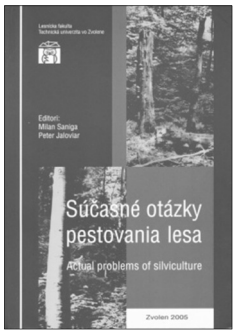
SLODIČÁK, M. – NOVÁK, J. (eds.), (2001). **Současné otázky pěstování horských lesů** [Actual Problems of Silviculture in Mountain Forests]. Sborník z III. česko-slovenského vědeckého sympozia pedagogickovědeckých a vědeckovýzkumných pracovišť oboru Pěstování lesa, Opočno, 13.–14. 9. 2001. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 370 s., ISBN 80-86461-13-0.



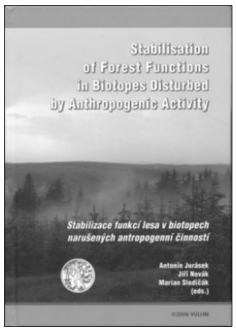
KARAS, J. – PODRÁZSKÝ, V. (eds.), (2002): **Současné trendy v pěstování lesů.** Sborník z výročního mezinárodního semináře pracovišť zabývajících se pěstováním lesů v České a Slovenské republice, Kostelec nad Černými lesy, 16.–17. 9. 2002, Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra pěstování, 32 s. + CD ROM, ISBN 80-213-0938-5.



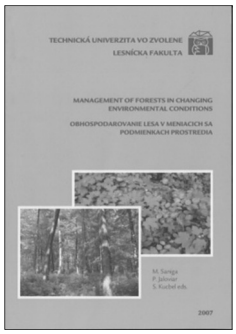
PEŇÁZ J. – MARTINEK J. (eds.), (2004): **Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století** [Main Assignments of Silviculture at the Beginning of 21st Century]. Sborník z 5. česko-slovenského vědeckého sympozia pedagogickovědeckých a vědeckovýzkumných pracovišť oboru pěstování lesa, Křtiny, 14.–16. 9. 2004, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, 411 s. + CD ROM, ISBN 80-7157-778-2.



SANIGA, M. – JALOVIAR, P. (eds.), (2005): **Súčasné otázky pestovania lesa** [Actual Problems of Silviculture]. Zborník referátov zo VII. česko-slovenského vedeckého sympózia pedagogickovedeckých a vedeckovýskumných pracovísk v odbore pestovanie lesa, Zvolen, 6.–7. 9. 2005, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, 229 s., ISBN 80-228-1489-X.

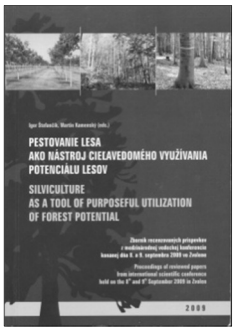


JURÁSEK, A. – NOVÁK, J. – SLODIČÁK, M. (eds.), (2006): **Stabilisation of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity** [Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností]. Výsledky výzkumu prezentované na mezinárodní vědecké konferenci v rámci výzkumného záměru Mze-0002070201. Opočno 5. – 6. 9. 2006. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, Výzkumná stanice Opočno, 560 s., ISBN 80-86461-71-8.

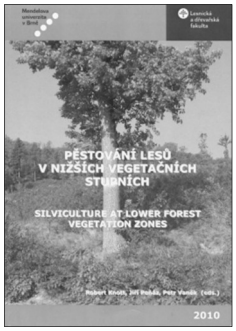


SANIGA, M. – JALOVIAR, P. – KUCBEL, S. (eds.), (2007): **Management of Forests in Changing Environmental Conditions** [Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia]. Zborník pôvodných vedeckých prác. Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, 408 s., ISBN 978-80-228-1779-0.

KUPKA, I. (ed.), (2008): **Pěstování lesů na počátku 21. století** [Silviculture at the Beginning of 21st Century]. Sborník recenzovaných příspěvků z konference, Kostelec nad Černými lesy, 9.–10. 9. 2008, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, vydání na CD ROM, ISBN 978-80-213-1805-2.



ŠTEFANČÍK, I. – KAMENSKÝ, M. (eds.), (2009): **Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov** [Silviculture as a Tool of Purposeful Utilization of Forest Potential]. Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie, Zvolen, 8.–9. 9. 2009, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 346 s., ISBN 978-80-8093-089-9.



KNOTT, R. – PEŇÁZ, J. – VANĚK, P. (eds.), (2010): **Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních** [Silviculture at Lower Forest Vegetation Zones]. Sborník původních vědeckých prací, Křtiny, 6.–8. 9. 2010, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, 172 s., ISBN 978-80-7375-422-8.

KACÁLEK, D. – JURÁSEK, A. – NOVÁK J. – SLODIČÁK, M. (eds.), (2011): **Proceedings of Central European Silviculture 2011** – Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí [Stabilization of forest functions in anthropically disturbed and changing environmental conditions]. 12. Mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno, 28.–29. 6. 2011, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 276 s., ISBN 978-80-7417-039-3.

SANIGA, M. – KUCBEL, S. – JALOVIAR, P. (eds.), (2012): **Pestovanie lesa v strednej Európe** [Silviculture in central Europe]. Zborník vedeckých prác, Zvolen, 2.–4. 7. 2012, Technická univerzita vo Zvolene, 356 s, ISBN 978-80-228-2369-2.

BALÁŠ, M. – PODRÁZSKÝ, V. – KUČERAVÁ, B. (eds.), (2013): **Proceedings of Central European Silviculture** – Pěstování lesů ve střední Evropě [Silviculture in Central Europe]. 14. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů, Kostelec nad Černými lesy, 2.–3. 7. 2013, Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 320 s., ISBN 978-80-213-2381-0.

knihovnicka.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ISBN 978-80-213-2381-0