

Proceedings of Central European Silviculture

Volume 8

**M. Baláš, V. Podrázský, J. Gallo
(eds.)**

2018

Proceedings of Central European Silviculture

Volume 8

**M. Baláš, V. Podrázský, J. Gallo
(eds.)**

2018

Věnováno památce
KRISTIÁNA VINCENCE ARNOŠTA Z VALDŠTEJNA,
mecenáše lesnického školství



Hrabě Kristián Vincenc Arnošt z Valdštejna se narodil 2. 1. 1794 v Praze a zemřel 24. 12. 1858 v Praze. Jeho otec byl hrabě Arnošt Filip z Valdštejna a matka hraběnka Gabriela z Valdštejna. S manželkou Marií Franziskou von Thun Hohenstein měli dvě děti, syna Arnošta a dceru Gabrielu. Jedná se o významný rod, který zastával po celé generace mnoho významných postů ve správě země a vlastnil statky po celých Čechách. Valdštejnové byli nejen dobří vojevůdci a obchodníci (především Albrecht z Valdštejna), ale byli i mecenáši umění a vědeckého poznání, a to zejména přírodních věd. Řada z nich byla vynikajícími botaniky. Nejznámějším z nich byl František Adam Valdštejn autor díla o vzácných uherských rostlinách, který svůj rozsáhlý herbář odkázal Národnímu muzeu v Praze (tehdy Muzeum Království českého). Tuto instituci podporovalo i několik dalších hrabat Valdštejnů. Prezidentem Muzea Království českého byl i hrabě Kristián Vincenc Arnošt z Valdštejna.

Hrabě Kristián Vincenc Arnošt z Valdštejna se od malička zajímal o přírodu a zejména pak o les, což ho provázelo po celý jeho život. Byl přesvědčen o tom, že k řádnému využívání lesa je třeba jeho důkladně poznání. Z tohoto důvodu dlouhodobě usiloval o rozvoj lesnického školství, a to na základě výnosu Ministerstva zemědělství a hornictví z roku 1850. Realizovat tento záměr se podařilo až České lesnické jednotě, jejíž předsedou byl hrabě Kristián Vincenc Arnošt z Valdštejna, který pro účely lesnického ústavu (školy) uvolnil svůj zámek v Bělé pod Bezdězem a sám byl velkým sponzorem vzniklého Lesnického ústavu. Vyučování bylo zahájeno 1. května 1855 s 32 žáky v Lesnickém ústavu (Forst Anstalt) v Bělé pod Bezdězem. Škola byla dvouletá, vyučovací jazyk byl německý a školné činilo 40 zlatých ročně. Hrabě se sám podstatnou měrou podílel na sestavení učebního programu školy. Během studia byli žáci povinni předkládat sbírky pupenů, květů, semen, rostlin, dřev, hmyzu a kamenů. Pro slavnostní příležitosti byla zavedena lesnická uniforma. Jako základní předchozí vzdělání se požadovalo absolvování nižší realky nebo gymnázia. Dále byl požadován dvouletý praktický výcvik u lesního úředníka (učebního pána). Již prvním absolventům stát umožnil umístění do funkcí ve státních lesích a po tříleté praxi vykonání zkoušky pro lesní hospodáře. Žáci bydleli mimo ústav. Řízením školy byl pověřen Robert Miklitz z Úsovské školy. Česká lesnická jednota tehdy vyzvala majitele lesů v Čechách, aby po dobu nejméně šesti let přispívali na zřízení a udržování lesnické školy příspěvkem 30 krejcarů na každých 100 jiter. V roce 1864 byla při škole zřízena meteorologická stanice a do správy byl převzat obecní les jako školní objekt.

V roce 1895 byla dvouletá škola přeměněna na tříletý Vyšší lesnický ústav (Höhere Forstlehranstalt). Na škole v této době učil dr. Emanuel Purkyně, syn J. E. Purkyně. Z důvodu vylepšení podmínek výuky a ubytování zde Ústav 23. července 1904 po 49 letech provozu skončil a následně byl přesunut do Zákup. Silná tradice lesnického vzdělávání v Bělé vedla ke zřízení Státní školy pro lesní hajnvé v roce 1947. Ale i druhá kapitola lesnického vzdělávání v Bělé skončila záhy. V roce 1950 byla hájenská škola přeměněna na jednoletou školu lesnickou. Tato byla za rok zrušena a místo ní byla v Bělé zřízena vyšší lesnická škola, jako pobočka vyšší lesnické školy v Trutnově.

Závěrem lze uvést, že hrabě Kristián Vincenc Arnošt z Valdštejna jako předseda České lesnické jednoty, prezident Muzea Království českého, zakladatel a mecenáš lesnického školství, přírodních věd a umění velmi ovlivnil zejména celostní přístup člověka k přírodě a k lesu, a proto by jeho příkladný odkaz neměl být zapomenut. K tomu by měl sloužit i pomníček, odhalený během Setkání pěstitelů lesa střední Evropy, konaného 4.–5. 9. 2018 v Doksech, v rámci kterého vychází tento sborník.

Prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Czech University of Life Sciences Prague

Faculty of Forestry and Wood Sciences

Department of Silviculture



ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

Odbor lesního hospodářství

Czech Academy of Agricultural Sciences, Department of Forestry



ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST

pobočný spolek při ČZU FLD

Czech Forestry Society, subsidiary association by ČZU FLD

ve spolupráci s
in cooperation with

Lesnický výzkumný ústav – Národní lesnické centrum, Zvolen
Forest Research Institute – National Forest Centre, Zvolen

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta
Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Forestry and Game Management Research Institute, Strnady
Forest Research Station, Opočno

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa
Technical University, Zvolen, Faculty of Forestry, Department of Silviculture

PĚSTOVÁNÍ LESŮ VE STŘEDNÍ EVROPĚ

SILVICULTURE IN CENTRAL EUROPE

Sborník vědeckých prací u příležitosti
19. mezinárodního setkání pěstitelů lesa střední Evropy

Proceedings of scientific studies at the occasion of the
19th international meeting of Central European silviculturists

Doksy, 4.–5. 9. 2018

Poděkování

Konference byla podpořena z projektu NAZV č. QJ1520037.

Editoři sborníku děkují autorům a recenzentům za spolupráci.

Redakční práce byly provedeny s využitím zázemí Výzkumné stanice Truba, Kostelec nad Černými lesy.

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

Foto na zadní straně obálky: Rozpad lesních porostů v Kysuckých Beskydech (foto: M. Baláš, 2018).

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Editoři: Martin Baláš, Vilém Podrázský, Josef Gallo

Grafická úprava: Martin Baláš

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

Počet stran: 240

Náklad: 150 ks

© Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018

ISBN 978-80-213-2866-2

PŘEDMLUVA / PREFACE

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

již po devatenácté se setkáváme jako členové týmů pracovišť zabývajících se pěstováním lesů v českých zemích a na Slovensku. Po pěti letech má tu čest být hostitelskou institucí konference „Pěstování lesů ve Střední Evropě (Silviculture in Central Europe)“ Katedra pěstování lesů FLD ČZU v Praze. Jako každý rok bychom chtěli, aby se naše sympozium stalo nejen příležitostí pro setkání s kolegy sdílejícími stejný obor, ale aby bylo i platformou pro předání nejnovějších poznatků z oborů souvisejících s pěstováním lesa, jejichž spektrum má sice podobný základ, ale liší se mezi našimi pracovišti. Stejně tak je naším cílem spojit minulost obhospodařování lesů, krajiny a aktivity lesního hospodářství s nejnovějšími výsledky našeho výzkumu a představit je odborné veřejnosti formou sborníku. Jeho název se v průběhu času ustálil na „Proceedings of Central European Silviculture“ a již po osmé má jednotný formát. To lze považovat za projev dlouhodobého uvažování, které je tolik potřebné nejen při kultivaci lesa, ale i kolegiálních a mezilidských vztahů, byť plody tohoto snažení se často projeví až se značným, třeba i generačním odstupem.

Septěti s minulostí představují mimo jiné vzpomínky na několik výročí, která jsme si také připomněli před pěti lety. Z nich bych znovu uvedl rok 1848, kdy před 170 lety započal Kryštof (Christoph) Liebich na pražském polytechnickém učilišti přednášet lesnické vědy. V podmínkách českých zemí se tedy jednalo o jakýsi počátek systematického lesnického vzdělání na vysokoškolské úrovni.

Před sto lety, koncem roku 1918, respektive v akademickém roce 1918/1919, pak byla zahájena výuka v rámci lesnického oboru na Vysoké škole technické v Praze. Můžeme tak vzpomenout století lesnické vysokoškolské výuky v novém samostatném státě, a to přesto, že pevnou institucionální oporu doznala tato úroveň vzdělávání až v následujících letech a na různých vysokých učeních.

Letošní setkání je pak věnováno i vzpomínce na významnou postavu zemského lesnictví, hraběte Kristiána Vincence Arnošta z Valdštejna. Tato osobnost velmi výrazným způsobem ovlivnila lesnické vzdělávání v českých zemích a přispěla zde k vysoké úrovni lesnictví. Právě podobný přístup k lesnictví, ke vzdělávání lesníků a k lesnímu hospodářství, je třeba si připomínat v současné době, vyznačující se vším jiným, jen ne jasnou koncepcí státní správy sektoru, prostorem pro uplatnění odborného přístupu a možností plnit komplexní funkce lesního hospodářství.

Z velkých problémů českého (a zřejmě i slovenského) lesnictví je možno zmínit několik. Přitom jejich řešení spočívá na možnostech lesnického sektoru jen velmi částečně. K těmto problémům je možno radit v první řadě způsob správy státních lesů a částečně i přístup státní správy k sektoru. To velmi výrazně komplikuje naši schopnost reagovat na současné potřeby, k nimž patří stabilizace lesních porostů, úprava jejich komplexní struktury a využití hospodářského výsledku, alespoň u státního majetku, primárně ke zlepšení stavu lesa. Další kritickou oblastí je řešení, respektive neřešení problematiky nadměrných stavů zvěře, zásadním způsobem limitujících racionální lesnické hospodaření a drasticky snižujících kvalitu produkce. Ale v těchto případech máme poměrně malé možnosti zlepšení stavu.

Společné působení těchto výše uvedených příčin za vydatného přispění extrémně nepříznivého počasí vyústilo v kalamitu historických rozměrů, mající těžiště na severní

Moravě a severozápadním Slovensku. Vývoj je tak překotný, že se již v celých oblastech nedá hovořit o stabilizaci současných lesů, ale výhradně o zakládání nových porostů. Pohled na postižené oblasti je přímo strašidelný, je to kalamita srovnatelná s imisní kalamitou v horách na severozápadě Čech, odehrávající se zhruba před 30–40 lety, případně větrnou katastrofou pod Vysokými Tatrami z podzimu 2004 a překonává vše, na co byli lesníci zvyklí, pohled na obrovské holé plochy je značně depresivní a vyvolává pocity zmaru a zoufalství. Úkolem oboru pěstování lesů bude jednak analyzovat příčiny, proč vývoj doznal tak dramatického spádu, a tato zjištění včlenit do nových principů zakládání a výchovy lesa. Totéž platí o oboru ochrany lesa a o stanovení nových principů, reagujících na měnící se podmínky.

Zkušenosti z těchto oblastí, postižených katastrofickým vývojem, na druhou stranu dokladují, že rozpad stávajících porostů a konec dosavadní podoby lesa není koncem lesa jako takového. Naopak, že vzájemně se podporující úsilí přírody a člověka dokáže – v lesnických časových měřítkách – za relativně nedlouhou dobu opět změnit vzhled krajiny, tentokrát pozitivnějším směrem, tj. k lesu, který sice vypadá jinak než ten předchozí, ale je to les úspěšně plnící ekologické, ale často docela dobře i ekonomické funkce.

Katastrofu je proto třeba chápat jako nový začátek, příležitost k vytvoření nových hodnot, nových přístupů, které by se měly vyvarovat starých chyb, ale na druhou stranu využívat postupy, které se v minulosti osvědčily. Je zřejmé, že hlavní tíha obnovy postižených oblastí bude spočívat na lesnickém provozu. Otevírá se však také mimořádná příležitost pro lesnický výzkum, jehož úkolem bude vyvinout nové metody, jakož i oprášit staré, dnes již pozapomenuté postupy pro efektivní zabezpečení obnovy postižených lesů. Je na nás, jak tuto příležitost využijeme.

Je na společném úsilí lesnického provozu a výzkumu, aby vrátili lesnictví jeho místo ve správě lesa a krajiny.

Výsledky naší práce dlouhodobě dokumentují, že výzkumná pracoviště pěstování lesů jsou schopna rychle a hlavně s předstihem reagovat na potřeby lesního hospodářství a našich lesů. Stejně tak jsou důležité dlouhodobé projekty a experimenty, které jsou zachovány i přes krátkodobý charakter financovaných výzkumných grantů. To dokumentuje schopnost oboru pěstování lesa dlouhodobě zajišťovat potřeby sektoru a včas potřebné informace poskytnout praxi.

Tomu všemu jistě můžeme připojit přání

Lesu zdar!

V Praze 21. srpna 2018

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
SEZNAM RECENZENTŮ / LIST OF REVIEWERS	10
MATJÁŽ ČATER	11
Beech and silver fir's different light response along the latitudinal gradient [<i>Reakce buku a jedle na rozdílnou intenzitu světla podél gradientu zeměpisné šířky</i>]	
ČERNÝ JAKUB, HANINEC PAVEL	21
Index listové plochy bukových porostů středních poloh [<i>Leaf area index of European beech stands at the middle altitudinal zone</i>]	
MICHAL FILÍPEK, STANISLAV KUCBEL, JÁN PITTNER	29
Dynamika štruktúry a drevinového zloženia v prírodnom lese Stužica [<i>Dynamics of structure and species composition in old-growth forest Stužica</i>]	
JOSEF GALLO, MARTIN BALÁŠ, ROSTISLAV LINDA, JAN ČUKOR, IVAN KUNEŠ	39
Iniciální zhodnocení experimentální výsadby s bukovými poloodrostky nové generace na živném a vysýchavém stanovišti v lokalitě Vintířov-Sedlec [<i>Initial evaluation of experimental plantation with new generation semi-saplings of European beech on nutrient-rich site with a tendency to dry-out in Vintířov-Sedlec</i>]	
JIŘÍ KADLEC, KATEŘINA NOVOSADOVÁ, MICHAL MÁCHA, RADEK POKORNÝ	47
Zhodnocení výsadby Paulovnie klon in vitro 112 v České republice [<i>Evaluation of planting of Paulownia clone in vitro 112 in Czech republic</i>]	
MARIANA KÝPEŤOVÁ, PETER JALOVIAK	57
Postavenie prirodzenej obnovy tisa obyčajného v bukových lesoch Slovenska [<i>The Status of Natural Regeneration of Taxus baccata in Slovakian Beech Forests</i>]	
ROSTISLAV LINDA, ZDENĚK VACEK, JAN ČUKOR, STANISLAV VACEK, VÁCLAV ŠIMŮNEK	67
Produkce a zdravotní stav smrkových porostů rostoucích na zalesněné zemědělské půdě ve vztahu k poškození zvěří a změnám klimatu [<i>Production and health status of Norway spruce stands on afforested agricultural land in relation to game damage and climate change</i>]	
ANTONÍN MARTINÍK, MATÚŠ SENDECKÝ	78
Vliv stanovištních podmínek na odrůstání výsadb dřevin pionýrských [<i>Effect of site conditions on the growth of planted pioneer tree species</i>]	
JIŘÍ NOVÁK, DAVID DUŠEK, MARIAN ŠLODIČÁK	87
Možnosti ovlivnění stability smrkových porostů výchovou – dlouhodobý experiment Polom [<i>Possible effect of thinning on stability of spruce stands – long-term experiment Polom</i>]	

RUDOLF PETRÁŠ, JULIAN MECKO, DANICA KRUPOVÁ, MARIÁN SLAMKA	94
Predbežné výsledky výskumu hustoty nadzemnej dendromasy hospodársky významných druhov drevín [<i>Preliminary results of the aboveground biomass density research of tree species with economic importance</i>]	
VILÉM PODRÁZSKÝ, IVO KUPKA, STANISLAV VACEK	102
Variabilita humusových forem v lese prirodzeném v NPR Trčkov [<i>Variability of humus forms in the natural forests in the NPR Trčkov</i>]	
IVAN REPÁČ, MARTIN BELKO	112
Vplyv termínu výsadby a pôdnych kondicionérov na vývin výsadiieb buka lesného a smreka obyčajného v podmienkach kalamitnej plochy v pohorí Javorie po druhom vegetačnom období [<i>Effects of planting time and soil additives on development of European beech and Norway spruce plantations on windthrow area in the Javorie Mts., central Slovakia, after the second growing season</i>]	
IVAN REPÁČ, TOMÁŠ TRGALA	125
Vplyv mykORIZÁCIE rašelinových substrátov v čase výsevu na rast škólkovaných sadeníc smreka obyčajného (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) [<i>Influence of mycorrhization of peat substrates at the time of sowing on the growth of transplanted Norway spruce (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) seedlings in a nursery</i>]	
MILAN SANIGA, DENISA SEDMÁKOVÁ	137
Priestorová štruktúra vybraných bukových pralesov Slovenska [<i>The spatial structure of selected old-growth beech forests in Slovakia</i>]	
IVANA SARVAŠOVÁ, IVAN LUKÁČIK	144
Topole (<i>Populus</i> sp.) – rastová charakteristika výsadiieb autochtónnych druhov v Arborete Borová hora technickej univerzity vo zvolene [<i>Poplars (<i>Populus</i> sp.) – growth characteristic of autochthonous tree species in Arboretum Borová hora Technical University in Zvolen</i>]	
ONDŘEJ SCHÖNFELDER, ALEŠ ZEIDLER, VLASTIMIL BORŮVKA	154
Dopad pěstebních opatření a stanoviště na vybrané vlastnosti dřeva borovice lesní z modelové lokality – abstrakt posteru [<i>Impact of silvicultural measures and site on selected wood properties of Scots pine from model locality – poster abstract</i>]	
JIŘÍ SOUČEK	155
Doba přežívání jehlic na kleči v Krkonoších [<i>Life span of <i>Pinus mugo</i> needles in Krkonoše Mts.</i>]	
FRANTIŠEK ŠACH, VLADIMÍR ČERNOHOUS	161
Vliv druhové skladby a růstové fáze na odtok z lesa podle lesního vegetačního stupně a ročního období [<i>Influence of tree species composition and growing phase on runoff from a forest by altitudinal vegetation zone and annual season</i>]	

ONDŘEJ ŠPULÁK, DUŠAN KACÁLEK, JAN LEUGNER	166
Hydrické poměry na stanovišti chudého boru – založení experimentu a první výsledky [<i>Water conditions at nutrient-poor Scots pine site – experiment establishment and first results</i>]	
IGOR ŠTEFANČÍK.....	174
Porovnanie rastu duba červeného (<i>Quercus rubra</i> L.) a duba zimného (<i>Quercus petraea</i> (Mattusch.) Liebl.) vo vybraných porastoch na Slovensku [<i>Comparison of the growth of Northern red oak (<i>Quercus rubra</i> L.) and durmast oak (<i>Quercus petraea</i> (Mattusch.) Liebl.) in selected stands of Slovakia</i>]	
ANNA TUČEKOVÁ, ELENA TAKÁČOVÁ, MIRIAM MAĽOVÁ, VALÉRIA LONGAUEROVÁ	182
Rekonštrukcie smrečín na Kysuciach s použitím umelej obnovy buka rôznymi technológiami [<i>Reconstruction of Norway spruce forest using various techniques of artificial regeneration of European beech in Kysuce region</i>]	
BARBORA UHERKOVÁ, JAN KADAVÝ, ZDENĚK ADAMEC, ROBERT KNOTT, MICHAL KNEIFL	192
Jakým způsobem ovlivňuje prořezávka a snížené podkorunové srážky vývoj dubo-habrové pařeziny? [<i>How low thinning and reduced throughfall influence the development of oak-hornbeam coppice?</i>]	
ZDENĚK VACEK, STANISLAV VACEK, JAN ČUKOR, ROSTISLAV LINDA, LUKÁŠ BÍLEK, VILÉM PODRÁZSKÝ, JOSEF GALLO	198
Domáci vs. introdukované jehličnaté dřeviny: produkce a biodiverzita porostů na rekultivovaných plochách po těžbě uhlí [<i>Native vs. introduced coniferous tree species: production and biodiversity of forest stands on reclamation sites after coal mining</i>]	
ZDENĚK VACEK, STANISLAV VACEK, JIŘÍ REMEŠ, KAREL MALÍK	207
Dynamika obnovy smrku v horských porostech zasažených kůrovcovou kalamitou v Národním parku Šumava [<i>Dynamics of spruce regeneration in mountain forest stands affected by bark beetle outbreak in Šumava National Park</i>]	
ZDENĚK VACEK, STANISLAV VACEK, KAREL VANČURA, VÁCLAV ŠIMŮNEK, DANIEL BULUŠEK, JANA BLAŽEJOVÁ, OTAKAR SCHWARZ	217
Sekundární sukcese na kalamitních holinách ve smrkových porostech po orkánu Kyrill v Krkonoších [<i>Secondary succession on disturbed areas in spruce forest stands after Kyrill orcane in the Krkonoše Mountains</i>]	
ANNA VÁVRA ČURDOVÁ, KATEŘINA HOUŠKOVÁ, OLDŘICH MAUER	227
Testovanie účinnosti metódy IDS na osive borovice lesnej (<i>Pinus sylvestris</i>) [<i>Testing the use of the IDS method on Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>) seeds</i>]	
PŘÍLOHA – seznam sborníků z přecházejících symposií a citace aktuálního vydání.....	236
[<i>APPENDIX – list of proceedings from previous symposiums and citation of the actual volume</i>]	

SEZNAM RECENZENTŮ / LIST OF REVIEWERS

MARTIN BALÁŠ, KPL FLD ČZU Praha
JAKUB ČERNÝ, VÚLHM VS Opočno
DAVID DUŠEK, VÚLHM VS Opočno
KATEŘINA HOUŠKOVÁ, ÚZPL LDF MENDELU Brno
PETER JALOVIAR, KPL LF TU Zvolen
JAROSLAV JANKOVIČ, NLC LVÚ Zvolen
DUŠAN KACÁLEK, VÚLHM VS Opočno
ROBERT KNOTT, ÚZPL LDF MENDELU Brno
IVAN KUNEŠ, KPL FLD ČZU Praha
ANTONÍN MARTÍŇK, ÚZPL LDF MENDELU Brno
OLDŘICH MAUER, ÚZPL LDF MENDELU Brno
JÁN PITTNER, KPL LF TU Zvolen
VILÉM PODRÁZSKÝ, KPL FLD ČZU Praha
RADEK POKORNÝ, ÚZPL LDF MENDELU Brno
IVAN REPÁČ, KPL LF TU Zvolen
MILAN SANIGA, KPL LF TU Zvolen
DENISA SEDMÁKOVÁ, KPL LF TU Zvolen
MARTIN SLÁVIK, NLC LVÚ Zvolen
ONDŘEJ ŠPULÁK, VÚLHM VS Opočno
IGOR ŠTEFANČÍK, NLC LVÚ Zvolen
ANNA TUČEKOVÁ, NLC LVÚ Zvolen
ZDENĚK VACEK, KPL FLD ČZU Praha

Beech and silver fir's different light response along the latitudinal gradient

Reakce buku a jedle na rozdílnou intenzitu světla podél gradientu zeměpisné šířky

MATJAZ ČATER

Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia, matjaz.cater@gozdis.si
Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

Abstrakt

Jedenáct permanentních ploch bylo založeno v nestejnověkých bukových a jedlových porostech v nadmořských výškách nad 800 m podél Balkánského poloostrova. Během tří let (2011, 2012, 2013) byla na vybraných stromech studována fyziologická (kvantový výtěžek) a morfologická (plagiotropický růst) reakce na intenzitu světla ve třech daných světelných kategoriích. Byly evaluovány rozdíly v této reakci mezi jednotlivými světelnými kategoriemi a mezi obhospodařovaným a pralesním porostem, což umožní předpovědět možnou reakci buku a jedle v budoucnosti.

Meteorologická data ukázala pokles kumulativních srážek bez rozdílů teploty mezi jednotlivými porosty. Žádné rozdíly mezi světelnými kategoriemi nebo plochami nebyly nalezeny ani v množství dusíku v listech.

Buk vykazoval nejvyšší aktivitu v otevřených světelných podmínkách, zatímco jedle v podmínkách zastíněných. Fyziologická odezva (Φ) narůstala směrem k JV a dosahovala maxima ve střední oblasti transektu, zatímco odezva jedle klesala od SV části transektu směrem k JV. Tendence k plagiotropismu klesala u obou druhů od SV k JV, což indikuje že, čím více na jih, tím nižší tolerance k zastínění. Φ v pralesním porostu potvrdila u obou druhů posun ve světelné kategorii okraje lesa k otevřené ploše, a tak vyšší toleranci k zastínění ve srovnání k sousedicím obhospodařovanému porostu. Aplikace tohoto výzkumu jsou dále diskutovány.

Klíčová slova: buk; jedle; nestejnověký porost; lesnictví; gradient zeměpisné šířky

Abstract

On eleven permanent plots, positioned in uneven aged beech and fir forests above 800m along the Balkan's peninsula the physiological (quantum yield) and morphological response (degree of plagiotropic growth) to light intensity was studied in three predefined light categories during three consecutive growing periods (2011, 2012, 2013). Responses were compared between light categories and between managed and old growth reserves to predict possible future responses in beech and fir.

Meteorological data showed decrease of cumulative precipitation, without change in temperature between plots. Foliar nitrogen amount also confirmed no significant differences between studied categories and plots. Beech was most efficient in the open area light conditions, while fir under shelter. Physiological response (Φ) for beech increased towards SE and reached its maximal values in the middle of studied transect, while fir's response decreased from the NE part of the

transect towards SE. Tendency to plagiotropism decreased from NE to SE in both species, indicating less shade tolerance by approaching towards southern sites. Φ in old growth reserves confirmed shift in category of forest edge towards open light for both beech and fir, and better shade tolerance than neighbouring managed forests. Silvicultural implications are discussed.

Keywords: beech; silver fir; uneven aged forests; silviculture; latitudinal gradient; response

INTRODUCTION

Climate is one of the most important drivers of adaptation in forest tree populations (BROUSSEAU et al. 2016). European forests are facing threats from rapid GCC with increasing frequency and intensity of summer drought, while considerable uncertainties exist about plants potential to respond to future warming and declining moisture availability (PARRY 2007). Drought is the main limiting factor for tree growth in the Mediterranean Basin (SPECHT 1981), where extreme events are expected to increase (MEEHL, TEBALDI 2004). Changes may lead to higher soil moisture deficits during growing periods; changes in forest productivity (BOISVENUE, RUNNING 2006) and species distribution are likely to be expected (BENITO et al. 2010). In northern and western Europe, the increasing atmospheric CO₂ content and warmer temperatures are expected to result in favourable effects on forest growth and wood production. Increasing drought and disturbance risks are likely to outweigh positive trends in the Mediterranean regions, where productivity is expected to decline due to strongly increased droughts and fire risks (LINDNER et al. 2010).

Studies of tree response along the latitudinal gradient have been performed in boreal zones (HUANG et al. 2010; LLOYD et al. 2011), in eastern part of the Iberian Peninsula on Black Pine (BENITO et al. 2010) and across southern distribution limits in Spain, Italy and Romania on Silver fir (GAZOL et al. 2015). The dependency of tree growth on precipitation has increased during the last century and drought has experienced an upward shift after 1950's. The latitudinal progression of the radial growth decline and proportion of positive trenders strongly support the rapid northward advance of Mediterranean climate caused by GCC and its effect on tree ecology and growth (GAZOL et al. 2015).

Recent studies suggest a different response of silver fir along its distribution range (DIACI et al. 2011). Its disappearance from warmer and drier areas has been observed in Slovenia, especially in fragmented forests and at the limit of its distribution (FICKO et al. 2011). Negative impact of a warming climate has been observed in Southwestern Europe (GAZOL et al. 2015), particularly in the Mediterranean region where silver fir decline is related to an increase in aridity (ČAVLOVIĆ et al. 2015). Extreme weather events and an increase in average temperature will influence the demography of silver fir, where a shift in fir distribution toward higher elevations and northwards is expected (TINNER et al. 2014; BÜNTGEN et al. 2014).

On the Balkan Peninsula, with different and well expressed ecological factors intertwining on relatively short geographical 1000km distance (BOHN et al. 2004), the studied tree response from the southern, warmer and dryer sites could serve as a probable future prediction for the same species on currently less extreme, northern sites.

Our aim was to compare physiological and morphological responses of beech and fir along the defined geographical gradient (1) and to evaluate differences in same light categories of both species between managed and old growth reserves (2).

MATERIAL AND METHODS

In one of the largest mountain regions in Europe, the studied mountain chain extends from the southern edge of the Eastern Alps in Slovenia to the mountain massif in Macedonia and is bounded by the Adriatic Sea along its western border and the Pannonian Basin toward the east (GAMS 1969) (Fig. 1). Forest structure and composition in the region is strongly influenced by the interaction of the mountain relief, karst terrain, soils, and climatic gradient. Mountain forests above 800m in elevation include beech dominated forests and mixed uneven aged forests dominated by varying amounts of beech, fir, and occasionally spruce. Eleven permanent plots were established in the optimally developed managed beech and fir adult forest stands, distributed from Slovenia to Macedonia. Among selected locations three (plots No. 3, 7 and 8) belong to old growth reserves (Fig.1), all positioned above 800m.

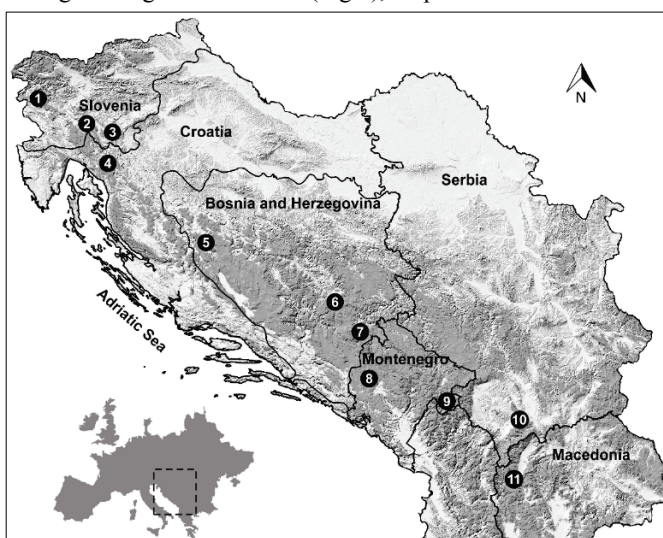


Fig. 1: Research area and the location of plots. Elevations above 800m are darker.

Tab. 1: Research plot characteristics; meteorological data was obtained from the Royal Netherlands Meteorological Institute 'Climate Explorer' (<http://climexp.knmi.nl>) for the last 1985–2015 period including total annual and April-September growing period. Shaded are old growth reserves.

Plot No.	Altitude ASL [m]	Latit. Deg [°N]	Long. Deg [°E]	Plot No.	Altitude ASL [m]	Latit. Deg [°N]	Long. Deg [°E]
1	814	45° 59'	13° 45'	7	1313	43° 19'	18° 43'
2	807	45° 41'	14° 28'	8	1408	42° 59'	18° 39'
3	871	45° 40'	15° 00'	9	1402	42° 33'	19° 55'
4	1190	45° 16'	14° 48'	10	1410	42° 15'	20° 53'
5	928	44° 18'	16° 19'	11	1315	41° 42'	20° 44'
6	1204	43° 44'	18° 16'				

On every plot three categories of different light intensities were defined under closed canopy with Indirect Site Factor (ISF) < 15%, at the forest edge (15% < ISF < 25%) and in the open ISF > 25% (ČÁTER, LEVANIČ 2013). Assimilation response was measured in saplings of fir and beech in June and July during three consecutive growing seasons (2011, 2012 and 2013). Age of the trees varied between 5–12 years. In every category and site at least 8–10 trees were measured.

- Leaves and needles were sampled in the upper crown position of minimal eight trees per light category and location, then cool-stored in airtight conditions. Same trees were used for the assimilation response measurements. Nitrogen concentration (N_{tot}) [$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$] was determined to compare macronutrient status (Leco CNS-2000 analyser) (LAMBERS et al. 1998) for open-, forest edge- and closed canopy-category below mature trees (ČÁTER, DIACI 2017).
- The assimilation of beech and fir was measured on randomly distributed saplings along same light categories along three relative diffuse light (ISF) categories on at least eight young trees of the same height, unobstructed by their neighbours were randomly chosen for light saturation measurements, performed during three sequential growing seasons (2011, 2012 and 2013) (*sensu* ČÁTER, DIACI 2017). The characteristic points of maximal quantum yield (Φ), defined as the maximal amount of fixed CO_2 per amount of absorbed light quanta (LAMBERS et al. 1998), were established for each light category, species and plot, as described in ČÁTER et al. (2014).
- To evaluate the morphological response of beech the quotient between the length (l) and height of trees (h) was used, which increased in the case of plagiotropic growth. A wider threshold value of $l/h \geq 1.1$ (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%); a threshold $2d/h \geq 1.15$ (115%) was used accordingly (ČÁTER, LEVANIČ 2013, ČÁTER, POKORNÝ 2016). The limiting value of light – the deflection point (DP) was defined after measurements of the ratio after three consequential vegetation periods (2011, 2012 and 2013), assessed by comparison of data into an exponential-decay-3 parameter curve (1),

$$Y = A + B \cdot \exp(-C \cdot x) \quad (1)$$

- Data of mean temperatures (deg C) and total monthly precipitation were interpolated for the 0.5° grids including each sampled stand and corresponding to the CRU TS 3.1 dataset (HARRIS ET AL. 2014). Data were obtained from the Royal Netherlands Meteorological Institute ‘Climate Explorer’ web page (<http://climexp.knmi.nl>) for the last 30-year average period (1985–2015).
- Differences between same year (2011, 2012 and 2013) for the LMA, N_{tot} , A_{max} and Φ were tested with the two-way ANOVA with species (beech and fir) and light (open, edge, canopy) as a dependent variable. Analyses of variance (ANOVA) and HSD Tuckey post hoc test was used after testing data to meet conditions of normality with Statistica data analysis software system (2011).

RESULTS

The temperature in the southern part is higher and the precipitation is lower. Climatic condition for the last 30-year period indicate homogenous average temperature range on all studied plots within 12–14 °C range and a significant decrease of annual amount of precipitation towards SE – from plot No. 1 to plot No. 11 (Fig. 2).

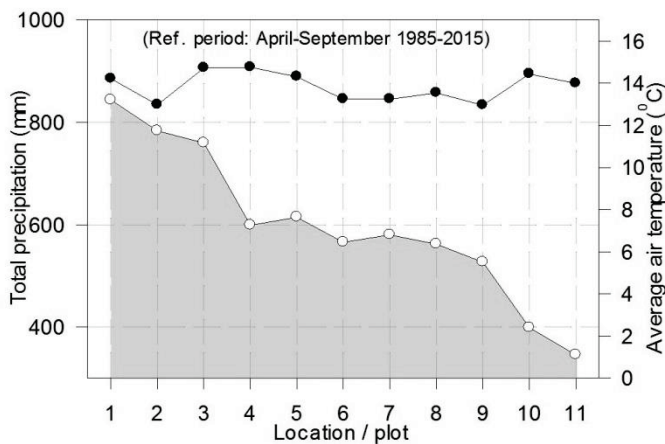


Fig. 2: Average air temperature and total precipitation within April–September (1985–2015) growing period on studied plots.

The foliar nitrogen amount (N_{tot}) for beech and fir was highest in the open and lowest under canopy conditions on all plots, but without confirmed differences between same light categories. The content was within optimal threshold values (GRASSI, BAGNARESI 2001).

Assimilation (A_{max}) and quantum yield (Φ)

For both species no difference was confirmed in A_{max} and Φ between 2011–2012, 2012–2013 and 2011–2013. Increase in A_{max} in all light categories from the NW to the SE was confirmed for both species. Φ for beech increased from the NW, reached peak in the middle of the studied transect and then decreased towards SE, while maximal Φ values for fir were observed in the NW part, followed by the evident decrease in all light categories towards the south (Fig. 3).

Differences in A_{max} and Φ between light categories were significantly different for both beech and fir (Tab. 3).

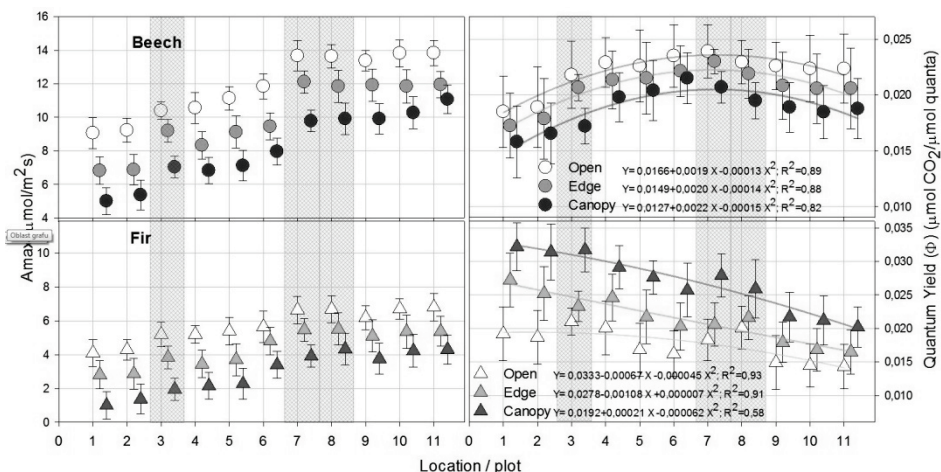


Fig. 3: Assimilation – A_{\max} (left) and Quantum yield – Φ (right) in three light categories for beech and fir on all studied plots. Shaded are the old growth reserves. Bars are standard errors of means.

Tab. 3: Results of ANOVA for A_{\max} and Φ for beech and fir under canopy, edge and open light conditions. Probability values of $P < 0.05$ (*), $P < 0.01$ (**) and $P < 0.001$ (***) were considered significant.

Trait	Df 1; 2		Species		Df 1; 2		Shading		Df 1; 2		Species × Shading	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
A_{\max}	1; 522	1454.27	2e-16***		2; 522	1352.31	2e-16***		2; 522	89.53	2e-16***	
Φ	1; 522	73.0	2e-16***		2; 522	231.0	2e-16***		2; 522	775.4	2e-16***	

- Maximal efficiency (Φ) for beech was observed in open light category; for fir in the category of maximal shelter.
- Responses in old growth reserves and the neighbouring managed forests were in all cases significantly higher in old growth reserves.
- Emphasized shift of response of Φ in edge category towards the open category in all old growth reserves for both beech and fir compared to managed forests was observed.
- Relation between Φ and temperature was more pronounced for fir than for beech.

Morphology

Plagiotropic growth on all plots was triggered below 17% ISF. In terms of dispersion of l/h for beech and 2d/h for fir, the ratio in old growth reserves were smaller compared to the neighbouring managed sites.

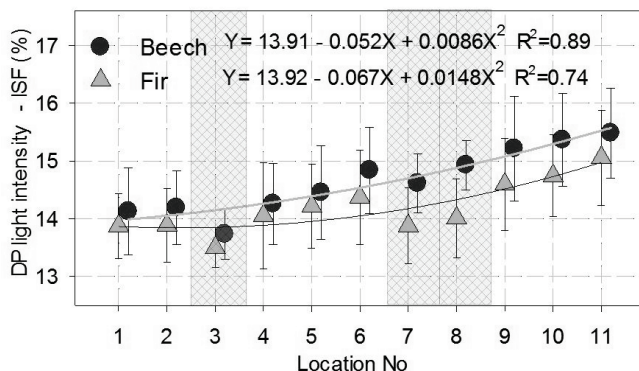


Fig. 4: Light intensity at the deflection point (DP). Evident is the increase of triggering light intensity (decrease in shade tolerance) from NW towards SE (from plot No. 1 towards plot No. 11). Shaded parts represent old growth reserves, bars are standard errors of mean.

Tab. 5: Plagiotropic response (dependent) and light intensity ISF (%) (independent variable) for beech and fir: determination coefficients (R^2), deflection points (DP) expressed in ISF (%) and exponential curve parameters ($Y = A + B \cdot \exp^{(C \cdot X)}$) for each site ($n = 72$). Shaded lines No 3, 7 and 8 represent plots with old growth reserves.

Plot No.	Beech					Fir				
	DP	A	B	C	R^2	DP	A	B	C	R^2
1	13.9	104.4	1 968	0.440	0.79	14.1	105.1	387	0.259	0.78
2	13.9	103.1	827	0.346	0.82	14.2	104.9	385	0.258	0.76
3	13.5	103.2	962	0.371	0.87	13.7	104.1	419	0.268	0.80
4	14.1	103.1	609	0.319	0.82	14.3	105.6	690	0.301	0.79
5	14.2	103.3	873	0.345	0.81	14.5	105.6	606	0.289	0.72
6	14.4	102.0	4 016	0.435	0.85	14.8	105.5	1 567	0.346	0.88
7	13.9	102.7	5 202	0.475	0.86	14.6	105.2	318	0.238	0.72
8	14.5	102.3	2 647	0.405	0.84	14.9	104.7	344	0.236	0.80
9	14.6	104.1	592	0.316	0.83	15.2	104.3	327	0.225	0.76
10	14.9	104.9	693	0.329	0.78	15.9	1 025.0	555	0.238	0.73
11	15.8	104.8	3 867	0.419	0.89	16.5	102.9	870	0.259	0.80

Stronger relation between the morphological response (DP) and the temperature on the whole gradient was confirmed for the growing period ($R^2_{\text{beech}} = 0.36$; $R^2_{\text{fir}} = 0.26$) than for the entire year ($R^2_{\text{beech}} = 0.25$; $R^2_{\text{fir}} = 0.12$), respectively.

DISCUSSION AND CONCLUSION

According to selection criteria of our studied fir-beech forests, no significant relation was confirmed between measured parameters with the temperature. More pronounced relation has been confirmed with precipitation for fir. We relate comparable amount of nitrogen content in leaves on all plots with similar temperature and site conditions. Elevations of studied plots above 800m showed constant average and relatively narrow temperature belt without expressed change in temperature along the geographical gradient. We believe this is the reason for statistically insignificant relation between studied parameters and temperature or surface solar radiation either during the entire year or during the growing period, respectively.

Quantum yield was for beech maximal in middle part of the range (Bosnia and Herzegovina), while for fir in the NE of the transect, in Slovenia. It is not clear what caused shift of Φ in the edge light category in the old growth reserves towards the open category uniformly for both beech and fir, as leaf nitrogen values were comparable between sites and in optimal range on all plots. Perhaps competition for light is different and more pronounced in old growth reserves compared to managed forests, where larger proportion of forest edge category is artificially created (ČATER, KOBLER 2017). In old growth reserves gaps are created after disturbances and represent the opportunity for overgrowing among present tree species.

Decrease of shade tolerance along the geographical gradient towards SE in both beech and fir is in accordance with MARINŠEK et al. (2012), who confirmed a significant increase in ecological indicator values (EIV), especially for light and decrease in EIV for moisture and nutrients towards the SE. The plagiotropic growth responses of trees to different light intensities in our study were non-linear (Tab. 5); the ratio between canopy density (ISF%) and plagiotropic shape increased exponentially after the light dropped below 13.9% on the most NE plot and below 15.8% on most SE plot.

Well preserved condition of studied beech-fir forests is in tight relation with their low management intensity in the past. Their even aged structure above 700m is similar to the structure of old growth reserves (ČATER, KOBLER 2017), where elevation represents the key factor controlling the microclimate in temperate mountain forest stands.

Uneven-aged silviculture refers to a range of silvicultural systems that include single and group selection, irregular shelterwood, and freestyle systems, with a liberal selection of felling regimes, also called close-to-nature silviculture (SCHÜTZ et al. 2016). It employs relatively low intensity and small-scale felling regimes to mimic natural forest composition, structures, and natural disturbances on the lower end of the disturbance severity gradient at stand scales (SCHÜTZ 2002; DIACI et al. 2017). Forest stands managed in such way generally create stands with small-scale heterogeneous structure and are thought to be both resistant and resilient to disturbance (SCHÜTZ 2001; O'HARA, RAMAGE 2013). Disadvantages of uneven-aged forestry include the reliance on shade tolerant species, which can be hampered by the climatic conditions of open areas created by disturbances.

Our findings add evidences of tree response divergence in the Mediterranean basin and show the gradual transition between forests where positive (temperate) and negative (Mediterranean) growth trends dominate.

LITERATURE

- BENITO D.M., RIO M., CANELLAS I. (2010): Black pine (*Pinus nigra* Arn.) growth divergence along a latitudinal gradient in Western Mediterranean mountains. *Annals of Forest Science*, 67: 401–410.
- BOISVENUE, C., RUNNING, S.W. (2006): Impacts of climate change on natural forest productivity – Evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, 12: 1–21.
- BOHN U., NEUHÄUSL R., GOLLUB G., HETTWER C., NEUHÄUSLOVÁ Z., RAUS T.H., SCHLÜTER H., WEBER H. (2004): Karte der natürlichen vegetation Europas/map of the natural vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1: 2 500 000. Münster, DE.
- BROUSSEAU L., POSTOLACHE D., LASCoux M., DROUZAS A.D., KÄLLMAN T., LEONARDUZZI C., LIEPELT S., PIOTTI A., POPESCU F., ROSCHANSKI A.M., ZHELEV P., FADY B., VENDRAMIN

- G.G. (2016): Local Adaptation in European Firs Assessed through Extensive Sampling across Altitudinal Gradients in Southern Europe. PLoS ONE, 11(7): e0158216. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158216>
- BÜNTGEN U., TEGEL W., KAPLAN J.O., SCHAUB M., HAGEDORN F., BÜRGI M., BRÁZDIL R., HELLE G., CARRER M., HEUSSNER K.U. et al. (2014): Placing unprecedented recent fir growth in a European-wide and Holocene long context. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12: 100–106.
- ČÁTER 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: 128–135.
- ČÁTER M., DIACI J., ROŽENBERGAR D. (2014): Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325: 278–288.
- ČÁTER M., POKORNÝ R. (2016): Beech and silver response varies between managed and old growth forests in: Kacálek D. et al. (eds.): *Proceedings of Central European silviculture*, Vol. 6 – Funkce lesa v měnicích se podmínkách prostředí. Sborník vědeckých prací, Dobruška, 30.–31. 8. 2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Strnady – Výzkumná stanice Opočno, ISBN 978-80-7447-112-3, s. 123–130.
- ČÁTER M., KOBLER A. (2017): Light response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different categories of forest edge – vertical abundance in two silvicultural systems. *Forest Ecology and Management*, 391: 417–426.
- ČÁTER M., DIACI J. (2017): Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance. *Forest Ecology and Management*, 399: 206–212.
- ČAVLOVIĆ J., BONČINA A., BOŽIĆ M., GORŠIĆ E., SIMONČIČ T., TESLAK K. (2015): Depression and growth recovery of silver fir in uneven-aged Dinaric forests in Croatia from 1901 to 2001. *Forestry*, 88: 586–598.
- DIACI J., ROŽENBERGAR D., ANIĆ I., MIKAC S., SANIGA M., KUCIBEL S., VIŠNJIĆ C., BALLIAN D. (2011): Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry*, 84: 5: 479–491.
- FICKO A., POLJANEC A., BONČINA A. (2011): Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (*Abies alba* Mill.) indicate its decline? *Forest Ecology and Management*, 261: 844–854.
- GAMS I. (1969): Some morphological characteristics of the Dinaric Karst. *Geographical Journal*, 135: 536–572.
- GAZOL A., CAMARERO J.J., GUTIERREZ E., ANDREU-HAYLES L., MOTTA R., NOLA P., POPA I., MONTSERRAT RIBAS M., SANGUESA-BARREDA G., URBINATI C., CARRER M. (2015): Distinct effects of climate warming on populations of silver fir (*Abies alba*) across Europe. *Journal of Biogeography*, 42: 6: 1150–1162.
- GRASSI G., BAGNARESI U. (2001): Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. *Tree Physiology*, 21: 959–967.
- HARRIS I., JONES P.D., OSBORN T.J., LISTER D.H. (2014): Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset. *International Journal of Climatology*, 34: 3: 623–642.

- HUANG J., TARDIFW J.C., BERGERON Y., DENNELER B., BERNINGER F., GIRARDIN M.P. (2010): Radial growth response of four dominant boreal tree species to climate along a latitudinal gradient in the eastern Canadian boreal forest. *Global Change Biology*, 16: 2: 711–731.
- LAMBERS H., CHAPIN F.S., PONS T.L. (1998): *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York, 605 s., eISSN 978-0-387-78341-3.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., LEXER M.J., MARCHETTI M. (2010): Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698–709.
- LLOYD A.H., BUNN A., BERNER L. (2011): A latitudinal gradient in tree growth response to climate warming in the Siberian taiga. *Global Change Biology*, 17: 5: 1935–1945.
- MARINŠEK A., ŠILC U., ČARNI A. (2013): Geographical and ecological differentiation of *Fagus* forest vegetation in SE Europe. *Applied Vegetation Science*, 16: 1: 131–147.
- MEEHL G.A., TEBALDI C. (2004): More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305: 994–997.
- O'HARA K.L., RAMAGE B.S. (2013): Silviculture in an uncertain world: Utilizing multi-aged management systems to integrate disturbance. *Forestry*, 86: 401–410.
- PARRY M.L. (2007): *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.
- SCHÜTZ J.P., SANIGA M., DIACI J., VRŠKA T. (2016): Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: Lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science*, 73: 4: 911–921.
- SCHÜTZ J-P. (2002): Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry*, 75: 329–337.
- SCHÜTZ, J.P. (2001): *Der Plenterwald und Weitere Formen Strukturierter und Gemischter Wälder*. Parey: Berlin, Germany, 207 s., ISBN 978-3800145584.
- SPECHT R.L. (1981): Primary production in Mediterranean climate ecosystems regenerating after fire. In: Di Castri F. et al. (eds.): *Ecosystems of the world*, Vol. 11 – Mediterranean-type shrublands. Elsevier, Amsterdam, s. 257–267.
- TINNER W., COLOMBAROLI D., HEIRI O., HENNE P.D., STEINACHER M., UNTENECKER J., VESCOVI E., ALLEN J.R.M., CARRARO G., CONEDERA M. et al. (2013): The past ecology of *Abies alba* provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming. *Ecological Monographs*, 83: 4: 419–439.

Acknowledgement

The author acknowledges the financial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P4-0107 Program research group “Forest Biology, Ecology and Technology” at the Slovenian Forestry Institute. Author expresses his sincere gratitude to R. Krajnc, and dr. S. Poljanšek for their help in field and to dr. Eva Dařenova for translations into Czech language. Special thanks are due to dr. Nenad Potočić, dipl. ing. Davorin Mioć, prof. dr. Dalibor Ballian, dipl. ing. Osman Mujezinović, dipl. ing. Zoran Čančar, Goran Damjanović, Ratko Orbović, Nezmir Pupović, dipl. ing. Nail Kryeziu and prof. dr. Mitko Karadelev. No human, animals or plants were harmed during this study.

Index listové plochy bukových porostů středních poloh

Leaf area index of European beech stands at the middle altitudinal zone

ČERNÝ JAKUB*^{1,2}, HANINEC PAVEL^{2,3}

¹Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, Opočno 517 73, Česká republika, *cerny@vulhmop.cz

²Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00, Česká republika

³Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00, Česká republika

Abstract

European beech (Fagus sylvatica L.) is one of the most ecologically and economically important forest tree species in Central European region and precise leaf area index (LAI) estimation is essential due to many of the biological and physiological processes, including canopy interception, respiration, transpiration, and photosynthetic assimilation process. LAI was estimated by litter traps (direct method) and LAI-2000 PCA (indirect optical method) in three investigated beech stands. The direct one was deemed as reference measurement. Indirect method underestimated direct one in all cases, however not at statistical significant level ($p > 0.05$). An average indirect one underestimation reached 15%. Tested indirect optical method (LAI-2000 PCA) could be used for stand LAI estimation in temperate beech stands with similar site and stand characteristics after calibration by direct reference method for attaining demanded accuracy.

Keywords: leaf area index, litter trap, LAI-2000 PCA, European beech

Abstrakt

Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) je jednou z ekologicky a ekonomicky nejvýznamnějších dřevin ve střední Evropě a přesné stanovení indexu listové plochy (LAI) v bukových porostech je zásadní s ohledem na mnoho biologických a fyziologických procesů zahrnujících intercepci, respiraci, transpiraci a proces fotosyntetické asimilace. Ve třech prošetřovaných bukových porostech byl LAI stanoven opadoměry (přímá metoda) a LAI-2000 PCA (nepřímá optická metoda). Přímá metoda byla v této studii považována jako referenční. Ve všech případech nepřímá metoda podhodnocovala přímé referenční měření, ovšem ne na statisticky významné úrovni ($p > 0,05$). Průměrné podhodnocení nepřímé metody bylo 15 %. Testovaná nepřímá optická metoda (LAI-2000 PCA) může být použita pro stanovení porostního LAI v bukových porostech mírného pásma podobných stanovištních a porostních charakteristik po kalibraci přímou metodou pro dosažení požadované přesnosti.

Klíčová slova: index listové plochy, opadoměr, LAI-2000 PCA, buk lesní

ÚVOD

LAI je významným ukazatelem ve studiích suchozemských rostlinných společenstev vzhledem k tomu, že je důležitým ukazatelem výměny uhlíku, vody a energie na úrovni porostu (NORMAN 1992), krajiny (RUNNING et al. 1989) i v globálním měřítku (WITTWER 1983; BOTKIN 1986). Tento parametr je definován jako polovina celkové listové plochy na jednotku plochy povrchu půdy (LANG et al. 1991; CHEN, BLACK 1992). LAI je tedy bezrozměrná proměnná, ovšem lze ji vyjádřit například jako $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ (ZHENG, MOSKAL 2009; DUVEILLER et al. 2011).

Existuje několik technik pro stanovení LAI. Přímé metody zahrnují destrukce, opadoměry a/nebo alometrické vztahy (ERIKSSON et al. 2005; MAJASALMI et al. 2012). Metoda opadoměrů s předem známou záchytnou plochou je principiálně založena na ustanovení vztahu mezi plochou a hmotností sušiny opadoměrů zachycených listů, která je nazývána specifická listová plocha nebo SLA ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$; CHASON et al. 1991; FASSNACHT et al. 1997; LIU et al. 1997). Uvedená metoda předpokládá, že obsah opadoměrů reprezentuje průměrné množství listů opadlých v daném porostu (ERIKSSON et al. 2005). Tyto metody jsou ovšem velmi pracné, časově náročné a špatně uplatnitelné v širším prostorovém měřítku (JONCKHEERE et al. 2005; MAJASALMI et al. 2012). Z tohoto důvodu se nepřímé optické metody (LAI-2000 PCA, DEMON, hemisférické fotografie, Ceptometr; CHEN et al. 1997), které jsou založeny na velmi silné korelaci mezi LAI a poměrem porostních mezer v rámci zápoje (canopy gap fraction), nebo zeslabování procházející fotosynteticky aktivní radiace (transmittance), stávají velice populární volbou (WELLES 1990). Přístroj LAI-2000 PCA v sobě zahrnuje tento uvedený přístup a byl použit v prezentované studii (LI-COR 1992). Senzory LAI-2000 PCA mohou stanovit canopy gap fraction souběžně v několika různých zenitálních úhlech (KÜBNER, MOSANDL 2000; THIMONIER et al. 2010) ve vlnových délkách fotosynteticky aktivního záření v modré části spektra ($<490 \text{ nm}$; LI-COR 1992; POKORNÝ, MAREK 2000; MASON et al. 2012).

Cílem prezentované studie bylo: (1) stanovení LAI ve vybraných bukových porostech pomocí přímé referenční metody (opadoměry), (2) hodnocení množství neseného asimilačního aparátu v prošetřovaných bučinách nepřímou metodou přístrojem LAI-2000 PCA a (3) porovnání obou použitých metod stanovení LAI.

MATERIÁL A METODIKA

Popis stanoviště

Měření byla provedena ve dvou čistých bukových porostech Rudice a Jedovnice (N49°19', E16°43') na majetku Školního lesního podniku Masarykův les (ŠLP ML) Křtiny a v jedné bukové monokultuře v Rájci-Němčice (N49°26', E16°42') v PLO 39 – Dražanská vrchovina. Všechny tři plochy se nacházejí v nadmořské výšce 450–600 m n. m. Geologickým podložím je granodiorit, na němž se vyvinul půdní typ kambizem (MENŠÍK et al. 2009; GIAGLI et al. 2015). Průměrné roční teploty a roční úhrn srážek byly 7,9 °C a 596 mm na ŠLP ML Křtiny (MENŠÍK et al. 2009) a 7,0 °C a 592 mm v Rájci (GIAGLI et al. 2015). Fytcenologické vymezení stanovišť bylo charakterizováno dle VIEWEGHA et al. (2003) jako vápencová bučina (4W1) u plochy Rudice, bohatá dubová bučina mařinková (3B2) na ploše Jedovnice a jako svěží jedlová bučina šřavelová (5S1) v Rájci.

Na každém vybraném stanovišti byla zaměřena a stabilizována čtvercová plocha (20 × 20 m), která byla na konci vegetační sezóny 2013 inventarizována technologií Field-Map® (IFER, ČR). Dendrometrické a strukturní charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Dendrometrické charakteristiky (průměr ± SD) prošetřovaných ploch na konci vegetační sezóny 2013. A – Rudice, B – Jedovnice, C – Rájec. DBH – výčetní tloušťka kmene; H – výška stromu; G_{1,3} – výčetní kruhová základna; BK – buk lesní.

Tab. 1: Dendrometric characteristics (mean ± SD) of investigated stands at the end of growing season 2013. A – Rudice, B – Jedovnice, C – Rájec. DBH – the stem diameter at the breast height; BA_{1,3} – the basal area at the breast height; BK – European beech.

Plocha plot	Věk [rok] age [year]	Hustota porostu [strom·ha ⁻¹] stand density [tree·ha ⁻¹]	DBH [cm]	H [m]	G _{1,3} BA _{1,3} [m ² ·ha ⁻¹]	Zastoupení dřevin tree composition [%]
A	19	2 700	7,0 ± 1,3	6,0 ± 1,3	10,4 ± 0,01	BK (100)
B	77	900	24,1 ± 4,1	22,6 ± 11,3	40,9 ± 0,10	BK (100)
C	46	2 300	13,4 ± 5,7	18,3 ± 4,6	38,8 ± 0,01	BK (100)

Měření LAI

LAI byl stanoven použitím dvou různých metod (přímé – opadoměry, nepřímé – LAI-2000 PCA). Přímá metoda (opadoměry) byla použita jako referenční, s níž byla porovnávána metoda nepřímá (např. DUFRÈNE, BRÉDA 1995). Protože přesnost přímé metody závisí na počtu opadoměrů, jejich rozmístění pod porostním zápojem, rychlosti a směru větru, bylo v každém prošetřovaném porostu umístěno 15 opadoměrů se záchytnou plochou 0,25 m² (CUTINI et al. 1998), které byly náhodně rozmístěny po ploše (MC SHANE et al. 1983) ve výšce 1 m nad zemí (CUTINI et al. 1998). Přímá metoda byla využita každých 14 dní od poloviny září, což je okamžik, kdy začalo žloutnout 10 % listů (URBAN et al. 2014), a také s ohledem na ztrátu listů větrem a jejich dekompozici. Pro každou plochu byl z uvedených opadoměrů vylišen opad listů od ostatních komponentů (ČERMÁK 1998) a poté byl sušen po dobu 48 hodin při teplotě 60 °C (GARNIER et al. 2001; VILE et al. 2005; HOMOLOVÁ et al. 2013). K stanovení porostního LAI byla celková sušina shromážděných listů opadoměry vynásobena průměrným SLA (čerstvá listová plocha ku hmotnosti sušiny). SLA bylo stanoveno z podvorku (čítajícím 100 náhodně vybraných listů z opadoměrů), který byl reprezentativní pro každou plochu a každý odběr. Plocha listů byla stanovena pomocí skeneru se skenovací plochou 297 × 420 mm a zjištění hmotnosti jejich sušiny bylo provedeno po jejich sušení (60 °C po dobu 48 h, viz výše). Přesná plocha jednotlivých listů byla stanovena softwarem ImageJ® (Wayne Rusband, USA).

LAI byl nepřímo stanoven přístrojem LAI-2000 PCA (LI-COR®, USA) na 27 měřicích bodech umístěných v transektech (MAJASALMI et al. 2012). LAI byl měřen každý měsíc stejným přístrojem po celou vegetační sezónu 2013 vždy za bezvětřných podmínek a během difuzního záření (ČATER et al. 2013). Podrobný popis metodiky stanovení LAI je uveden v ČERNÝ et al. (2018). Protože je LAI ovlivněn přítomností kmenů (tzv. stem area index, SAI) a větví (tzv. branch area index, BAI), bylo první a poslední měření vykonáno pro stanovení indexu plochy dřevních elementů (tzv. woody area index, WAI; WAI = SAI + BAI) před rašením a po kompletním opadu listů (CHASON et al. 1991). Skutečná hodnota LAI byla získána odečtením průměrného WAI od indexu plochy rostliny (PAI; LAI = PAI – WAI). Surová data byla hodnocena v softwaru FV2200 (LI-COR®, USA).

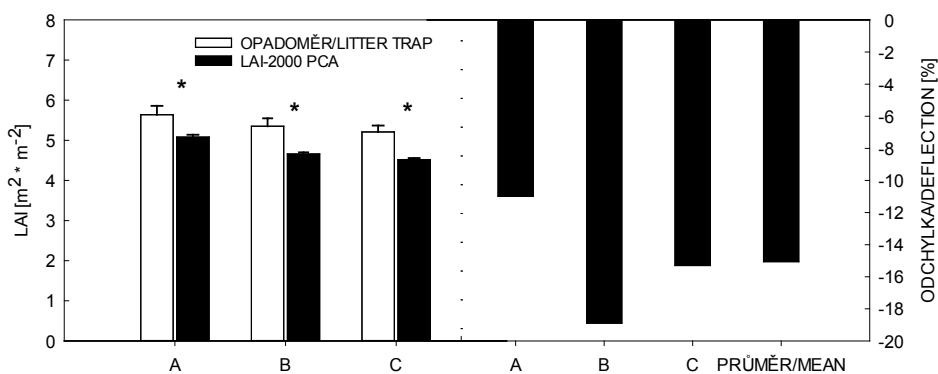
Analýza dat

Veškeré statistické analýzy získaných datových souborů byly provedeny v programech STATISTICA®, verze 10.0 (StatSoft Inc., USA) a SigmaPlot®, verze 13.0 (Systat Software Inc., USA).

VÝSLEDKY

Průměrný WAI měřený před rašením a po kompletním opadu listů dosahoval hodnot 0,26; 0,99 a 1,33 na plochách A, B a C. Uvedené hodnoty byly odečteny od PAI z důvodu dosažení přesného LAI (viz kap. 2.2.). Průměrný LAI všech prošetřovaných ploch během vegetační sezóny v roce 2013 je zobrazen v Obr. 1. Hodnoty LAI stanovené opadoměry (přímou metodou) byly na všech hodnocených plochách mírně vyšší než hodnoty LAI měřené přístrojem LAI-2000 PCA. Rozdíly mezi uvedenými hodnotami ovšem byly neprůkazné na hladině statistické významnosti 95 % ($p > 0,05$; Obr. 1, vlevo).

Procentuální odchylky v podhodnocení a/nebo nadhodnocení LAI stanoveného přístrojem LAI-2000 PCA oproti referenčnímu měření (opadoměry) jsou prezentovány v Obr. 1 (vpravo). Ve všech prošetřovaných bukových porostech bylo zjištěno podhodnocení nepřímé optické metody. LAI-2000 PCA podhodnotil hodnotu LAI stanovenou opadoměry na ploše A o 11 %, na ploše B o 19 % a na ploše C o 15 %. Průměrná odchylka nepřímé metody oproti referenční metodě byla tedy 15 % (Obr. 1, vlevo).



Obr. 1: Porovnání průměrných sezónních hodnot LAI se směrodatnými odchylkami stanovených přímou (opadoměry) a nepřímou optickou metodou (LAI-2000 PCA) ve vybraných bukových porostech (vlevo). Procentuální odchylky nepřímé metody od přímého stanovení LAI (vpravo). LAI – index listové plochy; A – Rudice; B – Jedovnice; C – Rájec; (*) – $p > 0,05$.

Fig. 1: Mean seasonal LAI values comparison estimated by direct method (litter traps) and indirect optical one (LAI-2000 PCA) in selected beech stands (on the left). Percentage deviations of indirect one from directly estimated LAI (on the right). LAI – leaf area index, A – Rudice; B – Jedovnice; C – Rájec; $p > 0,05$. Whiskers signify standard deviations.

DISKUZE

Hodnoty LAI stanovené přímou metodou se ve vybraných čistých bukových porostech vyskytovaly v intervalu od 5,2 do 5,6. GLATTHORN et al. (2017) uvedli LAI stanovené opadoměry v rozmezí od 7,7 do 8,5 v hospodářských bukových porostech i v bukových

pralesích horských poloh. Takto vysoké hodnoty LAI nalezené nejen v pralesích, ale i hospodářských lesích jsou pravděpodobně způsobeny podstatně vyšším úhrnem atmosférických srážek a vyšší vlhkostí vzduchu, které v horských polohách panují. LEUSCHNER et al. (2006) ve své studii, kde testovali závislost LAI mýtních a přestárlých bukových porostů napříč gradientem půdní acidity a srážek, pozorovali LAI stanovené opadoměry v rozpětí od 5,6 do 9,5 s průměrnou hodnotou LAI 7,4. Tyto vyšší hodnoty LAI jsou s největší pravděpodobností způsobeny silnou lineární závislostí LAI na věku porostu, tak i na ročním úhrnu srážek, které byly v jimi studovaných bukových porostech výrazně vyšší. CHIANUCCI, CUTINI (2013) pozorovali přímou metodou v 70letých bukových porostech horských poloh LAI v rozpětí od 5,2 do 7,3. Jimi zjištěné výsledky odpovídají námi stanovenému LAI. CUTINI et al. (1998) zaznamenali přímo stanovený LAI v předmýtních a mýtních bukových porostech horských poloh v rozpětí 4,5–7,4, což se rovněž shoduje s výsledky v prezentované studii. DUFRÈNE, BRÉDA (1995) v čistých přestárlých bukových porostech ve střední Francii stanovili přímou metodou průměrnou hodnotu LAI rovnu ca 2,5. Uvedená nižší hodnota LAI je pravděpodobně zapříčiněna výrazně nižší hustotou studovaného porostu a rovněž může být způsobena množstvím a distribucí opadoměrů ve studovaných bukových porostech.

LAI stanovený přístrojem LAI-2000 PCA dosahoval v čistých bučinách hodnot od 4,5 do 5,1. GLATTHORN et al. (2017) zaznamenali rovněž jako u přímé metody vyšší hodnoty LAI v jimi studovaných bukových porostech i v případě nepřímých optických metod, kdy prezentovali hodnoty v rozsahu 7,1–7,4. CUTINI (2002) zjistil během tříletého měření přístrojem LAI-2000 PCA v bukových porostech podél gradientu apeninského poloostrova průměrnou hodnotu LAI 4,8, což přesně koresponduje s námi pozorovaným intervalem. Rovněž CUTINI et al. (1998) uvedli v bukových porostech LAI stanovený LAI-2000 PCA v rozmezí od 3,5 do 5,8. Jimi zjištěný interval taktéž odpovídá výsledkům naší studie. DUFRÈNE, BRÉDA (1995) zaznamenali nepřímou optickou metodou (LAI-2000 PCA) v čistých přestárlých bučinách hodnotu LAI \approx 2,0. Zmíněná cca poloviční průměrná hodnota LAI je zřejmě způsobena odlišnou strukturou, kde se v přestárlých řídkých bukových porostech nevyskytuje plný zápoj porostu a je zde vyšší počet porostních mezer, čímž se snižuje průměrná hodnota porostního LAI.

Průměrně ve vybraných bukových porostech podhodnocoval LAI-2000 přímou referenční metodu o 15 %. CUTINI et al. (1998) zaznamenali průměrné podhodnocení přímo stanoveného LAI přístrojem LAI-2000 PCA o 32 %, které dosahuje dvojnásobných hodnot než námi zjištěná odchylka. Podobně PRSKAWETZ, LEXTER (2000) odhalili více než 30% odchylku mezi LAI stanoveným optickou (LAI-2000 PCA) a přímou metodou (alometrické vztahy) v mladých porostech buku lesního. GLATTHORN et al. (2017) v rámci své studie zjistili 25% odchylku mezi nepřímo (LAI-2000 PCA) a přímo (opadoměry) stanovenými hodnotami LAI, což je mírně vyšší odchylka než námi zjištěná v prezentované studii. DUFRÈNE, BRÉDA (1995) rovněž testovali přesnost přístroje LAI-2000 PCA vůči přímé referenční metodě (opadoměry). V rámci jejich studie zjistili průměrné podhodnocení nepřímé metody (LAI-2000 PCA) o 17 % v 11 porostech opadavých druhů dřevin mírného pásma, přičemž v čistých přestárlých bučinách dosahovalo podhodnocení LAI-2000 PCA 18 %. Uvedené zjištěné odchylky velmi dobře korespondují s odchylkou zjištěnou v prezentované studii, která činila 15 %. Velmi podobné odchylky (18,5 %) dosáhl i MUSSCHE et al. (2001) v buko-dubových porostech s dominancí buku. Existuje ovšem celá řada faktorů, které mohou ovlivňovat přesnost stanovení LAI přímou metodou (např. distribuce a počet opadoměrů, nehomogenizovaný

podvzorek SLA, velikost záchytné plochy opadoměrů, rychlost a směr proudění větru), i nepřímou metodou (např. nenáhodná distribuce listoví, úhel měřicího čidla vůči koruně, shlukování listoví, počet a rozmístění měřicích bodů v porostu s ohledem na porostní zápoj a také k pozici kmenů v porostu).

ZÁVĚR

Studie porovnává nejen v lesnictví běžně používanou nepřímou optickou (LAI-2000 PCA) a přímou (opadoměry) metodu stanovení LAI vzhledem k její přesnosti a použitelnosti ve vybraných bukových porostech středních poloh ČR, ale i hodnoty LAI a WAI, používaného jako korekční faktor. Přímá metoda stanovení byla brána jako referenční. Statistické porovnání obou metod odhalilo vzájemné rozdíly, které ovšem nebyly v žádném prošetřovaném bukovém porostu prokázány jako statisticky významné ($p > 0,05$). LAI-2000 PCA podhodnocoval přímou referenční metodu v průměru o 15 %, což odpovídalo jiným provedeným studiím. Na základě prezentovaných výsledků shledáváme nepřímou optickou metodu (LAI-2000 PCA) stanovení LAI jako vhodnou a použitelnou v bukových porostech mírného pásma podobných stanovišť a porostních charakteristik, neboť je dosažena požadovaná přesnost měření LAI.

LITERATURA

- BOTKIN D.B. (1986): Remote sensing of the biosphere. National Academy of Sciences, Report of the Committee on Planetary Biology. National Research Council, Washington, DC
- CUTINI A. (2002): Litterfall and leaf area index in the CONECOFOR permanent monitoring plots. *Journal of Limnology*, 61: 1: 62–68.
- CUTINI A., MATTEUCCI G., MUGNOZA G.S. (1998): Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 105: 1–3: 55–65.
- ČATER M., SCHMID I., KAZDA M. (2013): Instantaneous and potential radiation effect on underplanted European beech below Norway spruce canopy. *European Journal of Forest Research*, 132: 23–32.
- ČERMÁK J. (1998): Leaf area distribution in large trees and stands of the floodplain forest in southern Moravia. *Tree Physiology*, 18: 11: 727–737.
- ČERNÝ J., HANINEC P., POKORNÝ R. (2018): Leaf area index estimated by direct, semi-direct and indirect methods in selected European beech and sycamore maple stands. *Journal of Forestry Research*. Under review.
- CHASON J.W., BALDOCCHI D.D., HUSTON M.A. (1991): A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57: 1–3: 107–128.
- CHEN J.M., BLACK T.A. (1992): Defining leaf area index for non-flat leaves. *Plant Cell Environment*, 15: 421–429.
- CHEN J.M., RICH P.M., GOWER S.T., NORMAN J.M., PLUMMER S. (1997): Leaf area index of boreal forests: theory, techniques, and measurements. *Journal of Geophysical Research*, 102(D24): 29429–29443.
- CHIANUCCI F., CUTINI A. (2013): Estimation of canopy properties in deciduous forests with digital hemispherical and cover photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168: 130–139.

- DUFRENE E., BRÉDA N.J.J. (1995): Estimation of deciduous forest leaf area index using direct and indirect methods. *Oecologia*, 104: 2: 156–162.
- DUVEILLER G., WEISS M., BARET F., DEFOURNY P. (2011): Retrieving wheat green area index during the growing season from optical time series measurements based on neural network radiative transfer inversion. *Remote Sensing of Environment*, 115: 3: 887–896.
- ERIKSSON H., EKLUNDH L., HALL K., LINDROTH A. (2005): Estimating LAI in deciduous forest stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129: 1–2: 27–37.
- FASSNACHT, K.S., GOWER S.T., MACKENZIE M.D., NORDHEIM E.V., LILLESAND T.M. (1997): Estimating the leaf area index of North Central Wisconsin forests using the Landsat thematic mapper. *Remote Sensing of Environment*, 61: 2: 229–245.
- GARNIER E., SHIPLEY B., ROUMET C., LAURENT G. (2001): A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*, 15: 688–695.
- GIAGLI K., VETEŠKA O., VAVRČÍK H., GRYC V. (2015): Monitoring of seasonal dynamics in two age-different European beech stands. *Wood Research*, 60: 6: 1005–1016.
- GLATTHORN J., PICHLER V., HAUCK M., LEUSCHNER CH. (2017): Effects of forest management on stand leaf area: Comparing beech production and primeval forests in Slovakia. *Forest Ecology and Management*, 389: 76–85.
- HOMOLOVÁ L., LUKEŠ P., MALENOVSKÝ Z., LHOTÁKOVÁ Z., KAPLAN V., HANUŠ J. (2013): Measurement methods and variability assessment of the Norway spruce total leaf area: implications for remote sensing. *Trees – Structure and Function* 27: 1: 111–121.
- JONCHEERE I., MUYS B., COPPIN P. (2005): Allometry and evaluation of in situ optical LAI determination in Scots pine: a case study in Belgium. *Tree Physiology*, 25: 723–732.
- KÜBNER R., MOSANDL R. (2000): Comparison of direct and indirect estimation of leaf area index in mature Norway spruce stands of eastern Germany. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 3: 440–447.
- LANG A.R.G., MCMURTRIE R.E., BENSON M.L. (1991): Validity of surface area indices of *Pinus radiata* estimated of the sun's beam. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57: 157–170.
- LEUSCHNER CH., VOß S., FOETZKI A., CLASES Y. (2006): Variation in leaf area index and stand leaf mass of European beech across gradients of soil acidity and precipitation. *Plant Ecology*, 186: 2: 247–258.
- LI-COR (1992): LAI-2000 Plant Canopy Analyzer: Instruction Manual. Lincoln, Nebraska, LI-COR, Inc.
- LIU S., RIEKERT H., GHOLZ H.L. (1997): Leaf litterfall, leaf area index, and radiation transmittance in cypress wetlands and slash pine plantations in north-central Florida. *Wetlands Ecology and Management*, 4: 4: 257–271.
- MAJASALMI T., RAUTIANINEN M., STENBERG P., RITA H. (2012): Optimizing the sampling scheme for LAI-2000 measurements in a boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154–155: 38–43.
- MCSHANE M.C., CARLILE D.W., HINDS W.T. (1983): The effect of collector size on forest litter-fall collection and analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 13: 6: 1037–1042.

- MENŠÍK L., KULHAVÝ J., KANTOR P., REMEŠ, M. (2009): Humus conditions of stands with different proportion of Douglas fir in the Hůrky Training Forest District and Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 55: 8: 345–356.
- MUSSCHE S., SAMSON R., NACHTERGALE L., DE SCHRIJVER A., LEMEUR R., LUST N. (2001): A comparison of optical and direct methods for monitoring the seasonal dynamics of leaf area index in deciduous forests. *Silva Fennica* 35: 4: 373–384.
- NORMAN J.M. (1992): Scaling processes between leaf and canopy levels. In: Ehleringer J., Fields C. (eds.): *Scaling processes between leaf and landscape levels*. Academic Press, San Diego, CA, s. 41–76.
- POKORNÝ R., MAREK M.V. (2000): Test of accuracy of LAI estimation by LAI-2000 under artificially changed leaf to wood area proportions. *Biologia Plantarum*, 43: 4: 537–544.
- PRSKAWETZ M., LEXER M.J. (2000): Evaluierung des LI-COR LAI-2000 zur Ermittlung des Blattflächenindex in Buchenjungbeständen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 171: 185–191.
- RUNNING S.W., NEMANI R.R., PETERSON D.L., BAND L.E., POTTS D.F., PIERCE L.L., SPANNER M.A. (1989): Mapping regional forest evapotranspiration and photosynthesis by coupling satellite data with ecosystem simulation. *Ecology*, 70: 4: 1090–1101.
- THIMONIER A., SEDIVY I., SCHLEPPI P. (2010): Estimating leaf area index in different types of mature forest stands in Switzerland: a comparison of methods. *European Journal of Forest Research*, 129: 4: 543–562.
- URBAN J., BEDNÁŘOVÁ E., PLICHTA R., GRYC V., VAVRČÍK H., HACURA J., FAJSTAVR M., KUČERA J. (2014): Links between phenology and ecophysiology in a European beech forest. *iForest*, 8: 438–447.
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. (2003): Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*, 49: 2: 74–82.
- VILE D., GARNIER E., SHIPLEY B., LAURENT G., NAVAS M-L., ROUMET C., LA VOREL S., DÍAZ S., HODGSON J.G., LLORET F., MIDGLEY G.F., POORTER H., RUTHERFORD M.C., WILSON P.J., WRIGHT I.J. (2005): Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. *Annals of Botany*. 96: 1129–1136.
- WELLES J.M. (1990): Some indirect methods of estimating canopy structure. *Remote Sensing Reviews*, 5: 1: 31–43.
- WITWER S. (1983): Land related global habitability science issues. NASA Technical Memorandum Number 85841. National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC.
- ZHENG G., MOSKAL M. (2009): Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. *Sensors*: 9: 4: 2719–2745.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118.

Dynamika štruktúry a drevinového zloženia v prírodnom lese Stužica

Dynamics of structure and species composition in old-growth forest Stužica

MICHAL FILÍPEK*, STANISLAV KUCBEL, JÁN PITTNER

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *michal.filipek@tuzvo.sk

Abstract

This study is focused on spatio-temporal variability of basic stand parameters (stem density, basal area, and growing stock) and species composition in beech-dominated old-growth forest in the National Nature Reserve (NNR) Stužica in the period 1971–2017. The long-term average growing stock within the entire old-growth forest ranged from 546 to 628 m³·ha⁻¹ and the average basal area from 37.0 to 43.4 m²·ha⁻¹. Relatively higher variability was recorded in the stem density from 324 to 468 N·ha⁻¹. The long-term temporal variability expressed by relative decennial change did not usually exceed 20% for stem density, 18% for basal area and 15% for growing stock. The overall dominance of beech was confirmed by the significance index of the species (75%). Silver fir (18%) and sycamore maple (7%) played the role of complementary species. The ratio of all tree species was relatively stable during the entire observed period.

Keywords: *beech, eastern Carpathians, temporal variability, old-growth forest*

Abstrakt

Táto štúdia je venovaná problematike časovej a priestorovej variability základných štruktúrnych charakteristík (početnosť, kruhová základňa, zásoba) a drevinového zloženia v prírodnom lese s dominantným zastúpením buka v národnej prírodnej rezervácii (NPR) Stužica v období 1971–2017. Z dlhodobého hľadiska v rámci celého pralesa zásoba varírovala medzi 546 a 628 m³·ha⁻¹ a kruhová základňa medzi 37,0 a 43,4 m²·ha⁻¹. Relatívne vyššia variabilita bola zaznamenaná pri počte jedincov, a to od 324 do 468 ks·ha⁻¹. Dlhodobá časová variabilita, reprezentovaná relatívnou decenálnou zmenou dosahovala hodnoty zväčša do 20 % pri počte jedincov, 18 % pri kruhovej základni a 15 % pri zásobe. Dominantné postavenie buka potvrdil index významnosti druhu (75 %). Jedľa (18 %) a javor horský (7 %) zohrávajú v pralese úlohu sprievodných drevín. Pomer všetkých drevín bol počas sledovaného obdobia relatívne stabilný.

Kľúčové slová: buk, východné Karpaty, časová variabilita, prales

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prales je vegetačná formácia charakteristická súborom stromov, ktoré spolu s ďalšími skupinami flóry, hubami a faunou tvoria jedinečný funkčný ekosystém (JASÍK 2011). Pre prírodné lesy temperátnej zóny je typický výskyt klimaxového lesa, ktorý predstavuje posledné sukcesné štádium v rámci daného biómu (WIRTH et al. 2009). Medzi základné znaky

pralesov temperátnej zóny patrí prítomnosť žijúcich veľkých (a starých) stromov, akumulácia väčšieho množstva nekromasy, nerovnomerný zápoj, viacvrstvá štruktúra a prítomnosť prirodzenej obnovy (OLIVER, LARSON 1996). Prírodný les predstavuje posledný objekt, kde je možné preniknúť k samotnej podstate procesov, ktoré prebiehajú v lesných ekosystémoch (KORPEL, SANIGA 1995).

Predpokladá sa, že pôvodné zastúpenie buka na Slovensku sa blížilo k 50 %. V súčasnosti zaberá výmera lesných ekosystémov s prímiesou buka viac ako 85 % z rozlohy lesného pôdneho fondu Slovenska (BARNA et al. 2011). V podmienkach strednej Európy predstavuje buk najdôležitejšiu drevinu prirodzenej lesnej vegetácie (BOHN et al. 2003). Téma výskumu bukových prírodných lesov, resp. prírodných lesov s dominantným zastúpením buka, je v odbornej literatúre pomerne frekventovaná (KORPEL 1989; PITTNER, SANIGA 2006; VRŠKA et al. 2009; DIACI et al. 2011; SANIGA et al. 2012). Viaceré práce sa venovali priamo bukovým pralesom v oblasti Východných Karpát (SANIGA 2002, 2003; DRÖSSLER, LÜPKE 2005; KUCBEL et al. 2012; SANIGA et al. 2014a; ZENNER et al. 2015).

Po skončení poslednej doby ľadovej sa vplyvom špecifických prírodných podmienok v oblasti východných Karpát vytvorili rozsiahle komplexy bukových lesov (KORPEL 1989). Napriek tomu, že kolonizácia krajiny lesnými drevinami a človekom prebiehala súčasne, je možné v tejto oblasti nájsť po stáročia nedotknuté územia. V roku 2007 boli východokarpatské bukové pralesy (Slovensko, Ukrajina) zapísané do zoznamu svetového prírodného dedičstva UNESCO. Na území Slovenska sa jednalo o lokality Havešová, Kyjov, Rožok a Stuzica (VOLOŠČUK et al. 2013).

Medzi štandardne merané parametre štruktúry prírodných lesov patria najmä základné charakteristiky, ako je počet jedincov, kruhová základňa a zásoba. V európskych podmienkach sa vplyvom fragmentácie prírodných lesov často stretávame s vysokou variabilitou prírodných podmienok, čo do značnej miery obmedzuje vzájomnú porovnateľnosť jednotlivých pralesových lokalít (VRŠKA et al. 2009). Pre tieto účely je vhodné využiť rôzne doplnkové metódy, ktoré zvýšia objektivitu napríklad pri porovnávaní variability štruktúrnych parametrov skúmaných lokalít. Medzi takéto metódy patrí relatívna decenálna zmena, ktorej hodnota podáva informáciu o miere nárastu alebo poklesu daného štruktúrneho znaku v čase.

Štruktúru pralesa a dynamiku jej zmien určujú tie dreviny, ktoré sa na určitú lokalitu dostali fylogenetickým vývojom lesa (KORPEL 1989). Špecifické prírodné podmienky ovplyvňujú drevinové zloženie ekosystému a na špecifickom drevinovom zložení závisia ostatné znaky štruktúry, vývojové a rastové procesy (SANIGA et al. 2012). Pri hodnotení ekologického významu jednotlivých drevín sa stretávame s problémom voľby smerodajnej veličiny. Preto boli vyvinuté komplexné ukazovatele podielu jednotlivých drevín, ako je napríklad index relatívnej významnosti druhu (COTTAM, CURTIS 1956), ktorý je kvantifikovaný na základe početnosti, kruhovej základne a frekvencie, s akou sa drevina v ekosystéme vyskytuje.

Cieľom výskumu bolo analyzovať dlhodobú časovú variabilitu základných štruktúrnych parametrov a vyhodnotiť dynamiku drevinového zloženia s využitím indexu relatívnej významnosti druhu v sledovanom období 1971–2017.

MATERIÁL A METODIKA

Predkladaná štúdia bola realizovaná v prírodnom lese v Národnej prírodnej rezervácii (NPR) Stuzica. Rezervácia s výmerou 761,49 ha sa nachádza v orografickom celku Bukovské

vrchy na rozhraní Slovenska, Poľska a Ukrajiny. Nadmorská výška v rezervácii varíruje v rozhraní 650–900 m, priemerná ročná teplota dosahuje 5–6 °C a ročný úhrn zrážok predstavuje 850–1000 mm. Rezervácia spadá do oblasti flyšového pásma. Prevládajúcim pôdnym typom je kambizem. Pôda je hlboká, mierne humózna, kyprá, s vyšším obsahom skeletu. Z hľadiska drevinového zloženia v celej rezervácii dominuje buk (*Fagus sylvatica* L.), ktorý sa na tvorbe štruktúry podieľa sám, alebo spoločne s jedľou (*Abies alba* Mill.), prípadne javorom horským (*Acer pseudoplatanus* L.). Územie rezervácie z pohľadu vertikálneho členenia spadá do 4.–6. lesného vegetačného stupňa. Dominantnými skupinami lesných typov sú *Fagetum typicum* (33 % výmery rezervácie), *Fageto-Aceretum humile* (23 %), *Fageto-Aceretum* (20 %), *Abieto-Fagetum* nižší stupeň (10 %), *Fraxineto-Aceretum* (8 %) a *Abieto-Fagetum* vyšší stupeň (6 %).

Pre potreby vyhodnotenia časovej a priestorovej variability štruktúry prírodného lesa bola v roku 1971 v NPR Stužica založená sieť šiestich trvalých výskumných plôch (TVP) s výmerou 0,5 ha (71,5 × 70 m). Jednotlivé TVP boli v čase založenia situované tak, že reprezentovali základné vývojové štádiá a ich fázy. TVP 1 sa v čase založenia nachádzala v počiatočnej fáze štádia dorastania, TVP 2 v pokročilej fáze štádia dorastania, TVP 3 v pokročilej fáze štádia rozpadu, TVP 4 v strede štádia rozpadu, TVP5 v počiatočnej fáze štádia optima a prírodný les na TVP 6 bol klasifikovaný do pokročilej fázy štádia dorastania (KORPEE 1989).

Na TVP boli evidované všetky živé, odumreté stojace a odumreté ležiace jedince, pričom dolnou registračnou hranicou pre stojace stromy (živé aj odumreté) bola hrúbka 8 cm. V rámci každej plochy bol vylíšený tranzekt s rozmermi 10 × 70 m, na ktorom sa realizoval podrobnejší zber údajov. Merania prebiehali v zmysle štandardnej metodiky (KORPEE 1989) a opakovali sa spravidla raz za decénium, a to v rokoch 1981, 1991, 2001, 2011 a 2017. Na tranzektach v rámci každej TVP boli opakovane zaznamenávané hodnoty výšok. Z nazbieraných hodnôt výšok jednotlivých drevín boli pre prírodný les Stužica skonštruované výškové krivky (PRODAN 1951). Objem jednotlivých stromov bol počítaný podľa dvojparametrických rovníc (PETRÁŠ, PAJTIK 1991), pričom parametrami vstupujúcimi do výpočtu boli hrúbka a výška. Pri poslednom meraní v roku 2017 bola štandardná metodika rozšírená o zaznamenávanie údajov o priestorovom rozmiestnení stromov hrubiny ($d_{1,3} \geq 8$ cm) na ploche celej TVP prostredníctvom technológie FieldMap (IFER – Monitoring and Mapping Solutions, Ltd.). Pre potreby vyhotovenia tejto štúdie boli okrem údajov z aktuálneho merania v roku 2017 využité údaje o rozdelení hrúbkových početností a drevinovom zložení z databázy dlhodobých meraní.

Pre určenie miery variability štruktúrnych parametrov (počet jedincov, kruhová základňa a zásoba) bola okrem štandardne vyhodnocovaných absolútnych hodnôt vypočítaná aj ich relatívna decenálna zmena:

$$\text{relatívna decenálna zmena} = \frac{\text{hodnota v aktuálnom decéniu} - \text{hodnota v predchádzajúcom decéniu}}{\text{hodnota v predchádzajúcom decéniu}} \times 100 \quad (1)$$

Pre dreviny, ktoré sa nachádzajú v rezervácii, bol kvantifikovaný index relatívnej druhovej významnosti (COTTAM, CURTIS 1956), ktorý predstavuje komplexnú charakteristiku pre určenie zastúpenia jednotlivých druhov drevín. Jeho hodnota je pre danú drevinu určená priemerom hodnôt relatívnej frekvencie, relatívnej denzity a relatívnej dominancie. Relatívnu frekvenciu získame ako podiel počtu výskytov danej dreviny, teda počtu TVP, na ktorých sa

drevina vyskytuje, a sumárnej početnosti výskytov všetkých drevín, ktoré sa podieľajú na drevinovej skladbe na všetkých TVP.

$$\text{relatívna frekvencia dreviny} = \frac{\text{počet výskytov dreviny na všetkých TVP}}{\sum \text{počtu výskytov všetkých drevín na všetkých TVP}} \times 100 \quad (2)$$

Relatívnu denzitu vypočítame ako podiel početnosti jedincov danej dreviny a celkovej početnosti (sumárnej početnosti všetkých drevín).

$$\text{relatívna denzita dreviny} = \frac{\text{priemerná hektárová početnosť danej dreviny (ks·ha}^{-1}\text{)}}{\text{priemerná hektárová početnosť všetkých drevín (ks·ha}^{-1}\text{)}} \times 100 \quad (3)$$

Relatívnu dominanciu vypočítame ako podiel kruhovej základne dreviny a celkovej kruhovej základne všetkých drevín.

$$\text{relatívna dominancia dreviny} = \frac{\text{priemerná kruhová základňa danej dreviny (m}^2\text{·ha}^{-1}\text{)}}{\text{priemerná kruhová základňa všetkých drevín (m}^2\text{·ha}^{-1}\text{)}} \times 100 \quad (4)$$

Pre kvantifikáciu zastúpenia drevín v rámci celého pralesa bol použitý štandardný výpočet relatívnej významnosti. Pri analýzach týkajúcich sa jednotlivých TVP do výpočtu nevstupovala relatívna frekvencia a hodnota indexu relatívnej významnosti bola kvantifikovaná na základe relatívnej denzity a dominancie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Dynamiku hodnôt štruktúrnych veličín v rámci celého prírodného lesa Stužica je možné popísať prostredníctvom priemerných hodnôt zo všetkých šiestich skúmaných TVP (Tab. 1). Priemerná hektárová zásoba v sledovanom období (5 decénií) varíovala v rozmedzí 546 až 628 m³·ha⁻¹ s variačným koeficientom 5 %. Kruhová základňa počas sledovaného obdobia nadobúdala hodnoty 37,0–43,4 m²·ha⁻¹ s variačným koeficientom 6 %. Počet jedincov sa pohyboval v rozmedzí 287–468 ks·ha⁻¹, pričom hodnota variačného koeficientu dosahovala 18 %. V intervale rokov 1971–2011 bol zaznamenaný pokles priemernej zásoby zo 628 m³·ha⁻¹ na 546 m³·ha⁻¹ a následne v roku 2017 zásoba narástla na 571 m³·ha⁻¹. Odlišný vývoj mal počet jedincov, ktorý po výraznom poklese v rokoch 1971–1991 opätovne vzrástol a až do roku 2017 fluktoval okolo hodnoty 330 ks·ha⁻¹.

Pre porovnanie uvádzame bukový prírodný les Havešová, kde boli zaznamenané nižšie hodnoty početností (226–313 ks·ha⁻¹), ako aj kruhovej základne (31,9–35,4 m²·ha⁻¹). Zásoba však dosahovala vyššie hodnoty (627–688 m³·ha⁻¹), čo je spôsobené lepšími produkčnými pomermi stanovišťa (vyššia dosahovaná výška jedincov). Dlhodobá časová variabilita štruktúrnych parametrov bola celkovo nižšia. Variačný koeficient dosahoval pre zásobu 4 %, kruhová základňa 3 % a pre počet jedincov 15 % (FILÍPEK, KUCBEL 2017).

Tab. 1: Zmeny základných štruktúrnych charakteristík (živé stromy s hrúbkou ≥ 8 cm) v NPR Stuzica v období 1971–2017.**Tab. 1:** Changes of basic structural characteristics (living trees of dbh ≥ 8 cm) in NNR Stuzica in the period 1971–2017.

		Rok merania ¹						priemer \pm SD ²
		1971	1981	1991	2001	2011	2017	
		Spolu³						
početnosť ⁴	ks·ha ⁻¹	468	444	324	337	329	330	366 \pm 66
kruhovú základňu ⁵	m ² ·ha ⁻¹	43,4	40,5	38,4	38,7	37,0	38,3	39,5 \pm 2,1
zásoba ⁶	m ³ ·ha ⁻¹	628	585	567	562	546	571	579 \pm 25
		TVP 1						
početnosť	ks·ha ⁻¹	364	342	278	266	258	252	293 \pm 43
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	39,8	39,9	36,7	36,5	32,1	33,3	36,4 \pm 2,9
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	579	586	548	553	482	510	526 \pm 42
		TVP 2						
početnosť	ks·ha ⁻¹	536	518	400	398	398	388	440 \pm 62
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	41,1	40,9	35,0	32,8	33,3	36,3	36,6 \pm 3,3
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	616	612	514	472	486	536	539 \pm 57
		TVP 3						
početnosť	ks·ha ⁻¹	350	326	262	370	352	350	335 \pm 35
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	39,5	34,2	33,7	40,3	38,6	39,8	37,7 \pm 2,7
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	552	469	469	572	544	572	530 \pm 44
		TVP 4						
početnosť	ks·ha ⁻¹	438	338	306	318	302	322	337 \pm 47
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	48,6	43,6	43,3	42,4	38,4	40,0	42,7 \pm 3,2
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	706	644	643	630	569	595	631 \pm 43
		TVP 5						
početnosť	ks·ha ⁻¹	552	442	332	332	306	322	381 \pm 88
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	42,2	38,8	35,6	37,2	31,6	31,6	36,2 \pm 4,3
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	598	562	527	552	453	450	523 \pm 59
		TVP 6						
početnosť	ks·ha ⁻¹	566	470	368	344	360	348	409 \pm 82
kruhovú základňu	m ² ·ha ⁻¹	49,5	46,1	47,1	43,5	49,1	50,0	47,3 \pm 2,2
zásoba	m ³ ·ha ⁻¹	717	670	705	649	745	762	707 \pm 39

¹year of the measurement, ²average \pm SD, ³total, ⁴stem density, ⁵basal area, ⁶growing stock

Maloplošná variabilita a dynamika základných štruktúrnych charakteristík bola podrobnejšie analyzovaná v rámci jednotlivých trvalých výskumných plôch (0,5 ha). Zásoba na TVP 1 v rokoch 1971–2011 poklesla z 579 m³·ha⁻¹ na 482 m³·ha⁻¹. V roku 2017 zásoba mierne rástla na 510 m³·ha⁻¹. Počet jedincov klesal počas celého sledovaného obdobia, pričom bol výrazný najmä od roku 1971 (364 ks·ha⁻¹) do roku 1991 (266 ks·ha⁻¹).

Počas prvých troch decénií klesala početnosť aj na TVP 4 (z 438 ks·ha⁻¹ na 306 ks·ha⁻¹). V nasledujúcom období sa početnosť stabilizovala okolo hodnoty 310 ks·ha⁻¹. V roku 1971 bola zaznamenaná pomerne vysoká zásoba (706 m³·ha⁻¹), ktorá však v nasledujúcom období klesla až na 569 m³·ha⁻¹ v roku 2011.

Pokles početnosti na TVP 2 bol v období 1971–1991 (z 536 m³·ha⁻¹ na 400 m³·ha⁻¹) sprevádzaný aj poklesom zásoby. Početnosť následne od roku 1991 dosahovala vyrovnané hodnoty s variabilitou na úrovni 1 %. V súvislosti s redukciou počtu jedincov v prvých

desaťročiach merania došlo k reakcii zostávajúcich stromov na uvoľnenie priestoru zvýšením prírastku, čo sa prejavilo zmiernením poklesu hodnôt zásoby do roku 2001 a jej následným rastom v rokoch 2001–2017.

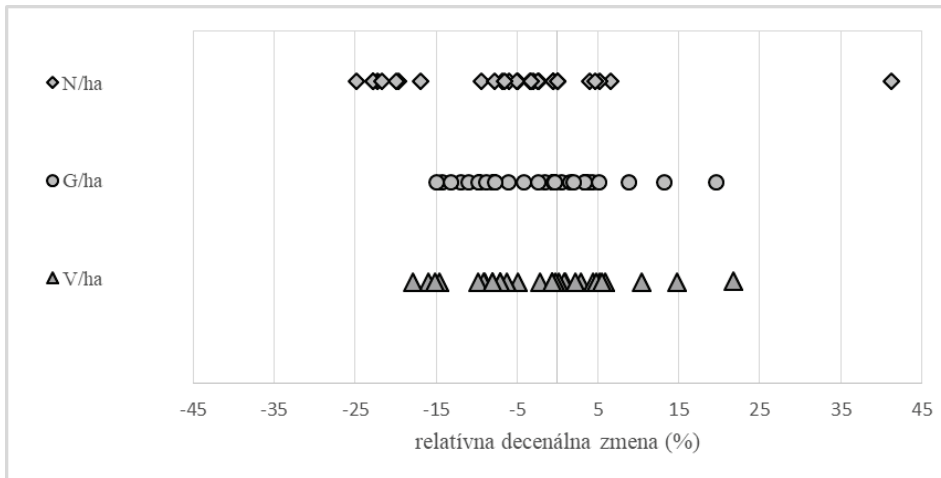
Pokles početnosti jedincov v období 1971–1991 bol zaznamenaný aj na TVP 6 (z $566 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ na $368 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$), a bol sprevádzaný aj miernym poklesom zásoby, ktorý pokračoval až do roku 2001 (zo $717 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ na $649 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Tento pokles napovedá o vypadnutí niekoľkých úrovňových stromov. Uvoľnenie rastového priestoru sa prejavilo nárastom zásoby na zostávajúcich stromoch až na $762 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 2017, čo predstavuje vôbec najvyššiu zistenú zásobu v rámci jednotlivej TVP počas celého sledovaného obdobia.

Vývoj všetkých sledovaných štruktúrnych veličín na TVP 5 mal klesajúci trend, ktorý bol výrazný najmä do roku 1991 pri počte jedincov a do roku 2011 pri zásobe. Štruktúrne veličiny na TVP 5 vykazovali najvyššiu dynamiku početnosti (23 %), kruhovej základne (12 %) aj zásoby (11 %) zo všetkých TVP.

Základné štruktúrne parametre na TVP 3 dosahovali v čase založenia výskumných plôch najnižšie hodnoty zo všetkých TVP ($350 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, $39,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, $552 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) a až do roku 1991 mali klesajúci priebeh. Tento proces napovedá o uvoľnení korunového priestoru, čo malo za následok zvýšenie prírastku, a teda aj nárast zásoby z $469 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 1991 na $572 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 2017. Výrazný nárast početnosti z $262 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 1991 na $370 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 2001 (+40 %) vypovedá o vysokej tolerancii buka na zatienenie, vďaka ktorej je buk schopný znášať dlhodobé tienenie materského porastu a v momente, kedy nastanú vhodné podmienky, pohotovo reagovať na uvoľnený rastový priestor (EMBORG 1998). Napriek tomu, že táto skutočnosť je najvýraznejšia práve na TVP 3, môžeme túto schopnosť buka pozorovať na všetkých trvalých výskumných plochách.

Dynamika zmien základných porastových veličín z hľadiska maloplošnosti (na 0,5 ha TVP) bola popísaná relatívnou decenálnou zmenou (Obr. 1). Ako najvariabilnejší štruktúrny parameter sa potvrdil počet jedincov, pričom relatívna decenálna zmena sa vo väčšine prípadov pohybovala do 20 % a prevládali záporné zmeny, vyjadrujúce pokles počtu jedincov. V jednom prípade sa v dôsledku špecifických podmienok prejavil výrazný 40% nárast početnosti. Dynamika zmien kruhovej základne a zásoby bola nižšia a mierne prevládal počet negatívnych zmien (pokles veličín). Variabilita kruhovej základne sa zväčša pohybovala do 15 % s maximom +20 % a variabilita zásoby do 18 % s maximom +22 %.

Pre porovnanie na siedmich pralesových lokalitách s dominantným zastúpením buka sa počet jedincov, ako najvariabilnejšia veličina, pohyboval v rozmedzí 9–17 % s prevahou negatívnych zmien. Kruhová základňa a zásoba varírovali do 10 % (4–9 % pre kruhovú základňu a 3–10 % pre zásobu) s prevládajúcimi negatívnymi zmenami (KUCBEL et al. 2012). Z výskumu na siedmich smrekových pralesových lokalitách bola časová variabilita počtu jedincov do 20 % s prevahou negatívnych zmien. V porovnaní s bukovými pralesmi dosahovala kruhová základňa a zásoba nižšiu mieru variability, pričom podiel pozitívnych a negatívnych zmien bol takmer vyrovnaný (KUCBEL 2014).



Obr. 1: Relatívne decenálne zmeny základných štruktúrnych charakteristík (živé stromy s hrúbkou ≥ 8 cm) na trvalých výskumných plochách v NPR Stučica.

Fig. 1: Mean relative of basic structural characteristic (living trees of dbh ≥ 8 cm) on permanent research plots in NNR Stučica.

Z hľadiska drevinového zloženia je pre lesy v oblasti východných Karpát typická dominancia buka. V NPR Stučica počas sledovaného obdobia tvoril buk približne 93% podiel z početnosti. Podiel buka z kruhovej základne mierne narástol z 85 % v roku 1971 na 92 % v roku 2017. Jedľa sa rovnako ako buk vyskytovala na všetkých trvalých výskumných plochách a v drevinovej skladbe bola zaznamenaná počas všetkých meraní. Jej podiel z celkovej početnosti mal mierne rastúci trend. V roku 1971 tvorila jedľa 5 % a v roku 2017 9 % z celkového počtu jedincov hrubiny. Opačný trend je možné sledovať pri pohľade na vývoj podielu jedle zo zásoby, ktorá poklesla z takmer 13 % v roku 1971 na súčasných 7 %. Tretia drevina, ktorá bola v prírodnom lese evidovaná, bol javor horský, ktorý sa však počas celého sledovaného obdobia nachádzal len na dvoch TVP. Na zvyšných TVP sa vyskytoval len dočasne alebo úplne absentoval. Javor tvoril počas celého obdobia len 0,5% podiel z početnosti a 1% podiel z celkovej zásoby.

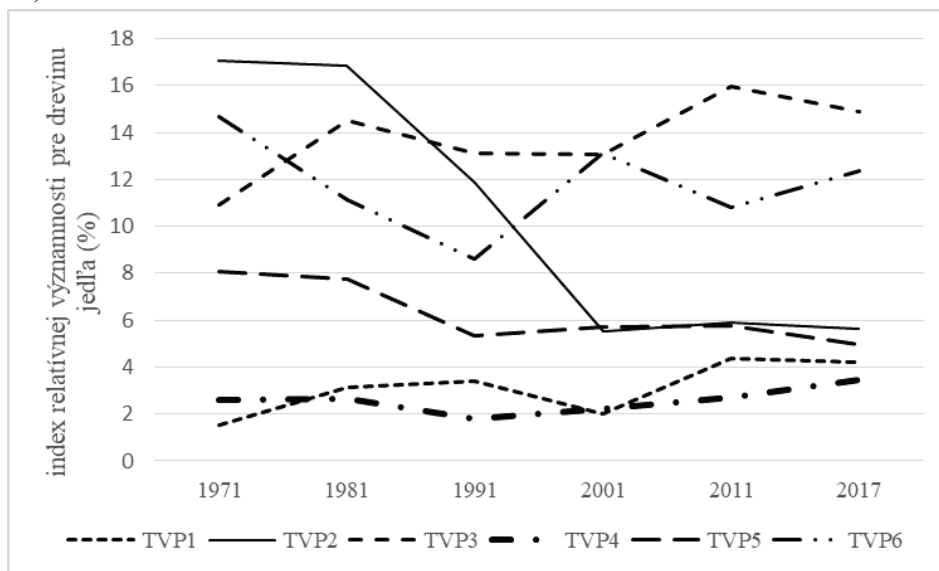
Pri hodnotení vývoja drevinového zloženia v rámci celej rezervácie sa hodnota indexu relatívnej významnosti pre buk v roku 1971 pohybovala na úrovni 73,2 % a do roku 2017 stúpila celkovo o 1 %. Index relatívnej významnosti pri jedli klesol z 19,5 % v roku 1971 na 18,5 % v roku 2017. Index významnosti javora osciloval počas celého sledovaného obdobia okolo hodnoty 7 %. Vyšší podiel javora vyjadrený indexom významnosti v porovnaní so štruktúrnymi veličinami je daný jeho pomerne vysokou frekvenciou výskytu (20 %). Hodnoty indexu významnosti a ďalších charakteristík pre celý prírodný les sú uvedené v Tab. 2.

Tab. 2: Hodnoty frekvencie, denzity, dominance a indexu relatívnej významnosti jednotlivých drevín v NPR Stučica v období 1971–2017.**Tab. 2:** Values of frequency, density, dominance and significance index of the species in NNR Stučica in the period 1971–2017.

Drevina ¹	Frekvencia ²	Denzita ³	Dominancia ⁴	Relatívna frekvencia ⁵	Relatívna denzita ⁶	Relatívna dominancia ⁷	Index významnosti ⁸
	[N]	[ks·ha ⁻¹]	[m ² ·ha ⁻¹]	[%]	[%]	[%]	[%]
buk ⁹	36	335	35,5	40	91,9	91,8	74,6
jedľa ¹⁰	36	24	2,8	40	6,7	7,2	18,0
javor ¹¹	18	1	0,4	20	0,4	1,0	7,1
spolu ¹²	90	360	38,7	–	--	--	

¹tree species, ²frequency, ³density, ⁴dominance, ⁵relative frequency, ⁶relative density, ⁷relative dominance, ⁸importance value, ⁹beech, ¹⁰fir, ¹¹maple, ¹²total

Pri vyhodnocovaní dynamiky drevinového zloženia sme sa sústredili na analýzu zastúpenia jedle. V rámci celého prírodného lesa Stučica bol zaznamenaný mierny pokles resp. zotrúvanie podielu jedle z celkovej zásoby na približne rovnakej úrovni. Pri pohľade na podiel z počtosti, je možné vo všeobecnosti konštatovať rastúci trend. Index významnosti potvrdil stabilné zastúpenie jedle v rámci rezervácie, ktoré dlhodobo fluktuuje na úrovni $18,5 \pm 1$ %.

**Obr. 2:** Vývoj indexu relatívnej významnosti jedle na jednotlivých trvalých výskumných plochách v období 1971–2017.**Fig. 2:** Development of importance value of fir on individual permanent research plots in the period 1971–2017.

Okrem hodnotenia zmeny zastúpenia jedle v rámci celého pralesu sme zohľadnili aj aspekt maloplošnosti, teda na jednotlivých TVP. Podiel jedle na zásobe v rámci skúmaných TVP klesá, resp. je nemenný. Naopak z pohľadu počtosti prevládala jej mierny nárast. Časová variabilita hodnôt indexu významnosti je na TVP 1, TVP 4 a TVP 5 v porovnaní s ostatnými plochami nižšia (Obr. 2). Index relatívnej významnosti preukazuje prakticky na všetkých

TVP dlhodobo stabilnú pozíciu v rámci drevinového zloženia (Obr. 2). Výnimku predstavuje TVP 2, kde bol zaznamenaný výrazný pokles jedle, ako zo zásoby, tak aj z počtosti. Tento trend potvrdzuje aj vývoj indexu relatívnej významnosti pre jedľu, ktorého hodnota v rozmedzí rokov 1971–2001 klesla zo 17 % na 5,5 %.

ZÁVER

Z analýzy dlhodobej časovej variability (necelých 5 decénií) základných štruktúrnych parametrov v rámci celého prírodného lesa v NPR Stužica vyplýva pomerne nízka fluktuácia zásoby (5 %), ako aj kruhovej základne (6 %). Výrazná dynamika bola zistená v počte jedincov, kde dosiahla úroveň 18 %. Maloplošná variabilita a dynamika základných štruktúrnych parametrov medzi meraniami sa na jednotlivých TVP vyhodnocovala prostredníctvom relatívnej decenálnej zmeny. Dynamika počtu jedincov sa pohybovala do 20 %, kruhovej základne do 15 % a zásoby do 18 %, pričom prevládali záporné zmeny. Pre zvýšenie objektivity pri posudzovaní podielu jednotlivých drevín na celkovom drevinovom zložení bol použitý index významnosti druhu. Kvantifikáciou indexu významnosti bola v roku 1971 potvrdená dominancia buka na úrovni 73,5 %, pričom jeho hodnota počas sledovaného obdobia stúpila o 1 %. Podiel jedle mal opačný vývoj, keď jej zastúpenie vyjadrené indexom relatívnej významnosti kleslo z hodnoty 19,5 % na 18,5 %. S hodnotou indexu relatívnej významnosti 7 % sa na drevinovej skladbe v najmenšej miere podieľal javor horský. Celkovo môžeme podiel zastúpenia jednotlivých drevín považovať za stabilný.

LITERATÚRA

- BARNA M., KULFAN J., BUBLINEC E. (2011): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. Veda, Bratislava, 636 s., ISBN 978-80-224-1192-9.
- BOHN U., NEUHÄUSL R., GOLLUB R., HETTWER C., NEUHÄUSLOVÁ Z., SCHLÜTER H., WEBER, H. (2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas. Teil 1: Erläuterungstext. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- COTTAM G., CURTIS J.T. (1956): The use of distance measurements in phytosociological sampling. *Ecology*, 37: 451–460.
- DIACI J., ROZENBERGAR D., ANIC I., MIKAC S., SANIGA M., KUCBEL S., VISNIJIC C., BALLIAN D. (2011): Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry*, 84: 479–491.
- DRÖSSLER L., LÜPKE B. (2005): Canopy gaps in two virgin beech forest in Slovakia, In: Beech silviculture in Europe's Largest Beech Country. Proceedings of IUFRO Conference, Poliana Brasov, s. 18–20.
- EMBORG J. (1998): Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106: 83–95.
- FILÍPEK M., KUCBEL S. (2017): Dynamika hustoty a štruktúry v bukovom prírodnom lese NPR Havešová. In: Jaloviar P., Saniga M. (eds) Proceedings of Central European Silviculture. Zvolen, TUZVO, s. 39–46, ISBN 978-80-228-2979-3.
- JASÍK M. (2011): Význam pralesov In: Jasík M., Polák P. (eds.): Pralesy Slovenska. FSC Slovensko, Banská Bystrica, s. 25–26.
- KORPEL Š. (1989): Pralesy Slovenska. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 329 s., ISBN 80-224-0031-9.

- KORPEL,Š. (1995): Prírode blízke pestovanie lesa. ÚVVP LVH SR, 195 s.
- KUCBEL S. (2014): Časová a priestorová variabilita štruktúry vysokohorských smrekových lesov Slovenska. Habilitačná práca, Zvolen, TUZVO, 101 s. + 7 príloh.
- KUCBEL S., SANIGA M., JALOVIAK P., VENCÚRIK J. (2012): Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *Forest Ecology and Management*, 264: 125–133.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. (1996): *Forest Stand Dynamics*. Wiley, 520 s., ISBN 0-471-13833-9.
- PETRAŠ, R., PAJTÍK, J. (1991): Sústava československých objemových tabuliek drevín, *Lesnícky časopis* 37: 49–56.
- PITTNER J., SANIGA M. (2006): Štruktúra, nekromasa a regeneračné procesy bukoveho prírodného lesa Vtáčnik. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 48: 95–110.
- PRODAN, M. (1951): *Messung der Waldbestände*. Sauerländer's Verlag Frankfurt am Mein, 260 s.
- SANIGA M. (2002): Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukoveho pralesa Rožok. *Ochrana prírody*, 21: 202–218.
- SANIGA M. (2003): Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukoveho pralesa Havešová. *Ochrana prírody*, 22: 179–190.
- SANIGA M., KUCBEL S., JALOVIAK P., VENCÚRIK J. (2012): Štruktúra, vývoj, textúra, distribučný režim a produkčné procesy Badínskeho pralesa. TUZVO, Zvolen, 60 s. ISBN 978-80-228-2398-2.
- SANIGA M., BUGOŠOVÁ L., KUCBEL S., JALOVIAK P., PITTNER J. (2014a): Štruktúra, distribúcia dendromasy, disturbančný režim a regeneračné procesy bukoveho pralesa NPR Rožok (30ročná štúdia). TUZVO, Zvolen, 61 s., ISBN 978-80-228-2617-4.
- VOLOŠČUK I., PICHLER V., PICHLEROVÁ M. (2013): The primaveral beech forests of the Carpathians and ancient beech forests of Germany: join natural heritage of Europe. *Folia Oecologica*, 40: 295–303.
- VRŠKA T., ADAM D., HORT L., KOLÁŘ T., JANÍK D. (2009): European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians: A developmental cycle or a linear trend inducted by man? *Forest Ecology and Management*, 258: 347–356.
- WIRTH C., GLEIXNER G., HEIMANN M. (eds), (2009): *Old-Growth forest: function, fate and value*, Ecological studies, 207, Springer, Berlin, 512 s. ISBN 978-3-540-92705-1.
- ZENNER E.K., PECK J.E., HOBI M.L., COMMARMOT B. (2015). The dynamics of structure across scale in a primaeval European beech stand. *Forestry*, 88: 180–189.

Pod'akovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu APVV-14-0014.

Iniciální zhodnocení experimentální výsadby s bukovými poloodrostky nové generace na živném a vysýchavém stanovišti v lokalitě Vintířov-Sedlec

Initial evaluation of experimental plantation with new generation semi-saplings of European beech on nutrient-rich site with a tendency to dry-out in Vintířov-Sedlec

JOSEF GALLO*, MARTIN BALÁŠ, ROSTISLAV LINDA, JAN CUKOR, IVAN KUNEŠ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů. Kamýcká 1176, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika, *gallo@fld.czu.cz

Abstract

Semi-saplings of European beech were tested under the conditions of nutrient-rich forest clear-cut site in Doupovské hory Mts. Region – their suitability for reforestation of clear-cuts and other free sites was compared to standard-sized seedlings. Growth and prosperity characteristics were evaluated – mortality, total height, height increment, and root collar diameter. Vitality throughout the vegetation period was visually assessed.

The evaluation of the plantations after first vegetation period suggests that the mortality is slightly lower (7% and 6%, respectively) and height increment slightly higher (9 cm and 5 cm respectively) in the case of semi-saplings in comparison to standard-sized planting stock. Overall, the plantations were struck by drought, which is a general problem of spring period in the recent years.

Keywords: *Fagus sylvatica, semi-saplings, reforestation, forest regeneration, seedlings*

Abstrakt

V podmínkách živinově bohatého stanoviště v oblasti Doupovských hor byly testovány poloodrostky buku lesního – jejich vhodnost pro zalesňování holin a dalších volných ploch, přičemž byly porovnávány se standardními sazenicemi buku lesního. Byly hodnoceny charakteristiky růstu a prosperity – mortalita, celková výška, výškový přírůst a tloušťka kořenového krčku. Vizually byla hodnocena vitalita v průběhu vegetační sezóny.

Vyhodnocení výsadeb po první vegetační sezóně naznačuje mírně nižší mortalitu (7 % oproti 6 %) a vyšší přírůst (9 cm oproti 5 cm) v případě poloodrostků v porovnání se sazenicemi standardní velikosti. Celkově výsadby utrpěly přísuškem (problém jarního období posledních let obecně).

Klíčová slova: *Fagus sylvatica, poloodrostky, zalesňování, obnova lesa, sazenice*

ÚVOD

Sadební materiál listnatých druhů dřevin označovaný jako odrostky a poloodrostky nové generace (PONG; new generation saplings and semi-saplings – NGSS) se používá zejména pro doplnění již existujících porostů, tzn. k prosadbám a podsadbám.

Vypělým sadebním materiálem pro účely tohoto příspěvku a v souladu s normou ČSN 48 2115 (ČNI 1998) rozumí prostokofenné poloodrostky o výšce 51–120 cm a odrostky (velikost 121–250 cm), které během pěstování ve školce prošly zpravidla dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů nebo přesazením do obalu, popřípadě kombinací těchto operací.

Vypělý sadební materiál byl při zakládání lesa testován a upotřebován již od 50. letech 20. století (PEŘINA 1969). Tento autor ve své práci uvádí zásadní výhodu odrostků spočívající ve snížení pozdějších nákladů na vyžínání a částečně také na ochranu proti zvěři. LOKVENC (1978) doporučuje využití vypělého sadebního materiálu na zabuřených stanovištích (zkušenosti z borových porostů v tehdejší NDR), přičemž hodnotí i ekonomickou stránku. Uvádí, že nelze posuzovat pouze rozdílnost ceny sadebního materiálu, ale jde zejména o finální efekt zalesňování, to znamená o náklady a potřebu lidské práce na vypěstování zajištěné kultury.

Odstroky se využívají při výsadbách mimo les, např. při výsadbě biokoridorů (JELÍNEK, ÚRADNÍČEK 2010), při revitalizaci mokřadů (DOMOKOŠOVÁ 2006) apod. Podrobněji se u nás technikou produkce sadebního materiálu velkých dimenzí zabývali např. DUŠEK (1984), MAUER (1999), NERUDA (1999). Kromě drobných provozních pokusů (KOTEK et al. 1989; KANTOR, PEKLO 2001; VANĚČEK 2001) se však v lesnickém provozu odrostky a poloodrostky rozsáhleji neuplatnily.

Od roku 2005 se rozvíjejí aktivity výzkumného týmu Katedry pěstování lesů FLD ČZU, jejichž náplní byl původně vývoj a ověření metody odrostků a poloodrostků nové generace (PONG), později detailně popsane v publikaci BURDA et al. (2015), při vnášení listnaté příměsi do horských jehličnatých lesů (BALÁŠ, KUNEŠ 2010; KUNEŠ et al. 2011). Vypělý sadební materiál vykazoval v podmínkách horských mrazových kotlin (GALLO et al. 2014) mnohem lepší zdravotní stav a růst než standardní sazenice (KUNEŠ et al. 2014). Postupně byl sadební materiál vyšších dimenzí v experimentálních výsadbách (ve spolupráci s kolegy z VÚLHM, VS Opočno) testován i v nižších a středních polohách tak, aby výsadby pokryly co nejširší spektrum stanovištních podmínek. V rámci zmiňované výzkumné činnosti byla založena také výsadba popsána v tomto příspěvku.

Cílem příspěvku je iniciálně zhodnotit rozdíly v růstu a prosperitě poloodrostků a standardních sazenic buku lesního po první vegetační sezoně po výsadbě v podmínkách zabuřeného živného stanoviště ohroženého nedostatkem půdní vlhkosti.

MATERIÁL A METODIKA

Zájmové území se nachází na východním okraji Doupovských hor v lokalitě Sedlec u Radonic, k. ú. 692280 Mašťov (lokalizace N 50°16.5', E 13°14.93'). Nadmořská výška 425 m, PLO 4 – Doupovské hory, SLT 3B2. Klimaticky stanoviště leží v mírně teplé oblasti (QUITT 1971). Podloží tvoří terciérní alkalický bazalt (ČGS 2018), půdu lze charakterizovat jako kambizem eutrofní, místy se sklonem k oglejení, případně se zvýšeným obsahem skeletu. Lokalita se nachází na historickém majetku rodu Thurn-Taxisů, který byl zrestituován během 90. let. Majetek je zařazen do LHC s názvem Vintířov u Radonic a tvoří jej tři celky v celkové rozloze kolem 300 ha. Současným majitelem je pan Karl Ferdinand Thurn-Taxis.

Výzkumná plocha má charakter starší holiny, vzniklé kolem roku 2005, kde původní zalesnění bylo neúspěšné. Holina je obklopena dospělými smíšenými porosty se zastoupením dubu, borovice, modřínu, lípy, jasanu, břízy a dalších dřevin. Stanoviště bylo silně zabuřeno, hojně se vyskytoval ostružiník, kopřiva a trávy. Místy se vyskytovala obnova listnatých dřevin

(javor klen, osika, bříza, dub, třešeň) o výšce cca do 4 m. Jedinci byli většinou tvarově velmi nekvalitní a často poškozené zvěří (ohyz, vytloukání, odírání). Z dřevin keřovitého vzrůstu se vyskytovala zejména líska a bez červený.

Před výsadbou bylo provedeno vyžnutí vegetace (traviny, byliny a většina náletových dřevin – ponechány byly jen jedinci s kmínkem nepoškozeným od zvěře). Sazenice byly pro první zimní období ošetřeny přípravkem proti okusu zvěří Aversol, přičemž zhruba měsíc po výsadbě bylo dokončeno ochranné oplocení.

Za významnou výhodu vyspělého sadebního materiálu se považuje jeho větší odolnost vůči konkuruji vegetaci, a tím i očekávaná snížená potřeba vyžínání. Proto se ve výzkumné výsadbě v následujících několika letech nepočítá s cíleným omezováním růstu buřeně. Předpokládá se pouze ošlapání při každoročním dendrometrickém měření na konci vegetační sezony. Očekává se, že buřeň bude na tomto stanovišti poloodrostkům tvořit spíše ekologický kryt, pro standardní sazenice však bude spíše konkurencí. Případná redukce dřevinné buřeně může být provedena později podle potřeby.

Sadební materiál tvořily poloodrostky a sazenice standardní velikosti buku lesního (500 + 500 ks). Poloodrostky měly následující charakteristiky: PLO 10 – Středočeská, LVS 4, pěstební vzorec 1–2+2, výšková třída 81–120 cm; standardní sazenice pak: PLO 10 – Středočeská, LVS 4, pěstební vzorec 1–1, výšková třída 36–50 cm. Udávaná tloušťka kořenového krčku byla 11 cm u poloodrostků a 6 cm u standardních sazenic.

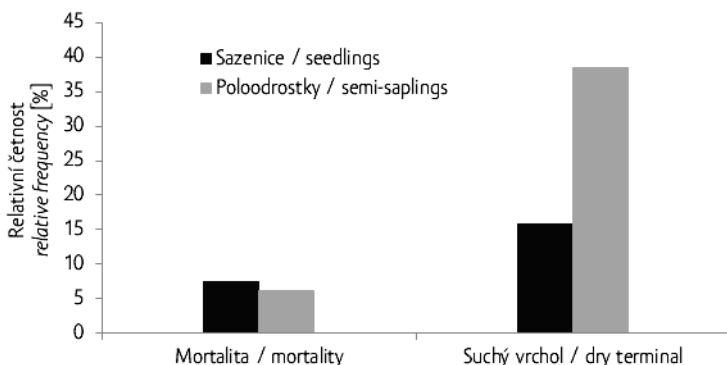
Tyto dva typy sadebního materiálu byly vysázeny ve střídajících se řadách ve sponu 1,5 × 1,2 m. Celková zalesněná plocha byla kolem 0,17 ha. Výsadbové jamky byly připraveny pomocí motorového vrtáku (popis technologie je uveden v publikaci BALÁŠ et al. 2016). Výsadba byla provedena 28. 11. 2016.

U experimentální výsadby byla v terénu hodnocena mortalita, výška stromu a tloušťka kořenového krčku. Výška byla měřena výškoměrnou latí s přesností na centimetry, tloušťka kořenového krčku pak posuvným měřítkem s přesností na milimetry. Data byla analyzována v MS Excel s využitím popisné statistiky.

VÝSLEDKY

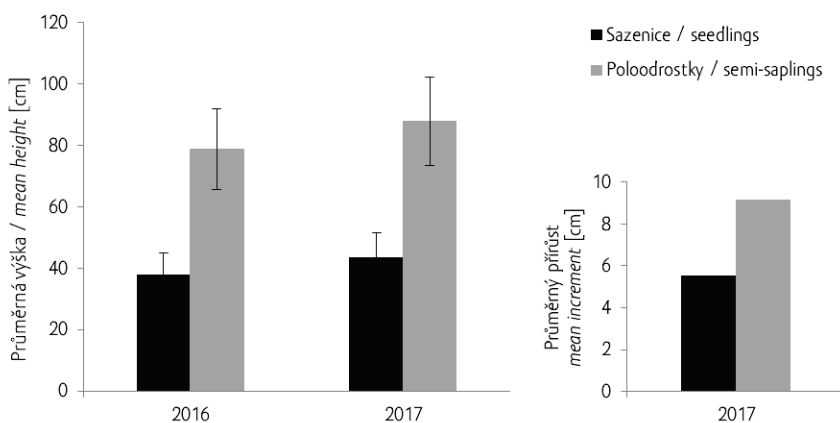
Procentuálně vyjádřená mortalita po první vegetační sezoně je uvedena na Obr. 1. Celkově ji lze hodnotit jako přijatelnou, protože zůstala u obou typů sadebního materiálu pouze v jednotkách procent, přestože jarní období (zejména květen) 2017 bylo v zájmové oblasti srážkově výrazně podnormální a teplotně nadnormální (ČHMÚ 2018). Poloodrostky dosáhly celkově nižší mortality než standardní sazenice. Naproti tomu u poloodrostků bylo ve větší míře zaznamenáno zasychání vrcholu, a to z důvodu již zmíněného kritického nedostatku vláhy v jarním období daného roku.

Z porovnání hodnot průměrné výšky vyplývá, že odrostky si oproti standardním sazenicím udržely počáteční výškový náskok. Iniciální průměrná výška byla 37,7 cm pro sazenice a 78,7 cm pro odrostky. Po prvním roce dosáhly sazenice průměrně 43,3 cm a odrostky 87,9 cm. Z toho je patrné, že odrostky vykázaly také vyšší běžný přírůst (obojí Obr. 2).



Obr. 1: Mortalita a podíl stromků se suchým vrcholem [%] u poloodrostků a sazenic běžné velikosti po první vegetační sezoně po výsadbě.

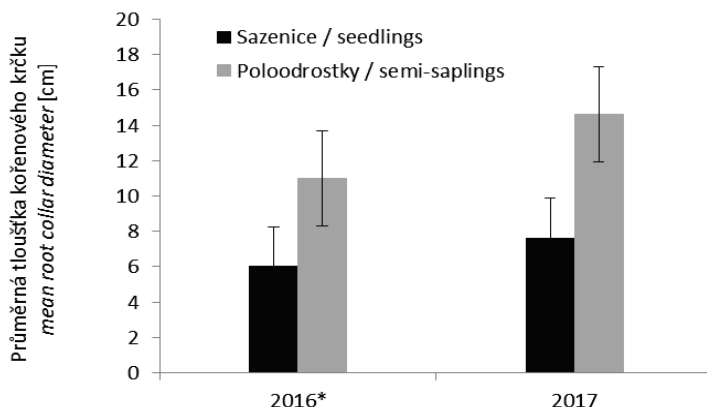
Fig. 1: Relative mortality and the share of individuals with dry (dead) terminal bud [%] in the semi-saplings and seedlings option after the first vegetation season after planting.



Obr. 2: Průměrná hodnota výšky a výškového přírůstu [cm] po první vegetační sezoně po výsadbě. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku.

Fig. 2: Mean height and height increment [cm] after first vegetation season after plantation. Error bars denote standard deviation.

Tloušťka byla zhodnocena po první vegetační sezoně. Z porovnání se vstupními charakteristikami sadebních materiálů je patrné, že u obou typů byl zaznamenán tloušťkový přírůstek, u sazenic přibližně o 1,5 mm, u poloodrostků pak přibližně o 3 mm (Obr. 3).



Obr. 3: Průměrná hodnota tloušťky kořenového krčku [cm] po první vegetační sezoně po výsadbě. Chybové úsečky znázorňují směrodatnou odchylku. *Údaj získaný z průvodního listu k sadebnímu materiálu.

Fig. 3: Mean root collar diameter [cm] first vegetation season after plantation. Error bars denote standard deviation. *Values obtained from the documentation to the planting stock.

Celkově lze průběh vegetační sezony 2017 charakterizovat jako dosti nepříznivý pro nově založené výsadby lesních dřevin. Stromky na počátku jara velmi intenzivně přirůstaly, výškový přírůst byl víceméně ukončen v červnu. Poté, kvůli výraznému nedostatku dešťových srážek, došlo k viditelnému zhoršení vitality větší části stromků (konec června až konec srpna). Na konci vegetační sezóny se stav asimilačního aparátu stromků opět zlepšil v souvislosti se zlepšenou dostupností vláhy. V následujících dvou sezonách bude zřejmě ještě třeba počítat s efektem šoku z přesazení.

DISKUSE

Nižší mortalita a vyšší výškový i tloušťkový přírůst byly u vyspělého sadebního materiálu již z různých podmínek dokladovány (VAN DEN DRIESSE 1992; STRUVE et al. 2000; KUNEŠ et al. 2014). Na základě zkušeností z dalších výsadeb, na kterých se podílel autorský tým, však existoval předpoklad, že na stanovišti limitovaném množstvím srážek bude situace složitější. Dané stanoviště je výsledkem faktorů působících ve prospěch a neprospěch vyspělého sadebního materiálu. Teoreticky by zahuštění mělo hovořit spíše ve prospěch odrostků, z důvodu výše posazeného terminálního pupene, a tím možnosti rychleji odrůst negativně působící konkurující vegetaci. U výsadeb poloodrostků a odrostků většinou nepočítá s vyžínáním – však je to také jedna z hlavních výhod. Pokud však v případě extrémního rozvoje buřene musí být vyžínání přesto aplikováno, mají poloodrostky a odrostky oproti malým sazenicím výhodu v lepší viditelnosti, čímž lze minimalizovat ztráty useknutím.

Na druhou stranu vyšší velikost sadebního materiálu je nevýhodou při nedostatečných srážkách a nízké půdní i vzdušné vlhkosti. Předběžné zhodnocení této výsadby tyto předpoklady podporuje. Komplexní vyhodnocení této experimentální výsadby bude možné až za několik let a bude naplnit dalších studií.

Podle zkušeností ze zájmové oblasti je pasečné hospodaření na živném a vysychavém stanovišti značně problematické. Nezdár zalesnění bývá v těchto podmínkách nejčastěji způsoben vlivem útlaku buřene, nedostatkem vody v půdě, poškozením stromků zvěří. Pokud

nastane situace, že musí být provedena holoseč (typicky se jedná o starší porost se sníženým zakmeněním, kde již došlo k rozvoji buřeně a přirozená obnova se z různých důvodů nezdařila), je nezbytné plochu bezodkladně zalesnit a účinně chránit proti zvěři. Každé zpoždění v zalesnění má za následek zvýšení výškového náskoku buřeně oproti vysazeným stromkům s nutností velmi nákladného ožínání. Podobná situace nastává, pokud dojde u prvního zalesnění ke ztrátám, ať už z jakéhokoliv důvodu.

Takové holiny jsou velmi obtížně zalesnitelné a prakticky jedinou reálnou možností je použití vyspělého sadebního materiálu v dimenzích poloodrostků (případně odrostků). To byl případ i naší plochy, kterou se po několika dřívějších neúspěšných pokusech provozního charakteru podařilo zalesnit až v rámci založení výzkumné plochy popsané v tomto příspěvku.

Pro úplnost je třeba doplnit, že výsadba sadebního materiálu v dimenzích odrostků a poloodrostků by provozně nebyla možná bez uplatnění metody přípravy sadebních jamek pomocí motorového jamkovače – vrtáku (STIHL 2006). Jamkovačem lze relativně snadno vytvořit plnohodnotné jamky, které poskytující dostatek prostoru bohatému a kompaktnímu kořenovému systému velkých sazenic, což by s použitím ručního nářadí (sekeromotyky) bylo v požadované kvalitě a rychlosti prakticky nezvladatelné (BALÁŠ et al. 2016).

Za zmínku dále stojí vývoj vegetace na výzkumné ploše. Po využití a oplocení plochy došlo v následujícím roce ke značnému rozvoji dřevinné vegetace, zejména jedinců výmladkového původu, ale zřejmě semenných jedinců, dosud trvale poškozených zvěří. Kromě keřů (bez černý, líska obecná) měly mezi stromovými dřevinami nejrychlejší růst javor klen, dále pak topol osika, bříza bělokora, ale i duby a jilmy. Dynamický vývoj vegetace v oplocence je dokladem značného tlaku zvěře v této lokalitě.

ZÁVĚR

Příspěvek přináší prvotní informaci o založení experimentu, jehož cílem je srovnání úspěšnosti zalesnění pomocí poloodrostků nové generace v porovnání se sazenicemi standardní velikosti, a to v podmínkách živného stanoviště se zvýšenou intenzitou působení buřeně. Relevantní výsledky srovnání růstu sadebního materiálu různé počáteční velikosti lze očekávat až po několika letech. Předběžné zhodnocení úspěšnosti výsadby ukazuje na dobré možnosti uplatnění vyspělého sadebního materiálu. Mortalita byla po první vegetační sezoně poměrně nízká, v řádech jednotek procent. Počáteční výškový náskok poloodrostků se během první vegetační sezony ještě zvýšil díky vyššímu průměrnému přírůstu poloodrostků (9 cm) oproti standardním sazenicím (5,5 cm). Jako nejvýznamnější limitující faktor ovlivňující růst vysazených jedinců lze pro standardní sazenice zřejmě považovat konkurenci buřeně (terminály sazenic jsou výrazně pod úrovní konkurující vegetace); poloodrostky bude zřejmě spíše více limitovat dostupnost vody v půdě, jak naznačuje vyšší podíl jedinců se zaschlým vrcholem.

LITERATURA

- BALÁŠ M., KUNEŠ I. (2010): Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. *Lesnická práce*, 89: 11: 20–22, ISSN 0322-9254.
- BALÁŠ M., KUNEŠ I., NÁROVCOVÁ J. (2016): Zkušenosti s použitím přenosného motorového jamkovače při zakládání lesa. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61: 4: 262–270, ISSN 0322-9688.

- BURDA P., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ I., BALÁŠ M., MACHOVIČ I. (2015): Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách: Certifikovaná metodika – Lesnický průvodce 3/2015, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 56 s., ISBN 978-80-7417-097-3.
- ČGS (2018): Geologická mapa 1 : 50 000. Česká geologická služba. Dostupné na: <<https://mapy.geology.cz/geocr50>>, [cit. 26–02–2018].
- ČHMÚ (2018): Historická data. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné na: <<http://portal.chmi.cz/historicka-data>>, [cit. 15–05–2018].
- ČNI (1998): Česká technická norma: ČSN 48 2115 – Sadební materiál lesních dřevin. Katalogové číslo 52088, obor: lesnictví, pěstování lesa. Český normalizační institut, Praha, 17 s., ve znění pozdějších změn.
- DOMOKOŠOVÁ K. (2006): Revitalizace ve venkovské krajině. In: Venkovská krajina. Sborník příspěvků, mezinárodní mezioborová konference, Slavičín a Hostětín, 12.–14. 5. 2006, Centrum Veronica, Hostětín a Český svaz ochránců přírody, Brno, 222 s., ISBN 80-239-7166-2, s. 16–19.
- DUŠEK V. (1984): Pěstování prostokořenných poloodrostků. Lesnický průvodce 1/1984, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady, 27 s.
- GALLO J., KUNEŠ I., BALÁŠ M., NOVÁKOVÁ O., DRURY M.L. (2014): Occurrence of frost episodes and their dynamics in height gradient above the ground in the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 60: 1: 35–41, ISSN 1212-4834.
- JELÍNEK B., ÚRADNÍČEK L. (2010): Malé nebo velké sazenice? In: Petrová, A. (ed.): ÚSES – Zelená páteř krajiny 2010. Sborník ze semináře, Brno, 8.–9. 9. 2010, Ministerstvo životního prostředí ČR a Česká společnost pro krajinnou ekologii – regionální organizace CZ–IALE, Kostelec na Hané, 104 s., ISBN 978-80-86636-30-6, s. 56–62.
- KANTOR P., PEKLO Z. (2001): Hodnocení výsadeb odrostků buku na Školním polesí Hůrky. *Lesnická práce*, 80: 10: 444–446, ISSN 0322-9254.
- 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, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 50 s., ISBN 978-80-7417-048-5.
- KOTEK K., HABART F., NEUMANN J. (1989): Výsadba bukových odrostků na ŠP Hůrka u SLŠ Písek. *Lesnická práce*, 68: 3: 120–124, ISSN 0322-9254.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., ZAHRADNÍK D., NOVÁKOVÁ O., GALLO J., NÁROVCOVÁ J., DRURY M. L. (2014): Role of planting stock size and fertilizing in initial growth performance of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) reforestation in a mountain frost hollow. *Forest Systems*, 23:2: 273–287, ISSN 2171-5068, eISSN 2171-9845.
- LOKVENC T. (1978): Problematika zalesňování velkými sazenicemi. *Lesnická práce*, 57: 4: 153–157.
- MAUER O. (1999): Pěstování poloodrostků listnatých dřevin. *Lesnická práce*, 78: 2: 66–69, ISSN 0322-9254.
- NERUDA J. 1999. Technika pro produkci a výsadbu velkého sadebního materiálu lesních dřevin. *Journal of Forest Science*, 45: 1: 2–15.
- PEŘINA V. (1969): Příspěvek k používání listnatých odrostků. *Lesnická práce*, 48: 4: 171–176.

- STIHL (2006): Stihl BT 121 – Instruction Manual. Andreas Stihl AG & Co, KG, 65 s.
Dostupné na: <<https://www.manualowl.com/m/Stihl/BT-121-Earth-Auger/Manual/368509>>, [cit. 2015-12-14].
- STRUVE D. K., BURCHFIELD L., MAUPIN C. (2000): Survival and growth of transplanted large- and small-caliper red oaks. *Journal of Arboriculture*, 26: 3: 162–169, ISSN 0278-5226.
- QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, Praha, 73 s.
- VAN DEN DRIESSCHE R. (1992): Absolute and relative growth of Douglas-fir seedlings of different sizes. *Tree Physiology*, 10: 2: 141–152, ISSN 1758-4469.
- VANĚČEK J. (2001): Jak dosáhnout zajištěné kultury během jednoho dne. *Lesnická práce*, 80: 7: 308–309, ISSN 0322-9254.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu IGA č. 2018/18/18. Založení výsadby a výzkumná šetření byla provedena s využitím zázemí Výzkumné stanice Truba. Autoři děkují Lesní správě Vintířov u Radonic a majiteli panu Karlu Ferdinandovi Thurn und Taxis za spolupráci a umožnění založení experimentální plochy.

Zhodnocení výsadby Paulownie klon in vitro 112 v České republice

Evaluation of planting of Paulownia clone in vitro 112 in Czech republic

JIŘÍ KADLEC*, KATEŘINA NOVOSADOVÁ, MICHAL MÁCHA, RADEK POKORNÝ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, *xkadlec4@node.mendelu.cz

Abstract

In 2016, the first large plantation of Paulownia was established in the Czech Republic. Hybrid Paulownia fortunei × Paulownia elongata as Paulownia clone in vitro 112 was chosen from dozen hybrids. Plantation „Topolní liché“ near Střelice u Brna with 686 saplings was divided into the four sectors, due to different terrain micro-relief, climatic conditions and biotechnology of plantation. Three sectors were planted using drill bit of 30 cm diameter and they were divided according to slope: south slope, plain and north slope. The fourth sector was planted using 20 cm diameter drill bit and it was conducted all type of site exposure. The results show that a hole must be wide more than 20 cm, because high mortality and low growth rate were obvious on plants which were planted using 20 cm drill bit. According to the site exposure, Paulownia in vitro 112 has grown well especially on a plain or south slope area. However, the climatic conditions in the Czech Republic are different comparing to the Mediterranean ones, which are the most suitable for Paulownia, Paulownia in vitro 112 can grow under conditions of CR.

Keywords: plantation; mortality; growing; Paulownia clone in vitro 112

Abstrakt

V roce 2016 byla založena první rozsáhlejší plantáž paulownie v ČR. Z desítek hybridů byl vybrán klon paulownie in vitro 112, který je křížencem *Paulownia fortunei* × *Paulownia elongata*. Plantáž „Topolní liché“ ve Střelicích u Brna, na které bylo vysázeno 686 sazenic, byla rozdělena dle mikro-reliéfu, mikroklimatických podmínek a biotechniky výsadby do čtyř sektorů. První tři sektory – jižní svah, rovina a severní svah byly vysazovány pomocí vrtáku o průměru 30 cm. Poslední čtvrtý sektor probíhal všemi typy expozice, pro výsadbu zde byl však použit vrták o průměru 20 cm. Z výsledku je patrné, že jamka musí mít šířku větší než 20 cm, protože při šířce jamky 20 cm se zvyšuje mortalita a rostliny špatně odrůstají. Podle expozice je nejvhodnější pěstovat paulownie na rovinatém pozemku nebo na ploše s jižní expozicí. Přestože klimatické podmínky v ČR jsou odlišné od semiaridního klimatu, pro kterou byl klon in vitro 112 vyšlechtěn, je možné, že při vhodné biotechnice výsadby a následné péči je možné dosáhnout zdáného odrůstání i v podmínkách ČR.

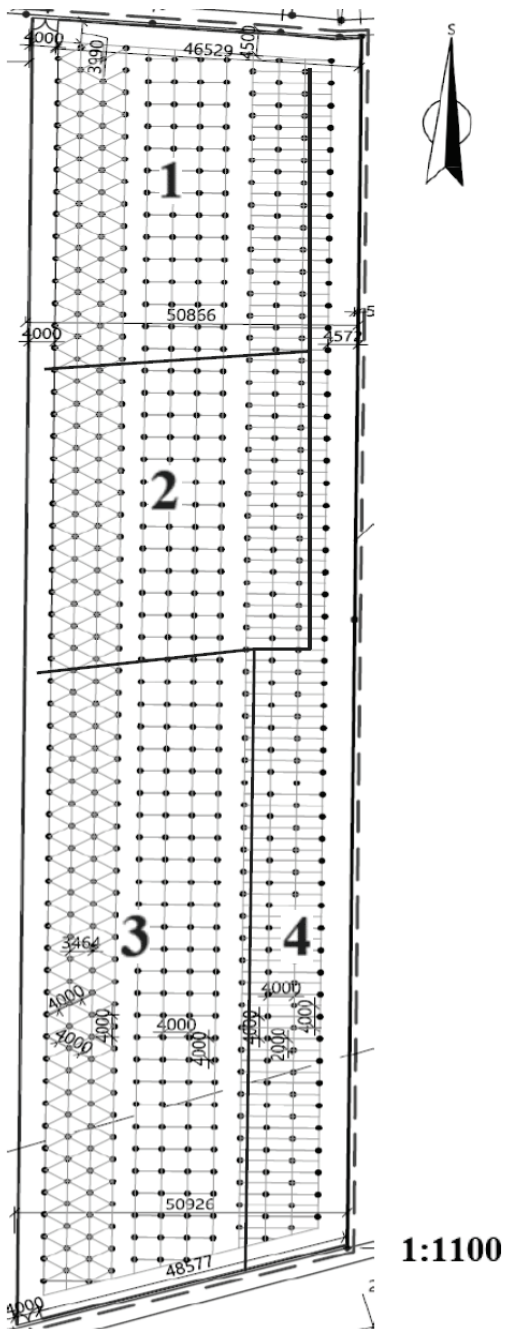
Klíčová slova: plantáž; mortalita; odrůstání; Paulownie klon in vitro 112

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V současné době narůstá poptávka po dřevní hmotě. Ta je požadována nejen jako biomasa na výrobu energetické štěpky, ale stoupá i poptávka po výřezech. Jednou z možností, jak na vznikající poptávku odpovědět, je využití rychle rostoucích dřevin. Plantáže topolů a vrb poptávku po kvalitních výřezech vhodných pro pilařské zpracování nesplní. Z tohoto důvodu se zkoušejí vlastníci přeorientovávat i na jiné dřeviny, které by mohly být využity nejen na biomasu, ale i na výřezy (WEGER, HAVLÍČKOVÁ 2002). Takovouto dřevinou by mohla být i paulovnie. Pro výsadbu v ČR byla vybrána paulovnie klon in vitro 112 jako kříženec *Paulownia fortunei* × *Paulownia elongata* s certifikátem neinvazivnosti díky infertilním semenům. Přestože je tento klon vhodný pro semi-aridní klima (GARCÍA-MOROTE et al. 2014), podle BIKFALVI (2014) se vyznačuje vysokou přizpůsobivostí místním klimatickým poměrům. CUOMO (2014) vyzdvihuje především jeho odolnost proti extrémně nízkým teplotám (až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). V přirozeném areálu paulovnie je úhrn srážek výrazně variabilní, a to od 500 mm až po 3 000 mm za rok, a na některých lokalitách je celkový úhrn srážek dokonce pod 500 mm za rok (ZHAO-HUA et al. 1986). Podle ICKA et al. (2016) paulovnie klon in vitro 112 má rychlejší růst ve srovnání s jinými hybridy paulovnie, kdy v Albánii po prvním roce výsadby dosahují stromy výčetní tloušťky 5 cm a výšky 4 m. Zpráva vydaná UCLM (2013) uvádí, že ve Španělsku po šesti letech mohou stromy dosáhnout výčetního průměru kmene 30 cm, výšku 16 m a objem kmene $0,5\text{ m}^3$. Tento klon je tedy třeba testovat, zda bude mít obdobné růstové vlastnosti v podmínkách ČR, stejně jako v semi-aridním klimatu, přestože v ČR panují rozdílné teplotní a srážkové podmínky. Je třeba testovat, zda a jak mikroklimatické podmínky vybraných stanovišť v ČR ovlivňují životnost plantážové výsadby a její odrůstání.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumná plocha se nachází na dolní části soukromé oplocené plantáže („Topolní líchy“) v blízkosti Střelice u Brna ($49^{\circ}15'460,56''\text{ N}$; $16^{\circ}47'179,14''\text{ E}$). Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 300–320 m n. m. Plocha se nachází na zemědělské půdě, hnědozemi luvické, s hloubkou do 110 cm. Roční úhrn srážek byl v letech 2016 a 2017 dle meteorologické stanice v Brně-Tuřanech 524 mm, respektive 452 mm. Nejnižší průměrná měsíční teplota vzduchu byla zaznamenána vždy v lednu. V roce 2016 byla nejnižší průměrná měsíční teplota $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v roce 2017 to bylo $-8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. V květnu 2016 bylo na ploše vysázeno 686 sazenic ve sponu $4 \times 4\text{ m}$ a každá vysazovaná sazenice dostala svoje identifikační číslo dle řady, ve které se nachází, a pořadí v dané řadě. V červnu 2016 bylo provedeno vylepšení plantáže, kdy mrtvé rostliny byly nahrazeny živými sazenicemi. Plantáž Topolní líchy byla rozdělena na 4 sektory (Obr. 1.) Tři sektory byly vymezeny expozicí, sklonem svahu a sazenice byly vysazovány stejnou biotechnikou, jeden sektor byl vysazen odlišnou biotechnikou (Tab. 1., Obr. 1.).



Obr. 1: Rozdělení plantáže na sektory.

Fig. 1: Distribution plantation on sectors.

Tab. 1: Popis sektorů.**Tab. 1:** Description of the sectors.

Sektor sector	Název title	Expozice exposure	Sklon [%] slope	Tvar sklonu shape of slope	Biotechnika výsadby (průměr vrtáku) biotechnic of planting (diameter of auger)	Počet sazenic number of saplings
1.	Jižní	Jih	7	Přímka	30 cm	161
2.	Rovina	Jih	0	Konkávní (rovinatý)	30 cm	151
3.	Severní	Sever	2	Přímka	30 cm	272
4.	20 cm vrták	Jih-sever	7-0-2	Přímka-konkávní-přímka	20 cm	102

Od výsadby do současnosti se vždy na podzim – po ukončení vegetačního období – měřila výška kmene a tloušťka kmene v 10 cm nad povrchem půdy. Na jaře se měřila výška živé části kmene, neboť rostliny byly poškozeny mrazem. Toto měření se provádělo v dubnu. Vzhledem k tomu, že v dubnu ještě některé rostliny nebyly narašeny a vypadaly jako odumřelé (obzvláště malé, tenké rostliny), opakovala se měření plantáže i v květnu, kdy po narašení pupenů bylo možné zjistit konečnou mortalitu a délku vymrznutí nadzemní části. Poté byla nadzemní část všech rostlin odštířena těsně nad zemí, aby nevznikl bajonetový růst.

Vzhledem k tomu, že každý strom je jedinečný a identifikovatelný v prostoru, zjišťovala se z porovnání s předchozím měřením i mortalita. V rámci mortality byla zjišťována mortalita po výsadbě a mortalita během následného růstu rostlin. Mortalita po výsadbě byla zjišťována jeden měsíc po výsadbě a následně byly mrtvé sazenice nahrazeny živými. Mortalita během následného růstu rostlin byla počítána od vylepšení a zjišťovala se jako změna, která nastala přes vegetační nebo zimní období.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v softwaru STATISTICA s intervalem spolehlivosti 95 %. Normalita a homogenita dat byla zkoumána pomocí Shapiro-Wilkova testu. Dle výsledků Shapiro-Wilkova testu normality a Bartlettova testu shody rozptylů nebylo možné použít parametrickou ANOVU. Proto byla použita její neparametrická obdoba, založená na principu Kruskal-Wallisova testu.

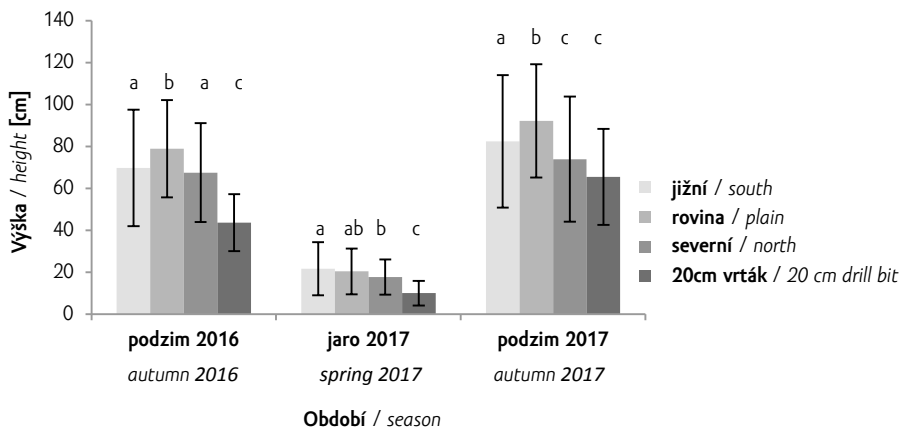
VÝSLEDKY

Měsíc po výsadbě se mortalita pohybovala v rozmezí od 0 do téměř 7 % v závislosti na expozici a technice výsadby. Nejnížší mortalita byla na rovině s jižní expozicí (0 %) a na severní expozici s mírným svahem (1,4 %), (Tab. 2.). Největší mortalita byla při použití vrtáku 20 cm (6,8 %) a na svahu s jižní expozicí (5,6 %). Uhynulé rostliny byly vylepšeny. Následující mortalita se počítala jako celková suma uhynulých rostlin od vylepšení do podzimu 2017. Přes vegetační sezónu r. 2016 byla nejvyšší úmrtnost na mírném svahu se severní expozicí, nejnížší na rovině. Přes zimu byla mortalita nejvyšší v sektoru 4 s použitím 20cm průměru vrtáku (5 %) a na severní expozici (4,4 %), nejmenší na rovině (2 %). Je třeba podotknout, že úmrtnost rostlin přes zimu byla na severní expozici pouze 0,4 %, zatímco u výsadby s použitím 20cm vrtáku rovné 4 %. Po vegetační sezóně 2017 byla mortalita největší také v sektoru 4 s použitím 20 cm vrtákem při výsadbě (7 %) a nejnížší na rovině (3,3 %).

Tab. 2: Mortalita paulovnie podle sektorů v %.**Tab. 2:** Mortality of *Paulownia* according to the sectors in %.

Sektor sector	2016 Vylepšení 2016 Repair planting	2016 Podzim 2016 Autumn	2017 Jaro 2017 Spring	2017 Podzim 2017 Autumn
Jižní	5,6	1,9	3,1	3,7
Rovina	0	0,7	2,0	3,3
Severní	1,4	4	4,4	5,5
20cm vrták	6,8	1	5	7

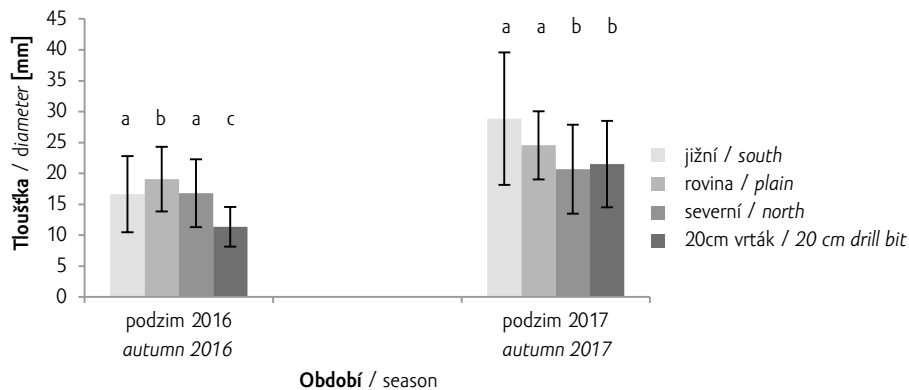
Výška sazenic byla při výsadbě obdobná. Dodavatel dodává sazenice, které jsou výškově málo diferencované (± 5 cm). Avšak již na podzim 2016 byla patrná rozdílnost ve výšce rostlin (Obr. 2). Nejvyšší průměrná (\pm sm. odch.) výška rostlin byla naměřena na rovině (78,9 cm \pm 23,2 cm). Rostliny byly rozdílné ode všech ostatních variant, rostliny na rovině byly vyšší o 12 % než rostliny na jižním svahu ($p = 0,008$), o 14 % než rostliny na severním svahu ($p < 0,001$) a o 45 % než rostliny vysazované 20 cm vrtákem ($p < 0,001$). Rostliny s nejnižší nadzemní částí byly nalezeny v sektoru, kde byla výsadba realizována vrtákem o průměru 20 cm (43,5 cm \pm 13,6 cm). Ty byly statisticky nižší nejen od rostlin na rovině, ale i od rostlin na jižním svahu (o 59 %; $p < 0,001$) a severním svahu (o 55 %; $p < 0,001$). Po zimě byla nadzemní část všech rostlin poškozena mrazem. Nejvyšší, nejméně poškozené mrazem, byly rostliny, které rostly na jižním svahu (21,3 \pm 12,7 cm). Tyto rostliny byly statisticky vyšší než rostliny, které byly vysazeny na severním svahu, a to o 19 % ($p = 0,002$). A od rostlin, které byly vysazeny pomocí 20 cm vrtáku, byly vyšší o 55 % ($p < 0,001$). Rostliny s nejnižší nadzemní částí byly nalezeny v sektoru, kde byla výsadba realizována vrtákem o průměru 20 cm (9,94 cm \pm 5,8 cm). Odlišovaly se nejen od rostlin na jižním svahu, ale i od ostatních variant, kdy byly nižší o 78 % ($p < 0,001$) od rostlin, které byly vysazovány na severním svahu, a od rostlin na rovině o 104 % ($p < 0,001$). Po vegetační sezóně 2017 byly výsledky podobné jako po první vegetační sezóně. Nejvyšší byly rostliny, které rostly na rovině (92,2 cm \pm 27 cm). Tyto rostliny byly vyšší než všechny ostatní varianty. Výškový rozdíl rostlin na rovině byl od rostlin, které rostly na jižním svahu, 11 % ($p = 0,034$), od rostlin, které rostly na severním svahu, byl 20 % ($p < 0,001$), a od rostlin, které byly vysazeny 20 cm vrtákem, byl 29 % ($p < 0,001$). Naopak nejnižší rostliny rostly po výsadbě 20 cm vrtákem (65,5 cm \pm 22,9 cm). Tyto rostliny byly nižší nejen od rostlin na rovině, ale i od rostlin na jižním svahu, a to o 26 % ($p < 0,001$).



Obr. 2: Výška paulovnií dle sektorů. Statistické homogenní skupiny jsou označeny malými písmeny.

Fig 2: Height of *Paulownia* according to sectors. Statistical homogenous groups are marked small letters.

Tloušťka sazenic byla při výsadbě obdobná. Dodavatel dodává sazenice, které jsou tloušťkově málo diferencované. Po první vegetační sezóně (2016) byl trend tloušťky obdobný jako trend výšky (Obr. 3). Nejtlustší rostliny rostly na rovině (19,1 mm ± 6,1 mm). Tloušťkový rozdíl byl oproti rostlinám, které rostly na jižním svahu o 13 % ($p = 0,001$), oproti rostlinám, které rostly na severním svahu 12 % ($p = 0,001$), a oproti rostlinám, které byly vysazovány 20 cm vrtákem o 59 % ($p < 0,001$). Nejtenčí rostliny byly vysázené za použití 20 cm vrtáku (13,6 mm ± 3,2 mm). Tloušťka byla rozdílná nejen od rostlin, které byly vysázeny na rovině, ale i od rostlin, které rostly na jižním svahu (46 %; $p < 0,001$), a od rostlin, které rostly na severním svahu (47 %; $p < 0,001$). Dvě vegetační sezóny po výsadbě (tj. v r. 2017) byla tloušťka rostlin jiná. Nejtlustší rostliny rostly na jižním svahu (28,9 mm ± 10,7 mm). Byly rozdílné od rostlin, které rostly na severním svahu (29 %; $p < 0,001$), a od rostlin vysazovaných 20 cm vrtákem (26 %; $p < 0,001$). Nejmenší rostliny rostly na severním svahu (20,7 mm ± 7,2 mm). Tyto rostliny byly tenčí pouze od rostlin, které rostly na jižním svahu a na rovině (18 %; $p < 0,001$).



Obr. 3: Tloušťka paulovnií dle sektorů. Statistické homogenní skupiny jsou označeny malými písmeny.

Fig 3: Diameter of Paulownia according to sectors. Statistical homogenous groups are marked small letters.

DISKUSE

Mortalita může být způsobena několika faktory. Těmito faktory mimo jiné mohou být nepříznivé půdní podmínky, specifické mikroklima nebo nevhodná biotechnika výsadby (COLAK 2003; FUERST et al. 2007; ČÍŽKOVÁ et al. 2008; BALCAR et al. 2012; BARBEITO et al. 2012). Půdní podmínky byly pro celou plantáž víceméně stejné. Na výsadbu tedy mohly působit specifické mikroklima a nevhodná technika výsadby. Jako nejhorší sektor se prozatím jevil sektor 4, tedy rostliny, které byly vysazovány pomocí vrtáku s průměrem 20 cm. V ostatních sektorech byl použit vrták s průměrem 30 cm. Ve všech sektorech bylo dno jamky v hloubce cca 80 cm. Mortalita ihned po výsadbě byla v sektoru s 20 cm vrtákem téměř 7 % a současnosti je také 7 %, což je nejvíce ze všech sektorů. Firma Paulovniamoravia.cz (2013) na svých stránkách doporučuje při výsadbě jamku, která bude mít šíři více než 40 cm a hloubku minimálně 30 cm. Firma Bio Tree (2017) doporučuje hloubku od 40 cm v závislosti na uléhavosti půdy.

Při konfrontaci výsledků s doporučeními od dodavatelských firem je zřejmé, že byla hloubka jamek provedena dostatečně, avšak šíře jamek byla ve všech případech nedostatečná. Lze předpokládat, že zatímco 30 cm průměr jamky je na spodní hranici životaschopnosti rostlin a neposkytuje optimální podmínky pro odrůstání výsadby, 20 cm průměr jamek je zcela nevyhovující. Specifické mikroklima podle výsledků také ovlivňuje výsadbu. Ihned po výsadbě negativně ovlivnila životaschopnost sazenic jižní expozice, kdy mortalita byla téměř 6 %. Půda na jižní expozici je náchylnější na vysychání a teplota dosahuje vyšších hodnot nežli na rovině nebo na severní expozici (KORPEL 1991). Množství srážek je pro pěstování paulovnie jeden z limitujících faktorů. Pro paulovnie ZHAO-HUA et al. (1986) uvádějí, že úhrn srážek se na přirozených lokalitách pohybuje v rozmezí 500 až 3 000 mm. UCLM (2016) udává pro růst paulovnie klon in vitro 112 hodnotu minimálně 750 mm srážek za rok. TGG (2011) popisují, že nejmenší měsíční množství srážek v prvním roce musí být 150 mm a v dalších letech minimálně 50 mm. ZHAO-HUA et al. (1986) uvádějí, že při menších množstvích srážek – pod 500 mm – musí být srážky především ve vegetačním období. Podle tuňanské meteorologické stanice byl celkový úhrn srážek 524 mm v roce 2016 a v následujícím

roce pouze 452 mm, přičemž v roce 2016 měsíční úhrn srážek nebyl ve vegetačním období vyšší než 100 mm a v roce 2017 pouze v červenci a září přesáhl měsíční úhrn 50 mm. Při porovnání naměřených srážek ze stanice a potřebných srážek získaných z literatury je patrný naprostý nedostatek srážek pro dobrý růst a životaschopnost rostlin. Koresponduje to i s výsledky z plantáže při přihlédnutí k jednotlivým sektorům. Na rovině, která má konkávní tvar, byly srážky více zadrženy, naproti tomu na svahu srážky stékaly. Z tohoto důvodu mohla být nižší mortalita rostlin na rovině oproti ostatním variantám.

Výška i tloušťka rostlin v jednotlivých sektorech má podobný trend jako mortalita. S největší pravděpodobností ji ovlivňují stejné faktory jako mortalitu. Je však podstatné více rozebrat limitující faktor pro pěstování paulovnie a tím je mráz. Přestože CUOMO (2014) popisuje, že paulovnie klon in vitro 112 snese i teplotu $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, na plantáži byla dle tuřanské meteorologické stanice nejnižší teplota $-17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nadzemní části všech rostlin byly poškozeny mrazem. S promrznutím kmínku u všech rostlin může také souviset kratší vegetační doba v klimatických podmínkách ČR ve srovnání s oblastmi, ve kterých byl klon in vitro 112 odpěstován. Kmínek v podmínkách ČR nestihne dostatečně vyzrát, zdřevnatět a dojde snadněji k jeho vymrznutí. Největší promrzlá část rostlin byla zjištěna u výsadb s vrtákem o průměru 20 cm. To mohlo být způsobené jak celkově nižší výškou rostlin, ale především menším průměrem kořenového krčku potažmo celé rostliny, a tím došlo k jeho rychlejšímu promrznutí.

Porovnat plantáž v ČR s plantážemi v zahraničí je problematické. Prozatím existuje velice málo prací, které by se vztahovaly k prvním letům po výsadbě paulovnie klon in vitro 112. Jednou z mála prací je publikace ICKA et al. (2016), podle které po prvním roce výsadby dosahují stromy výčetní tloušťky 5 cm a výšky 4 m. Zpráva vydaná UCLM (2013) uvádí, že po šesti letech od výsadby měly průměr ve výčetní výšce 30 cm, výšku 16 m a objem kmene $0,5\text{ m}^3$. Pokud bychom srovnali průměrný výškový a tloušťkový přírůst u výsadby po šesti letech, pak bychom dostali hodnoty: roční přírůst výškový byl 2,66 m a roční tloušťkový přírůst 5 cm. Nejvyšší průměrná výška byla naměřena v sektoru rovina, avšak dosahovala v prvním roce necelých 80 cm a ve druhém roce, kdy došlo k dekapitaci nadzemní části rostlin, pouze 96 cm. Ani jedna z těchto hodnot za rok 2016 a 2017 nedosahovala průměrného výškového přírůstu zjištěného dle UCLM (2013), a dokonce nedosahovala ani $\frac{1}{4}$ výšky, kterou naměřili ICKA et al. (2016). Tloušťkový přírůst nebylo možno porovnat, protože UCLM (2013) i ICKA et al. (2016) měřili tloušťku kmene ve výčetní tloušťce, zatímco na plantáži nedosahovaly rostliny ani výšky výčetní tloušťky. Důvodem, proč paulovnie na plantáži v ČR nedosahují ani zdaleka výšky a tloušťky jako v Albánii nebo Španělsku, by mohl být menší úhrn srážek nežli je v těchto zemích, a kratší vegetační sezóna. Zpomalení růstu potvrzuje předpoklady Bio Tree (2016), který uvádí, že nedostatek vláhy po prvním roce stromy přežijí, ale zpomalí se jejich růst.

ZÁVĚR

První dva roky po výsadbě jsou výsledky z první několikahektarové plantáže paulovnie v ČR poměrně rozporuplné. Výsadba ani zdaleka nedosahuje morfologických parametrů, které jsou běžné pro tuto rostlinu v semiaridním prostředí. Avšak pro tyto oblasti je charakteristické mírné mediteránní klima, což je především delší vegetační doba s vyšším úhrnem srážek. Z tohoto důvodu je možné, že růst rostlin v ČR bude zpomalený a doba obmýetí bude delší. Dle současných výsledků se jeví jako nejvhodnější plocha pro pěstování paulovnie rovina popřípadě mírný svah s jižní expozicí, kde nejlépe odrůstá a méně trpí na zimní mrazy.

Při výsadbě je zapotřebí klást důraz na velikost jamky, u které bylo zjištěno, že minimální průměr jamky pro zdárné odrůstání výsadby je 30 cm, ale doporučuje se jamka i větší. Nutné je zajistit dostatečné množství vody především v prvních letech po výsadbě.

Začíná být zřejmé, že firmou Oxytree – Česká republika (2016), které má na svých promovideích deklarovanou výtěžnost dřevní hmoty za šest let, je pro podmínky České republiky dle prvních výsledků nereálná. Jednou z možných cest pro dosažení uváděných růstových vlastností v podmínkách ČR je upravení pěstebních postupů. Například výsadba silnějšího a vyššího sadebního materiálu s větším kořenovým systémem, navýšení množství vody pomocí závlahy především v prvních dvou letech po výsadbě a využití specifických zazimovacích technik proti působení mrazu, jako jsou ovazy nebo přihnojování borem aj. Tato problematika však bude komplexně dále rozvíjena, aby bylo docíleno kýženého výsledku.

LITERATURA

- BALCAR V., ŠPULÁK O., KACÁLEK D., KUNEŠ I. (2012): Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka – I. Srážky a půdní vlhkost. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 74–81.
- BARBEITO I., DAWES M., RIXEN C.H., SENN J., BEBI P. (2012): Factors driving mortality and growth at tree line: a 30-year experiment of 92 000 conifers. Ecology, 93: 389–401.
- BIKFALVI M. (2014): *Paulownia* – The intelligent tree. Dostupné na: <<http://www.paulowniagreene.ro/wp-content/uploads/2012/11/Paulownia-Clon-in-Vitro-and-Paulownia-Cotevisa-2-Presentation-EN.pdf>>, [cit. 10-04-2018].
- Bio tree (2016): Short station cycles, good practices, directions and instructions. Good practices and instructions. Dostupné na: <<http://paulowniatrees.eu/eng/wp-content/uploads/2016/02/EN-Best-Practices-Paulownia-1.pdf>>, [cit. 10-04-2018].
- Bio tree (2017): Paulownia. Dostupné na: <<http://paulowniatrees.eu/products/paulownia-planting-material/>>, [cit. 10-04-2018].
- COLAK A.H. (2003): Effects of microsite conditions on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in high-elevation planting. Forstwissenschaftliches centralblatt, 122: 36–46.
- CUOMO F. (2014): Progetto clone in vitro 112® La nuova grande opportunità per liagricoltura. AGRI innovazioni.
- ČÍŽKOVÁ S., ŠARAPATKA B., KULIŠŤÁKOVÁ L. (2008): Nelesní dřevinná vegetace. Návrhy, výsadba a údržba. Metodika pro praxi. Olomouc: Bioinstitut, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci a Ministerstvo životního prostředí České republiky, 39 s.
- FUERST CH., VACIK H., LORZ C., MAKESCHIN F., PODRÁZSKÝ V. (2007): Meeting the challenges of process-oriented forest management. Forest Ecology and Management, 248: 1–5.
- GARCÍA-MOROTE F.A., LÓPEZ-SERRANO F.R., MARTÍNEZ-GARCÍA E., ANDRÉS-ABELLÁN M., DADI T., CANDEL D., RUBIO E., LUCAS-BORJA M.E. (2014): Stem Biomass Production of *Paulownia elongata* × *P. fortunei* under Low Irrigation in a Semi-Arid Environment. Forests, 5: 2505–2520.
- ICKA P., DAMO R., ECKA E. (2016): *Paulownia tomentosa*, a fast growing timber. Dostupné na: <<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/agr.2016.10.issue-1/agr-2016-0003/agr-2016-0003.pdf>>, [cit.10-04-2018].
- KORPEL Š. (1991): Pestovanie lesa. Príroda, Bratislava, 448 s.

- Oxytree – Česká republika (2016): Růst a vlastnosti Oxytree. Dostupné na: <<https://www.youtube.com/watch?v=S66L6CxISmM>>, [cit. 10-04-2018].
- TGG (2011): Paulownia: Technical Bulletin #1. Dostupné na: <<http://paulownia.info/files/Tech01.pdf>>, [cit. 10-04-2018].
- Paulowniamoravia (2013): Paulownia Dostupné na: www.paulowniamoravia.cz 2013: <<https://www.paulowniamoravia.cz/paulownia-tomentosa-cfi-biomass/>>, [cit. 10-04-2018].
- UCLM (Uniuersytet Castilla-La Mancha) (2013): Badanie wartości gospodarczej odmian (VCU). Testowanie clon in vitro 112. Hibrid *Paulownia elongace* × *Paulownia fortunei*. Sprawozdanie techniczne (Czerwiec 2013). Dostupné na: <http://x-plus.pl/wp-content/uploads/oxytree-vcu_report-PL.pdf>, [cit. 10-04-2018].
- WEGER J., HAVLÍČKOVÁ K. (2002): Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. Dostupné na: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>>, [cit. 25-03-2018].
- ZHAO-HUA Z., CHING-JU CH., XIN-YU L., XIONG Y.G. (1986): Paulownia in China: cultivation and utilization. Dostupné na: <<https://paulowniamp.files.wordpress.com/2010/05/paulownia-in-china.pdf>>, [cit. 10-04-2018].

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou Interní grantové agentury (IGA) Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně (projekt číslo 18/2018).

Postavenie prirodzenej obnovy tisa obyčajného v bukových lesoch Slovenska

The Status of Natural Regeneration of Taxus baccata in Slovakian Beech Forests

MARIANA KÝPEŤOVÁ, PETER JALOVIAR*

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita Zvolen, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *jaloviar@tuzvo.sk

Abstract

Yew is the typical tree of understorey, which belongs to slow-growing tree species with stable growth ability. Despite the favourable (abundant) status of the youngest yew natural regeneration, there is a problem with subsequent out-growing of seedlings and saplings. The results show problematic advance growth and height shift of youngest yew individuals to higher growth stages on all studied sites. The analysis shows that the relationship of height and height increment of damaged yew juveniles is not significant comparing with healthy yew juveniles and thus herbivore damage strongly affects the normal height growth of young yews. Although the natural regeneration of other tree species represents an important competitor, undamaged yew regeneration is able to grow fluently in height. Without protection against herbivory, yews taller than 50 cm absent in understorey totally.

The analysis of status of yew natural regeneration in systematically managed forest ecosystems of Slovakia necessarily implies the need for its active protection against herbivore damage ensuring the conservation of the autochthonous population.

Keywords: *European yew; natural regeneration; height growth; competition; herbivore damage*

Abstrakt

V strednej Európe sa tis obyčajný prirodzene vyskytuje najčastejšie v lesných porastoch s dominanciou buka lesného s prímiesou cenných listnáčov na karbonátoch. Napriek pomerne priaznivému stavu najmladšej fázy tisovej prirodzenej obnovy, pretrváva problém s odrastaním semenáčikov a nárastov. Výsledky potvrdzujú problematické odrastanie a výškové presuny mladých jedincov prirodzenej obnovy tisa do vyšších rastových fáz na všetkých pozorovaných lokalitách. Z analýzy vyplýva, že u poškodených jedincov tisa je vzťah výšky a výškového prírastku nevýznamný v porovnaní so zdravými jedincami a teda poškodenie zverou výrazne ovplyvňuje normálny výškový rast mladých tisov. Napriek tomu, že je prirodzená obnova ostatných drevín významným konkurentom, nepoškodená obnova tisa je schopná pomerne plynule výškovo rásť. Bez akejkoľvek ochrany voči zveri však prirodzená obnova tisa s výškou nad 50 cm úplne absentuje.

Z analýzy postavenia obnovy tisa v systematicky obhospodarovaných lesných ekosystémoch Slovenska, vyplýva nevyhnutne potreba jeho aktívnej ochrany proti ohryzu, ak má byť zabezpečené ďalšie zachovanie autochtónnej populácie.

Kľúčové slová: tis obyčajný; prirodzená obnova; výškový prírastok; konkurencia; poškodenie zverou

ÚVOD

Tis obyčajný bol pred niekoľkými storočiami neoddeliteľnou súčasťou lesov po celej Európe. Tis je tiež jedným z najpomalšie rastúcich a najdlhšie žijúcich drevín v Európe, ktoré ojedinele dosahujú aj 3000 rokov. Využívanie pôdy v Európe sa výrazne zmenilo vplyvom ľudskej činnosti a tým sa zmenila štruktúra a druhové zloženie drevín lesných ekosystémov. Vzhľadom na to, že dorastá do výšky 18 až 20 m a často tvorí viac kmeňov so širokou, okrúhlou alebo pyramídovou korunou sa v priebehu vývoja štruktúry a diverzity druhov drevín tis postupne stáva izolovanou drevinou dolnej etáže. Prirodzená obnova tisu je limitovaná nedostatkom vhodných mikrostanovišť pre rast a najmä odrastanie mladých nádejných jedincov tisa. Okrem toho je tis významne poškodzovaný raticovou zverou.

Význam a postavenie tisa obyčajného v lesných ekosystémoch Slovenska sú dôležitým poznatkom pre určenie vhodnej stratégie pre zachovanie tejto vzácnej dreviny.

PROBLEMATIKA

Tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) je na území Slovenska zaradený medzi chránené dreviny (ŠOLTÝS et al. 2010). Areál výskytu na Slovensku sa v súčasnosti odlišuje od pôvodného. Z historickej inventarizácie tisa obyčajného na Slovensku spracovanej podľa BLATTNÉHO a ŠTASTNÉHO (1959) je zrejmé, že v západoslovenskej oblasti sa tisy vyskytovali len veľmi zriedkavo medzi skalami a boli veľmi nízkeho vzrastu. Naopak najvyššia koncentrácia výskytu tisa je v orografickom celku Veľká Fatra a to výlučne na vápencovom podklade. V okolí mesta Banská Bystrica popri obciach Harmanec, Staré Hory, Uľanka bol tis rozšírený takmer po každom hrebeni a úbočiach. Hoci tis nie je vyhraný kalcifit, jeho najvyššia koncentrácia je sústredená na karbonátové podložie (vápence, dolomity) (WATT 1926; THOMAS, POLWART 2003). Tis ako typická drevina oceánskej klímy rastie najlepšie v oblastiach s vyššou vlhkosťou vzduchu a pomerne stálymi teplotami bez výrazných extrémov. Táto vlastnosť predurčuje jeho polohu do podhrebeňových miest a svahov s expozíciou smerom k vlhším dolinám. Napriek tomu je však tolerantný k nízkym teplotám v zimnom období.

V nárokoch na svetlo sa zaraďuje medzi tienne dreviny, hoci nie je obligátne tiennou rastlinou (LAMBERS et al. 2008). Tis má vynikajúcu schopnosť prežívať v extrémne tiennych podmienkach a dokonca sa zaraďuje medzi naše najtieniejšie pôvodné dreviny. Dlhotrvalé zatienenie však limituje jeho výškový rast, habitus koruny či plodnosť zrelých jedincov. Nedostatočné osvetlenie vnútri porastu je jednou z príčin vysokej mortality semenáčikov prirodzenej obnovy tisa (ISZKUŁO, BORATYŃSKI 2004; DEVANEY et al. 2015).

Tis vytvára rovnorodé tisové porasty iba v prostredí s typickou oceánskou klímou napríklad vo Veľkej Británii, na Kryme a na Kaukaze. V strednej Európe sa prirodzene vyskytuje najčastejšie v lesných porastoch s dominanciou buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Pre tieto porasty je typická nízka intenzita osvetlenia v porastovom vnútri v rozsahu 3–15 % (ZRAK, JALOVIAŘ 2009). Vzhľadom na svoje rastové schopnosti sa tiež radí medzi dreviny s ustáleným rastom výhonkov, ktoré sú schopné ukončiť expanziu výhonkov v relatívne krátkom období 2–6 týždňov (KOZŁOWSKI, PALLARDY 1997) a nereagujú na zlepšenie ekologických podmienok ďalším rastom. Veľkosť ich prírastku viac závisí od veľkosti púčika

nasadeného v predchádzajúcom roku (KOZŁOWSKI 2002) ako od ekologických podmienok v aktuálnom vegetačnom období. Táto vlastnosť významne znižuje regeneračnú schopnosť tisa po poškodení výhonkov odhryzom. THOMAS, POLWART (2003) uvádzajú, že znakom celého rodu *Taxus* je totálna neschopnosť vyvinúť nový čerstvý terminálny výhonok po poškodení. Avšak pozíciu terminálnych výhonkov automaticky zastávajú bočné výhonky, ktoré sa formujú pod poškodeným miestom po jednom alebo po dvoch rokoch po vzniknutom poškodení (PERRIN et al. 2006).

Tis obyčajný patrí do skupiny drevín s nízkou ekologickou potenciou využívajúcou stratégiu kombinácie tolerance k tieňu a dlhovekosti. Na prežívanie v prostredí s nízkou intenzitou osvetlenia je podobne ako iné tolerantné druhy adaptovaný takými vlastnosťami, ako je napríklad dlhšia životnosť asimilačných orgánov. Tis zvyšuje dĺžku životnosti asimilačných orgánov predovšetkým obsahom taxínu a hrubšou kutikulárnou vrstvou na povrchu ihlič, ale aj napriek tomu patrí v celoeurópskom meradle medzi najviac poškodzované dreviny. Ďalším prejavom adaptácie na život v tienom prostredí je nižšia miera relatívneho prírastku biomasy (RGR), ako aj vyššia hodnota podielu asimilačných orgánov na celkovej biomase rastliny (leaf area ratio – LAR) a vyššia hodnota špecifickej plochy listov (specific leaf area – SLA) (LAMBERS et al. 2008).

V miernom klimatickom pásme je prirodzená obnova tisa obyčajného limitovaná nedostatkom vhodných mikrostanovišť pre optimálnu fázu podmienok obnovy a poškodením semien a semenáčikov (HULME 1996; DHAR et al. 2007). Tis na európskom kontinente zvyčajne nevytvára rovnomeré porasty, pretože obnova pod materskými jedincami tisa sa zriedka dokáže presadiť v náročných ekologických podmienkach mikrostanovišťa, ktoré dospelé tisy vytvárajú (HULME 1996). Nahradenie jednotlivých materských jedincov prirodzenou obnovou tisa závisí od celkového vývoja dolnej etáže v porastovej medzere vzniknutej po určitej disturbancii spôsobujúcej odumretie dospelého tisa. Výmena generácií trvá dlhšie než 75 rokov, pričom zachovanie súvislejších tisových lesových komplexov je možné len vďaka extrémnej dlhovekosti jednotlivých stromov (WATT 1926; HULME 1996).

Mladé jedince tisa môžu rásť obmedzene, resp. uhynúť pod zápojom buka, ale skúsenosti z obhospodarováných lesov nasvedčujú tomu, že tis je schopný odrastať hoci veľmi pomalým tempom aj v silnom tieni. Mladé jedince tisa pretrvávajú a rastú pomaly niekoľko rokov, až do kým nedôjde k porušeniu súvislého hustého bukoveho zápoja (RODWELL 1998).

Absencia prirodzenej obnovy tisa obyčajného je výsledkom spolupôsobenia negatívnych faktorov, napr. poškodenie semien, ohryz zverou (FARRIS, FILIGHEDDU 2008; PERRIN, MITCHELL 2013; ISZKUŁO et al. 2014), genetická izolácia materských jedincov (DEVANEY et al. 2014) alebo slabá konkurenčná schopnosť dreviny (ISZKUŁO et al. 2012). Mnohí autori sú presvedčení, že svetelné podmienky sú kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim dynamiku regeneračných procesov tisa obyčajného (SVENNING, MAGÁRD 1999; THOMAS, POLWART 2003; ISZKUŁO et al. 2007). Semenáčiky tisa vďaka bohatým zásobným látkam vo veľkom semene sú schopné využívať fotosyntézu a produkovať potrebné látky intenzívne skoro na jar, aj pred olistením zápoja listnatých drevín, a získané asimiláty sú primárne alokované do koreňov (WALTERS, REICH 1999). Toto je spôsob, akým mladé jedince tisa využívajú priestor a priaznivé podmienky pred vytvorením hustého zápoja listnatých drevín. Napriek pomerne početným semenáčikom väčšina z nich odumiera po prvom roku života alebo ako dvojročné semenáčiky. Tento trend v mortalite semenáčikov je všeobecne známy európsky fenomén (ISZKUŁO et al. 2007).

Najvýznamnejší biotický škodlivý činiteľ pre tis obyčajný je raticová zver. Raticová zver je prirodzenou súčasťou lesného ekosystému a jednotlivé časti lesných drevín sú súčasťou jej potravy (BOEGE, MARQUIS 2005), ale jej negatívny dopad na obnovu všetkých drevín v lesných porastoch má výrazný stúpajúci trend vo väčšine štátov strednej a západnej Európy (AMMER et al. 2010). Spoločným znakom poškodenia porastov zverou je jeho koncentrácia prevažne na najmladšie rastové fázy a mimoriadne vysoký potenciál priamo alebo nepriamo dlhodobo zmeniť charakter celého lesného ekosystému. Koncentráciou na prevažne mladé jedince lesných drevín nadobúda poškodenie zverou vážne dôsledky vo forme zvýšenej mortality alebo prinajmenšom dlhodobej retardácie výškového rastu citlivých druhov drevín z porastu (GILL 2000). Dôvod poškodenia lúpaním kôry je pomerne vysoký obsah minerálnych látok v kôre tisa obyčajného (PUROHIT et al. 2001), ktorý je až dvojnásobne vyšší v porovnaní s jedľou.

Samotné prežitie odhryzu však ešte neznamená, že sa citlivá drevina etabluje aj v ďalších rastových fázach alebo bude zložkou porastu až do rubnej zrelosti. Dlhodobými stratami biomasy a systematickým oslabovaním sa aj monopodiálne rastúce dreviny so zvyčajne rýchlym nástupom výškového prírastku, ako sú jaseň (*Fraxinus excelsior*), javory (*Acer pseudoplatanus* a *A. platanoides*) alebo duby (*Quercus robur* a *Q. petraea*), dostávajú do tzv. zdanlivej konkurenčnej nevýhody (aparent competition) oproti buku alebo hrabu, čo v konečnom dôsledku znamená ich definitívne vypadnutie z drevinového zloženia porastu (AMMER et al. 2010). V kombinácii s prirodzene nízkym zastúpením a pomalým rastom je tis aj pri veľmi dobrej regeneračnej schopnosti najohrozenejšou pôvodnou ihličnatou drevinou na Slovensku, pretože miera poškodenia tisa jeleňou zverou je dlhodobo veľmi vysoká.

Cieľom práce je analýza výškového postavenia prirodzenej obnovy tisa obyčajného v bukových lesoch Slovenska. Hlavným zámerom práce je popísať postavenie tisa v konkurencii ostatných drevín dolnej etáže a posúdiť perspektívy zachovania tejto ohrozenej dreviny do budúcnosti.

MATERIÁL A METODIKA

Výskumné objekty

Výskum sme lokalizovali do hospodárskych lesov s prirodzeným výskytom tisu vo viacerých orografických celkoch Slovenska. Výskumné plochy boli umiestnené do viacerých susedných dielcoch, pričom sme dbali na to, aby bola čo najviac zachovaná homogenita stanovišťa.

Výskumný objekt Pavelcovo sa nachádza v orografickom celku Veľká Fatra, Starohorské vrchy, pričom výskumné plochy sú orientované v dielci 1150a, ktorý je majetkom mestských lesov Banská Bystrica – Uľanka (N 48°46', E 19°07'). Dielec sa nachádza v nadmorskej výške v rozpätí 570 až 735 m n. m., expozícia je juhovýchodná, sklon 35 %. Porast patrí do kategórie hospodárskych lesov s produkčnou a protieróznou funkciou a je dvojetážový a tvorený listnatými aj ihličnatými drevinami s dominantným zastúpením buka obyčajného *Fagus sylvatica* L. s prímiesou javora horského, jaseňa úzkolistého, smreka obyčajného, jedle bielej a borovice sosny. Osobitné postavenie má tis obyčajný, ktorý zastupuje strednú vrstvu porastu, výškovo pomerne vyrovnanú s nepravidelnou hustotou. Porast je v súčasnosti rozpracovaný maloplošným clonným rubom. Dolná etáž je pomerne výškovo diferencovaná a je tvorená drevinami hornej etáže. V poraste je vybudovaná trvalá výskumná plocha 50 × 50 m, v ktorej centre sa nachádza oplotená časť nepravidelného tvaru s výmerou približne 5 árov.

Lokalita Lackov Grúň sa nachádza v orografickom celku Veľká Fatra juh, Starohorské vrchy, ktorý tiež patrí medzi Mestské lesy Banská Bystrica – Uľanka (N48°45'; E19°06'). V rámci lokality sme orientovali výskumné plochy do dielca 1189, ktorý sa nachádza v nadmorskej výške 560 až 825 m n. m. na severovýchodnej expozícii so sklonom 50 %. Pôdy sú rendziny a kambizeme rendzinové charakteristické prevažne plytkým pôdnym profilom a vysokým podielom skeletu, okrem toho v dielci pri hrebeni miestami vystupuje materská hornina. Porast patrí do lesov hospodárskych, je vo veku 70 rokov a tvoria ho predovšetkým dreviny: buk lesný, jaseň štíhly a úzkolistý, javor horský a tis obyčajný. Porast patrí do prevádzkového súboru Bučiny s cennými listnácmi, pričom prevažuje skupina lesných typov Svieže vápencové bučiny.

V orografickom celku Veľká Fatra sa nachádza aj **výskumná oblasť Veľká Skalná** (N48°52'; E18°57') v lesnom celku Turčianske Teplice. Na tejto výskumnej lokalite sa tis vyskytuje v rámci vertikálneho rozpätia 948–1036 m n. m. v sklonoch 23–40° s prevažujúcou expozíciou severovýchodnou a severozápadnou. Výskumné plochy sa nachádzajú v dielcoch 291, 292, 400 a 401.

Dielec 291 je tvorený zmiešaným porastom vo veku 100 rokov, ktorý patrí do kategórie lesov ochranných na mimoriadne nepriaznivých stanovištiach. Porast je zložený predovšetkým z buka a smreka, ktoré sú jednotlivo až skupinovo zmiešané.

Dielec 292 je tvorený zmiešaných porastom vo veku 110 rokov patrí do prevádzkového súboru smrekové bučiny s podobnými podmienkami ako dielec 291.

Dielec 400 tvorí porast vo veku 105 rokov patriaci do lesov hospodárskych. Drevinové zloženie sa skladá najmä z buka lesného, javora horského a smreka obyčajného.

Dielec 401 sa vyznačuje podobnými vlastnosťami ako predchádzajúci dielec 400. Patrí do hospodárskych lesov s prevádzkovým súborom smrekové bučiny, pričom jednotlivé dreviny sú zmiešané jednotlivo až skupinovo. Okrem smreka a buka sa tu vyskytuje aj javor horský.

Osobitné postavenie v skúmaných dielcoch má tis obyčajný, ktorý tvorí rozpojenú strednú vrstvu porastu, pričom sa vyskytuje ojedinele, jednotlivo, resp. vtrúsené.

V **oblasti Strážovských vrchov** sme výskum orientovali do lesného celku **Kšinná** v okrese Bánovce nad Bebravou (N 48°45', E 18°25'). Oblasť Strážovských vrchov, v ktorých sa tis obyčajný prirodzene vyskytuje sa vyznačuje vysokým sklonom nad 50 % s ťažko priechodným alebo nepriechodným terénom. Pôdy sú rendziny a kambizeme rendzinové, prevažne kamenité s ojedinele vystupujúcou materskou horninou. Dlhodobý priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie rokov 1901 až 2010 je 699,7 mm zrážok (meteorologická stanica Uhrovec), priemerná ročná teplota sa pohybuje na úrovni 9 °C (dlhodobý priemer 1980–2006). Porasty s výskytom tisa patria do lesných typov: kamenitá lipová bučina, pribilincová bučina na vápencoch a extrémna vápencová bučina. Výskumné plochy sa nachádzajú v dielci 59, 63, 61 a 322.

Dielce 59, 61 a 63 predstavujú rozpracovaný porast rozdelený na 4 porastové skupiny. Výskumné plochy sa nachádzajú v porastovej skupine 1, ktorá je tvorená dvojetažovým porastom. Hornú etáž tvorí buk, javor horský a jaseň vo veku 150 rokov, dolná etáž je tvorená predovšetkým bukom vo veku 25 rokov. Dielec 61 sa nachádza v rozmedzí nadmorskej výšky od 780 do 810 m n. m., expozícia S, sklon 50 %.

Dielec 322 patrí do lesov ochranných, zatiaľ čo predchádzajúce sú v kategórii hospodárske lesy. Porast je vo veku 110 rokov, tvorený bukom a javorom horským, nadmorská výška 600 až 780 m n. m., expozícia východná, sklon terénu až 75 %.

Metodika terénnych meraní a vyhodnotenia

Analýzu prirodzenej obnovy sme vykonali na založených výskumných plochách s rozmermi 2 × 2 m, ktoré boli v lesných porastoch na jednotlivých lokalitách založené nasledovne: Veľká Fatra: Pavelcovo – 15 ks; Lackov Grúň – 15 ks; Veľká Skalná – 15 ks; Strážovské vrchy – 24 ks. Počet výskumných plôch reprezentoval stav prirodzenej obnovy jednotlivých vyššie uvedených dielcov na daných lokalitách. Pri výbere plochy sme postupovali v porastoch po vrstevnici pričom výber plochy bol náhodne založený po každých približne 40 m s určitou odchýlkou, ktorá vznikla za účelom zachytenia miesta hojnejšieho výskytu tisového zmladenia. Na lokalite Pavelcovo sa nachádza trvalá výskumná plocha oplotená od roku 2007 nepravidelného tvaru s výmerou cca 4 áre, a preto sme 8 výskumných plôch z Pavelcova orientovali práve do oplotenej plochy na zachytenie rastových procesov prirodzenej obnovy tisa obyčajného, ale aj ostatných drevín rastúcich pod ochranou voči zveri. Tento údaj nám zároveň poslúžil na porovnanie rastových procesov prirodzenej obnovy pod ochranou voči zveri a prirodzenej obnovy rastúcej v lesných porastoch bez ochrany voči zveri.

Na jednotlivých výskumných štvorcových plochách (4 m²) sme evidovali výšku a výškový prírastok každého jedinca tisa obyčajného a okrem toho aj výšku všetkých ostatných zastúpených drevín s presnosťou na mm. Počet identifikovaných prírastkov u tisa bol považovaný za vek jedincov. Okrem výškového rastu sme zaznamenali aj poškodenie zverou a zaradili všetky jedince tisa do kategórie zdravý, resp. poškodený. Sledovanie prírastkov drevín, ale aj výšky na neoplotenej ploche v Pavelcove bolo mimoriadne problematické, pretože väčšina jedincov na neoplotenej ploche bola systematicky poškodzovaná zverou.

Pre určenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt (výška, prírastky a hustota prirodzenej obnovy tisa) bol použitý t-test. Vzťah výšky jedincov prirodzenej obnovy a prírastkov bol analyzovaný metódou jednoduchšej lineárnej korelácie. Štatistické vyhodnotenie dát meraných bolo realizované v programe Statistica 12 (StatSoft, Quest Software Inc.).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výskyt semenáčikov a najmladších jedincov prirodzenej obnovy tisa na výskumných plochách v jednotlivých lokalitách bol pomerne hojný. Najpočetnejšie bola zastúpená kategória semenáčikov s výškou do 10 cm. Z pozorovaní v lesných porastoch vieme s určitosťou povedať, že sa jedná predovšetkým o najmladšie 1 a 2 ročné semenáčiky. Hojný výskyt najmladších 1 a 2 ročných semenáčikov je zaznamenaný aj v iných častiach Európy, avšak odumieranie starších tisov je pomerne bežným javom (ISZKUŁO 2010; DEVANEY et al. 2014). Na založených výskumných plochách, ktorých výber bol zámerne orientovaný na výskyt jedincov tisa, majú tieto semenáčiky prevahu aj nad ostatnými drevinami prirodzenej obnovy. S postupným výškovým rastom je však tis výrazne eliminovaný a v lesných porastoch všetkých skúmaných lokalít sa presadzuje predovšetkým buk lesný a cenné listnáče najmä javor horský, javor mliečny a jaseň (Tab. 1).

Početnosť prirodzenej obnovy tisa obyčajného po výškových triedach nie je významne odlišná v rámci skúmaných lokalít. Najviac sú zastúpené kategórie do 10 a do 20 cm. V lokalitách Lackov Grúň a Pavelcovo (mimo oplotku) absentujú jedince nad 20 cm úplne. Najväčšia výšková diferenciácia prirodzenej obnovy tisa sa nachádza v Pavelcove avšak len v oplotku. Všeobecne však výsledky potvrdzujú problematické dospievanie a odrastanie

mladých jedincov prirodzenej obnovy tisa na všetkých pozorovaných lokalitách bez akejkoľvek ochrany voči zveri.

Tab. 1: Početnosť a výšková štruktúra prirodzenej obnovy tisa a ostatných drevín na výskumných lokalitách.

Tab. 1: *Density and height structure of natural regeneration of yew and other tree species in study sites.*

		0–10 cm	10,1–20 cm	20,1–30 cm	30,1–40 cm	>40,1cm
Lackov grúň	tis ¹	21 333	2 333	0	0	0
	ostatné ²	11 833	7 333	667	333	0
Strážov	tis	13 021	8 750	938	104	104
	ostatné	18 021	11 042	1 979	1 458	3 646
Veľká Skalná	tis	14 000	4 000	167	0	0
	ostatné	14 333	27 833	11 000	3 667	3 167
Pavelcovo	tis	12 188	37 813	8 438	2 500	938
	ostatné	85 625	231 563	128 125	60 000	113 750

¹ yew, ² other tree species

Výsledky hodnotenia výškového rastu a prírastku preukazujú vplyv poškodenia zverou na všetkých lokalitách. Poškodenie bylinožravou raticovou zverou je hlavná príčina limitujúca rastové procesy tisa obyčajného aj iných krajinách Európy (MYSTERUD, ØSTBYE 2004; FARRIS, FILIGHEDDU 2008; KÝPEŤOVÁ et al. 2018). Tab. 2 uvádza výšku a výškový prírastok zdravých a poškodených jedincov rastúcich mimo oplôtku. Na všetkých lokalitách je zrejme, že poškodené jedince sú vyššie ako zdravé jedince. Rozdiel v priemernej výške medzi poškodenými a nepoškodenými semenáčikmi nie je spôsobený priamo pôsobiacim faktorom (ohryzom), ale nepriamo, prostredníctvom spomalenia výškového odrastania semenáčikov.

Tab. 2: Priemerná výška (h) a relatívny výškový prírastok (i) prirodzenej obnovy tisa obyčajného bez ochrany voči zveri.

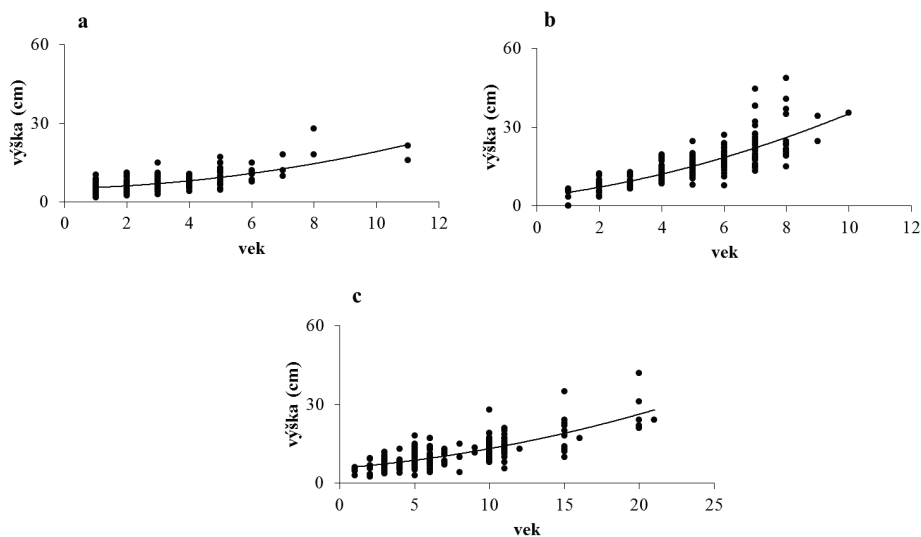
Tab. 2: *Mean height (h) and mean height increment of yew natural regeneration in the sites without browsing protection.*

Poškodenie ¹	Pavelcovo		Strážovské vrchy		Veľká Skalná		Lackov Grúň	
	h ± SD [cm]	i [%]	h ± SD [cm]	i [%]	h ± SD [cm]	i [%]	h ± SD [cm]	i [%]
Poškodené ²	7,19 ± 2,25	24,95	12,49 ± 5,63	8,93	10,16 ± 4,74	6,12	7,39 ± 2,51	11,29
Nepoškodené ³	7,13 ± 2,24	24,12	8,30 ± 3,90	15,52	7,20 ± 2,87	17,78	6,49 ± 2,07	17,75

¹ damage, ² damaged seedlings, ³ healthy seedlings

Z pozorovaní na daných lokalitách vieme s určitosťou povedať, že zdravé jedince sú predovšetkým najmladšie 1 a 2 ročné semenáčiky, ktoré sú teda ešte pochopiteľne nižšie ako staršie tisy. Staršie jedince sú vyššie a majú väčšiu tendenciu prilákať zver najmä v zimnom období, kedy sú vždyzelené ihlice a vetvičky tisa lákavou potravou aj pri snehovej pokrývke. S postupným zväčšovaním výšky sa zvyšuje aj pravdepodobnosť poškodenia zverou. Na žiadnej z lokalít sa nenašli nepoškodené jedince staršie ako 12 rokov. Po dosiahnutí tohto veku sa všetky jedince prirodzenej obnovy presunú do kategórie poškodených. Keďže podľa AMMERA et al. (2010) je opätovné poškodenie dokonca pravdepodobnejšie ako poškodenie nových jedincov, výškový rast starších tisov s ich zvyšujúcim sa vekom je stále viac obmedzovaný. Relatívny výškový prírastok na daných lokalitách a porovnanie výšok

dosiahnutých v rovnakom veku (Obr. 1) však preukazuje, že tempo rastu zdravých jedincov je oveľa priaznivejšie ako u poškodených tisov (Tab. 2).



Obr. 1: Vzťah výšky a veku nepoškodených jedincov tisa obyčajného bez ochrany proti zveri (a), s ochranou proti zveri (b) a poškodených jedincov (c).

Fig. 1: Relationship between height and age of unprotected yew natural regeneration without browsing (a), protected yew natural regeneration (b) and browsed individuals (c).

Tab. 3: Základné parametre odhadu nelineárnej regresie ($y = a + bx + cx^2$) vzťahu medzi vekom a výškou tisa.

Tab. 3: Parameters of nonlinear regression ($height = a + b \cdot age + b \cdot age^2$) between age and height of yew natural regeneration.

	a	b	c	R ²
Nepoškodené ¹	5,3967	-0,1288	0,2069*	0,4625
Nepoškodené s ochranou ²	3,4128	1,4989*	0,1672*	0,6075
Poškodené ³	5,7323	0,4405*	0,0296	0,5493

¹unbrowsed without protection, ²unbrowsed with protection, ³browsed

Výsledky poukazujú na pozitívny vzťah veku a výšky, a to aj pri poškodených aj pri nepoškodených tisoch (Obr. 1). Priebeh polynomickej funkcie druhého rádu sa však podľa variantu zdravotného stavu líši. Rozdiel je v prvom rade v rozsahu hodnôt nezávislej premennej, t.j. veku. Odrastanie zdravých semenáčikov bez trvalej ochrany proti odhryzu je pomalšie ako pri jedincoch s trvalou ochranou proti zveri. Predpokladáme, že pri zabezpečení ochrany prosperujú najvitálnejšie tisy s dobrým výškovým rastom a bez väčšieho konkurenčného tlaku obnovy ostatných drevín. To sú práve také, ktoré sú na neochránených mikrostanovištiach poškodené zverou ako prvé. Je známe (AMMER et al. 2010), že pri každom druhu dreviny budú najvitálnejšie jedince poškodené s najvyššou pravdepodobnosťou. V neochránených mikrostanovištiach sa bez poškodenia do vyššieho veku dožijú iba pomaly rastúce tisy, pričom dôvod ich pomalého výškového rastu je buď konkurencia, alebo genetická dispozícia. Z obr. 2 je tiež dobre vidieť, že trend nárastu výšky je na ochránenej ploche

priaznivejši, ale že sa tu jednotlivito vyskytujú tisy s výškou okolo 50 cm, ktoré sa dajú považovať za jedince biologicky zabezpečeného následného porastu a takmer s istotou s nimi môžeme počítať ako so základom budúcej generácie tisa v obnovenom poraste.

ZÁVER

Postavenie tisa obyčajného v lesných porastoch Slovenska má svoj význam. Tis je stále súčasťou bukových ekosystémov, schopný rozmnožovať sa a produkovať následnú generáciu. Klimatická zmena a vplyv človeka spôsobili zdecimovanie tejto vzácnej dreveniny. Podľa súčasného stavu tisa sa očakáva, že práve konkurencia predurčuje, ako sa tis obyčajný vyrovná s klimatickou zmenou. Všeobecne výsledky potvrdzujú problematické dospievanie a odrastanie mladých jedincov prirodzenej obnovy tisa na všetkých pozorovaných lokalitách.

Z toho vyplýva, že lokálne populácie tisa obyčajného klesajú a vývoj lesných porastov vedie k dominancii rýchlejšie rastúcich druhov tolerantných voči tiennym podmienkam. Analýzou rastových procesov prirodzenej obnovy tisa obyčajného v lesných ekosystémoch Slovenska dospievame k záveru, že tis obyčajný si zasluhuje aktívny manažment a ochranu voči zveri, bez ktorej je jeho perspektíva do budúcnosti nemysliteľná.

LITERATÚRA

- AMMER C., VOR T., KNOKE T., WAGNER S. (2010): Der Wald-Wild-Konflikt. Analyse Und Lösungsansätze Vor Dem Hintergrund Rechtlicher, Ökologischer Und Ökonomischer Zusammenhänge. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen.
- BLATTNÝ T., ŠTASTNÝ T. (1959): Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku, Lesníctvo. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry v Bratislave, 402 s.
- BOEGE K., MARQUIS R.J. (2005): Facing herbivory as you grow up: The ontogeny of resistance in plants. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 441–448.
- DEVANEY J.L., JANSEN M. K., WHELAN P.M. (2014): Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (*Taxus baccata* L.); Negative neighbourhood effects. *Forest Ecology and Management*, 321: 52–60.
- DHAR A., RUPRECHT H., KLUMPP R., VACIK H. (2007): Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *Journal of Forestry Research*, 18: 181–186.
- FARRIS E., FILIGHEDDU R. (2008): Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. *Plant Ecology*, 199: 309–318.
- GILL R. (2000): The Impact of Deer on Woodland Biodiversity. Forestry commission Edinburgh, s. 1–6.
- HULME P.E. (1996): Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.): microsite, seed or herbivore limitation? *Journal of Ecology*, 84: 853–861.
- ISZKUŁO G. (2010): Success and failure of endangered tree species: Low temperatures and low light availability affect survival and growth of European yew (*Taxus baccata* L.) seedlings. *Polish Journal of Ecology*, 58: 259–271.
- ISZKUŁO G., BORATYŃSKI A. (2004): Interaction between canopy tree species and European yew *Taxus baccata* L. (*Taxaceae*). *Polish Journal of Ecology*, 52: 523–531.

- ISZKUŁO G., LEWANDOWSKI A., JASIŃSKA A.K., DERING M. (2007): Light limitation of growth in 10-year-old seedlings of *Taxus baccata* L. (European Yew). Polish Journal of Ecology, 55: 827–831.
- KOZŁOWSKI T.T. (2002): Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. Forest Ecology and Management, 158: 195–221.
- KOZŁOWSKI T.T., PALLARDY S.G. (1997): Growth Control of Woody Plants. Academic Press Inc., California, USA.
- KÝPEŤOVÁ M., WALAS Ľ., JALOVIAŘ P., ISZKUŁO G. (2018): Influence of herbivory pressure on the growth rate and needle morphology of *Taxus baccata* L. juveniles. Dendrobiology, 79: 10–19.
- LAMBERS H., CHAPIN III, F.S., PONS, T.L. (2008): Growth and allocation. plant physiological ecology, second edition, Springer, New York, s. 321–374.
- MYSTERUD A., ØSTBYE E. (2004): Roe deer (*Capreolus capreolus*) browsing pressure affects yew (*Taxus baccata*) recruitment within nature reserves in Norway. Biological Conservation, 120: 545–548.
- PERRIN P.M., MITCHELL F.J.G. (2013): Effects of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (*Taxus baccata* L.). European Journal of Forest Research, 132: 211–218.
- PUROHIT A., MAIKHURI R.K., RAO K.S., NAUTIYAL S. (2001): Impact of bark removal on survival of *Taxus baccata* L. (Himalayan yew) in Nanda Devi Biosphere Reserve, Garhwal Himalaya, India. Current Science, 81: 586–590.
- RODWELL J.S. (1998): British Plant Communities. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- SVENNING J.C., MAGÅRD E. (1999): Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. Biological Conservation, 88: 173–182.
- ŠOLTÝS A., KLÍČ V., KUNŠTÁROVÁ V., LUKÁČIK I. (2010): Založenie trvalých výskumných plôch s výskytom *Taxus baccata* L. v Kamienskej tisine (Pieniny). Pieniny – Przyroda i Człowiek, 11: 45–54.
- THOMAS P.A., POLWART A. (2003): *Taxus baccata* L. Journal of Ecology, 91: 489–524.
- WALTERS M.B., REICH P.B. (1999): Low-light carbon balance and shade tolerance in the seedlings of woody plants: Do winter deciduous and broad-leaved evergreen species differ? New Phytologist, 143: 143–154.
- WATT B.A.S. (1926): Yew communities of the South Downs. Journal of Ecology, 14: 282–316.

PodĎakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou projektu APVV-14-0014: Štruktúrálna diverzita, disturbančný režim a sukcesný vývoj vybraných bukových a zmiešaných pralesov a výskum zachovania tisu obyčajného (*Taxus baccata* L.) v bukových ekosystémoch Slovenska.

Produkce a zdravotní stav smrkových porostů rostoucích na zalesněné zemědělské půdě ve vztahu k poškození zvěří a změnám klimatu

Production and health status of Norway spruce stands on afforested agricultural land in relation to game damage and climate change

ROSTISLAV LINDA, ZDENĚK VACEK, JAN CUKOR*, STANISLAV VACEK, VÁCLAV ŠIMŮNEK

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýčká 129, 165 00 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, *cukor@fld.czu.cz

Abstract

Presented contribution documents production and health status of Norway spruce stands established in 1950s on former agricultural land in Orlické hory Protected Landscape Area. The aim of this study is to assess the effect of the damage of the stands caused red deer in the context of ongoing climate change.

The results showed significant differences between total volume of selected stands, which was $466 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 122 \text{ SD}$) at the forest sites, while on former agricultural lands, the volume of $770 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 125 \text{ SD}$) was observed. Significant differences were observed in relative number of trees affected by bark stripping; 85.8% of trees on former agricultural lands were damaged by bark stripping in comparison with forest sites, where 53.8% of trees were damaged.

Radial increment is on the forest sites positively correlated with high temperatures in vegetation period (max. correlation was found for June, $r = 0.36$), similarly like on former agricultural lands, but the highest impact had high temperatures in March ($r = 0.35$). Radial increment was affected by precipitation, mainly in July ($r = 0.53$).

Apart from differences in relative number of trees stricken by stem rot in relation to deer barking, there were observed differences between total ratio of trees unaffected by any type of damage; on forest sites, 45% of trees were observed to be unaffected, while on former agricultural lands, we observed only 12.7% of unaffected trees.

The results show the suitability of agricultural lands to be afforested, but with higher risk of further damage to the stands. Negative impacts of ongoing climate change could pose a serious risk to damaged spruce stands, which are more prone to stand disintegration.

Keywords: *afforestation; agricultural land; bark stripping; red deer, climate impact*

Abstrakt

Příspěvek dokumentuje produkci a zdravotní stav porostů smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.), které byly založeny v šedesátých letech minulého století na bývalé zemědělské půdě na území CHKO Orlické hory. Cílem studie bylo vyhodnocení vlivu poškození těchto porostů jelení zvěří v kontextu klimatických změn.

Výsledky ukázaly významné rozdíly mezi celkovou zásobou hodnocených porostů, která činila $466 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 122 \text{ SD}$) v porostech rostoucích na lesní půdě, zatímco na zalesněné zemědělské půdě byla zjištěna zásoba $770 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 125 \text{ SD}$). Z pohledu poškození stromů loupáním kůry jelení zvěří byly opět zjištěny signifikantní rozdíly v porostech na bývalé zemědělské půdě (obvodové poškození bylo zaznamenáno u 85,8 % stromů) v porovnání s lesní půdou, kde bylo loupáním kůry narušeno 53,8 % hodnocených stromů.

Tloušťkový přírůst je v původních lesních porostech pozitivně korelovan s vysokými teplotami ve vegetačním období (nejvíce v červnu, $r = 0,36$), na bývalých zemědělských půdách teplotami je přírůst více ovlivněn vyššími teplotami na začátku roku (nejvíce v březnu, $r = 0,35$). Tloušťkový přírůst pozitivně ovlivňují taktéž srážky ve vegetačním období (nejvíce v červenci, $r = 0,53$).

Mimo rozdílů v relativním počtu stromů poškozených hnilobou v závislosti na loupání zvěří byly pozorovány rozdíly mezi celkovým poměrem stromů nepoškozených žádným ze zmíněných typů. Na lesní půdě bylo bez jakéhokoliv poškození 45 % stromů, zatímco na zemědělské půdě pouze 12,7 %.

Výsledky ukazují na vhodnost zemědělských půd k zalesnění, ovšem s vyšším rizikem budoucího poškození porostů. U poškozených stromů se výrazně více projevují negativní klimatické jevy a v kontextu klimatické změny mohou škody zvěří pro tyto porosty představovat vážné riziko.

Klíčová slova: zalesňování, zemědělské půdy, poškození loupáním, jelen evropský, vliv klimatu

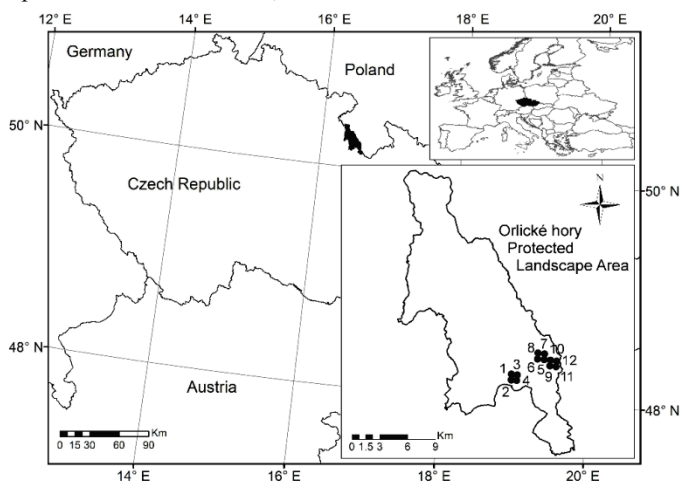
ÚVOD A PROBLEMATIKA

Globální ekosystémy jsou stále více ovlivňovány lidskou činností; člověk planetu postupně přetváří a tím mění životní podmínky a prostředí pro další organismy (LANZ et al. 2018). Proces odlesňování byl v předchozích staletích způsoben zejména nárůstem zemědělského hospodaření (ELLIS, RAMANKUTTY 2008), případně získávání dřevní hmoty (KAPLAN et al. 2017). Situace v Evropě je však oproti minulým staletím opačná, výměra lesní půdy se v posledních 100 letech postupně zvyšuje (KOLECKA et al. 2017). V důsledku sociálně-ekonomické přeměny dřívě rozlehlých venkovských oblastí, zalesňovacích programů, opuštění zemědělské půdy a přirozené sukcese došlo na půdě Evropské Unie v letech 1995 až 2015 k zalesnění 12,9 milionu hektarů opuštěné zemědělské půdy (Forest Europe 2015), což činí od roku 1990 každoroční nárůst o 0,4 % (European Commission 2013). Historicky byly v Evropě zalesňovány horské oblasti, a to zejména z důvodu snížení intenzity zemědělského hospodaření, případně úplného ponechání bývalé orné půdy či pastvin ladem (FUCHS et al. 2015; HOUET et al. 2017). Situace v České republice je v přístupu k zalesňování opuštěné zemědělské půdy podobná jako ve zbytku Evropy. I zde se nachází rozsáhlá výměra zemědělské půdy, která je vhodná k zalesnění, konkrétní vyčíslení se liší podle použitých kritérií. JARSKÝ a PULKRAB (2013) udávají, že se v České republice nachází celkem 350 000 ha opuštěné půdy, kterou by bylo možné vyjmout ze zemědělského půdního fondu. PODRÁZSKÝ a ŠTĚPANÍK (2002) uvádějí širší rozpětí, které se pohybuje v rozmezí od 50 000 do 500 000 ha půdy vhodné k zalesnění. Z důvodu tohoto potenciálu budoucích možných scénářů zalesnění je proto vhodné věnovat stávajícím porostům (zejména smrkovým), které byly ze značné míry zalesněny po II. světové válce náležitou pozornost nejenom z hlediska produkce, změn

půdního prostředí, ale také zdravotního stavu těchto porostů. Tyto porosty byly v minulosti intenzivně poškozovány spárkatou zvěří, zejména jelenem evropským (*Cervus elaphus* L.) a některé stromy byly poškozovány opakovaně. Problematika poškozování porostů loupáním kůry a okusem je v důsledku nárůstu evropských populací divoce žijících kopytníků stále více diskutována (THULIN et al. 2015; BALZINGER et al. 2016). Cílem této práce bylo zhodnocení produkce a přírůstu těchto porostů ve vztahu ke klimatickým faktorům a k dosud patrnému poškozování, které v minulosti vzniklo loupáním kůry způsobeným jelení zvěří. Charakteristiky porostů založených na zemědělské půdě byly porovnány s kontrolní variantou, tedy s porosty rostoucími na lesních půdách ve stejné zájmové oblasti a shodných stanovištních a porostních poměrech.

MATERIÁL A METODIKA

Zhodnocení produkce a poškozování porostů bylo provedeno na dvanácti trvalých výzkumných plochách (TVP) s dominantním zastoupením smrku ztepilého. Všechny TVP se nacházely v Chráněné krajinné oblasti Orlické hory v Přírodní lesní oblasti č. 25 – Orlické hory (Obr. 1). TVP 1–4 jsou z historického hlediska původu lesní stanoviště, TVP 5–12 byly založeny na bývalé zemědělské půdě krátce po II. světové válce. Porosty byly zakládány sadebním materiálem z Orlických hor ve sponu cca $2,0 \times 2,2$ m, tj. bylo vysázeno cca $2\,500 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výchova těchto porostů začala poměrně pozdě (až v letech 1974–1976), další výchovné zásahy byly realizovány v letech 1993–1994, dále pak v letech 2005–2006 a byly zaměřeny zejména na sanitární zásahy (odstraňování stromů poškozovaných loupáním a ohryzem). Věk studovaných porostů na všech výzkumných plochách byl srovnatelný (67 let pro TVP 1–4, 65 let pro TVP 5–12). Nadmořská výška se pohybovala v rozmezí 620–700 m pro plochy na bývalé zemědělské půdě, v případě lesní půdy pak v rozmezí 720–740 m. Převládajícími půdními typy v oblasti jsou kryptopodzoly a kambizemě. Průměrná roční teplota se zde činí asi $6 \text{ }^\circ\text{C}$, roční úhrn srážek kolísá v rozmezí 900–1100 mm.



Obr. 1: Poloha trvalých výzkumných ploch 1–12 v CHKO Orlické hory.

Fig. 1: Location of permanent research plots 1–12 in the Orlické hory Protected Landscape Area.

Pro sběr dat a stabilizaci výzkumných ploch byla použita technologie Field-Map. Všechny TVP byly založeny na čtvercovém půdorysu o velikosti 25×25 m, výměra každé výzkumné plochy tedy činila 625 m^2 , rozměry byly vybrány podle charakteru porostu. Měřeny byly následující charakteristiky: pozice stromu, projekce koruny (měřeno minimálně ve čtyřech bodech), průměr kmene v prsní výšce ($\text{DBH} \geq 4 \text{ cm}$ s přesností na 1 mm), výška stromu (s přesností na 0,1 m) a nasazení živé koruny. Další uvedené parametry: HDR (štíhlostní koeficient $\times 100$; SHARMA et al. 2016), MAI (průměrný roční přírůst vypočítaný jako zásoba / stáří porostu) a SDI (index porostní hustoty; REINEKE et al. 1933) byly dopočítány následně. Obvodové poškození kmene, které bylo doposud z minulých let patrné, bylo měřeno obvodovým pásmem podle metodiky používané Ústavem pro výzkum lesních ekosystémů, s. r. o. (IFER). Obvodové poškození bylo měřeno v místě vzniku s přesností na 1 mm. Stromy byly následně rozděleny do kategorií dle obvodového poškození, a to na stromy zdravé, slabě poškozené (poškození kmene $\leq 1/8$ obvodu), středně poškozené (poškození kmene mezi $1/8$ a $1/3$ obvodu) a silně poškozené stromy (poškození kmene $> 1/3$ obvodu). Zároveň byly na každé TVP odebrány v prsní výšce také vývrty pomocí Presslerova nebozezu. Vývrty byly odebrány kolmo k ose kmenu ve směru svahu, kdy se předpokládá, že kolmo proti svahu se bude objevovat méně růstových vad kmene a omezi se také možnost výskytu reakčního dřeva. Celkem bylo odebráno 74 vývrtů ze zdravých jedinců a 39 vývrtů ze silně poškozených stromů. Roční přírůsty byly měřeny pomocí mikroskopu Olympus za použití měřického stolu LINTAB (RINNTECH). Data byla zaznamenávána v setinách milimetru pomocí software TSAPWIN a vzorky byly následně křížově datovány v programu Cdendro. Klimatické údaje (měsíční průměrné teploty a úhrn srážek za období 1961–2015) byly získány z meteorologické stanice Deštné v Orlických horách (656 m n. m., WGS84 $50^{\circ}18'24''\text{N}$, $16^{\circ}21'07''\text{E}$).

Statistické zpracování dat z dendrochronologické analýzy bylo provedeno v programu R (R Core Team 2018) a software ARSTAN (Tree-Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University). Zde bylo provedeno odstranění věkového trendu pomocí negativně exponenciální detrendace s vloženou funkcí spline ($1/3$ věku zkoumaných vzorků) a následného zpřůměrování pomocí funkce „chron“ (BUNN 2008). Následná analýza vztahu k teplotám a srážkám byla provedena softwaru DendroClim2002 (BIONDI, WAIKUL 2004). Výpočet zásoby porostů byl stanoven pomocí objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991). Testování rozdílů výšek, zásob a výčetních tloušťek mezi lesními půdami a zalesněnými zemědělskými půdami bylo provedeno pomocí Wilcoxonova testu.

VÝSLEDKY

Struktura a produkce porostů

Na bývalé zemědělské půdě byly zjištěny signifikantně vyšší průměrné hodnoty DBH (33,5 cm vs. 41,3 cm), výšky stromů (22,5 m vs. 29,7 m), stejně jako výměra kruhové základny ($49,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ vs. $62,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$; $P < 0,01$) (Tab. 1). Detailní hodnoty pro jednotlivé výzkumné plochy jsou popsány v Tab. 1. Počet stromů na jednotlivých TVP kolísal v rozmezí $304\text{--}720 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, počet stromů se podle původu měřených ploch nijak výrazně nelišil. Značné rozdíly však byly zjištěny v produkci dřevní hmoty. Průměrná zásoba na trvalé lesní půdě činila $466 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (± 122 SD), zatímco v případě zalesněné zemědělské půdy byla zjištěna průměrná zásoba $770 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (± 125 SD). Smrk ztepilý byl na všech TZP dominantní dřevinou se zastoupením 90,8 %. Z dalších dřevin byl zastoupen modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.;

6,5 %), podíl listnatých dřevin činil méně než 3 %, zaznamenána byla bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.). Průměrný roční přírůst se pohyboval v rozmezí od 5,16 (TZP 3) po 13,94 m³·ha⁻¹. Zjištěný zápoj kolísal v rozmezí od 72,3 po 87,5 %, výrazně vyšší variabilita byla zjištěna na TVP založených v porostech na bývalé zemědělské půdě. Horizontální struktura porostu byla ve všech případech náhodná.

Tab. 1: Porostní charakteristiky na trvalých výzkumných plochách 1–12 (v roce 2016).

Tab. 1: Stand characteristics of the tree layer on permanent research plots 1–12 (in 2016).

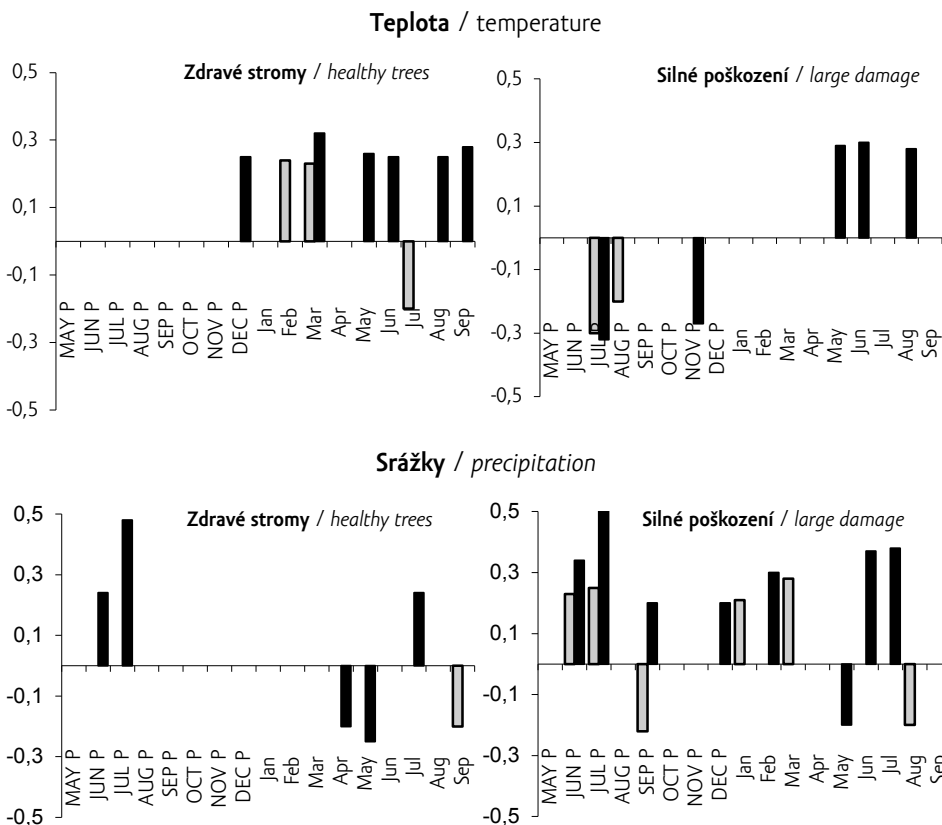
TVP	dbh	h	v	N	G	V	HDR	MAI	SDI
PRP	[cm]	[m]	[m ³]	[trees·ha ⁻¹]	[m ² ·ha ⁻¹]	[m ³ ·ha ⁻¹]		[m ³ ·ha ⁻¹]	
1	30,6	21,52	0,68	720	52,9	487	70,3	7,27	0,82
2	33,5	22,15	0,81	496	43,7	403	66,1	6,01	0,66
3	34,2	22,8	0,86	400	36,8	346	66,7	5,16	0,54
4	35,6	23,36	0,98	640	63,8	627	65,6	9,36	0,93
5	42,9	30,68	1,80	512	74,1	920	71,5	13,94	0,99
6	39,7	31,65	1,53	512	63,2	783	79,7	11,86	0,97
7	47,9	31,28	2,26	304	54,7	688	65,3	10,42	0,72
8	42,4	27,19	1,67	304	42,6	508	64,1	7,70	0,60
9	41,3	30,26	1,67	480	64,2	814	73,3	12,33	0,88
10	42,6	31,56	1,84	448	63,7	826	74,1	12,52	0,86
11	36,1	26,66	1,20	704	71,8	843	73,9	12,77	0,98
12	37,4	27,97	1,31	592	64,8	777	74,8	11,77	0,92

Poznámky: *dbh* – střední tloušťka, *h* – střední výška, *v* – objem středního kmene, *N* – celkový počet stromů, *G* – kruhová základna, *V* – zásoba dřevní hmoty, *HDR* – průměrný štíhlostní kvocient*100, *MAI* – průměrný roční přírůst, *SDI* – index porostní hustoty.

Notes: *dbh* – mean breast height diameter, *h* – mean height, *v* – average tree volume, *N* – number of trees per ha, *G* – basal area, *V* – stand volume, *HDR* – height-diameter ratio (slenderness ratio), *MAI* – mean annual increment, *SDI* – stand density index.

Thloušťkový přírůst ve vztahu ke klimatickým podmínkám

Efekt klimatických faktorů v období 1961–2016 ukázal signifikantní vliv na thloušťkový přírůst (Fig. 1). Jako převažující faktor byla v zájmové oblasti identifikována teplota. Měsíční a roční teplota měla výraznější vliv na přírůst zdravých stromů v porovnání se srážkovým úhrnem. Z hlediska vlivu klimatických faktorů byly citlivější stromy, které rostly na lesní půdě. Thloušťkový přírůst byl pozitivně ovlivňován vyššími teplotami ve vegetačním období u porostů rostoucích na lesní půdě zejména v červnu ($r = 0,36$). Na druhé straně u stromů rostoucích na zemědělské půdě byl zjištěn pozitivní vliv teplot na začátku daného roku, zejména v měsíci březnu ($r = 0,35$). V případě vlivu srážek byl zjištěn nižší vliv na thloušťkový přírůst stromů rostoucích na zemědělské půdě. Vyšší vliv srážek na thloušťkový přírůst byl naopak zjištěn pro srážkový úhrn v předcházejícím roce s maximálním efektem pro měsíc červenec ($r = 0,53$), srážky v červenci ovlivňovaly thloušťkový přírůst také pro daný rok ($r = 0,38$). Vliv srážek byl nejvíce patrný v porostech, které byly v minulosti značně poškozeny zvěří.



Obr. 2: Hodnoty korelačních koeficientů pro regionální letokruhovou chronologii vyjádřenou letokruhovým indexem s měsíčními teplotami a srážkami pro jednotlivé měsíce z každého roku včetně roku předcházejícího (označený P). Lesní půdy jsou označené černou, zemědělské šedivou barvou, grafy jsou rozděleny dle pozorovaného poškození. V grafech jsou zobrazeny pouze statisticky významné hodnoty korelačních koeficientů ($\alpha = 0,05$).

Fig. 2: The values of correlation coefficients of the tree-ring index chronology with the monthly temperature (up) and precipitation (down) from May of the previous year (P) to September of the current year for the period 1961–2015 on forest soil (black) and former agricultural soil (grey) divided according to game damage (deer barking); only correlation coefficients with statistically significant values ($\alpha = 0.05$) are displayed.

Počet stromů, které byly v minulosti poškozeny zvěří a u kterých byly v bazální části kmene zjištěny prostřednictvím vývrtů hniloby, byl opět rozdělen pro porosty na lesních a nelesních půdách. V případě lesní půdy bylo u 21,2 % poškozených stromů zjištěno napadení hnilobou, 32,6 % bylo poškozeno bez přítomnosti napadení hnilob. Hniloba u poškozených stromů byla zjištěna pouze v 1,2 % případů, 45,0 % stromů nebylo poškozeno a vývrty u nich neprokázaly přítomnost hniloby.

Na druhé straně stromy rostoucí na bývalé zemědělské půdě byly v 52,8 % poškozeny zvěří s přítomností hnilob v bazální části kmene, 33,0 % byly poškozeny zvěří bez přítomnosti poškození hnilobou. I zde byla pouze malá část stromů napadena hnilobou bez poškození zvěří

(1,5 %), stromů bez žádného ze zmiňovaných poškození bylo v případě zemědělské půdy pouze 12,7 %.

Rozdíl mezi počtem hnilob na lesních stanovištích v porovnání se zalesněnou zemědělskou půdou byl testován Fisherovým testem. Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny v obou případech ($p < 0,001$).

DISKUSE

Z četných prací vyplývá, že smrkové porosty založené na bývalých zemědělských půdách jsou díky vyššímu obsahu živin (ARMOLAITIS et al. 2007; OHEIMB et al. 2008) produktivnější v porovnání se smrkovými porosty ve stejných lokalitách a porostních poměrech na lesních pozemcích (WALL a HYTÖNEN 2005; PODRÁZSKÝ et al. 2011; ČUKOR et al. 2017a). Průměrný objem hroubí dřeva na námi sledovaných TVP u lesních pozemků činil $466 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 122 \text{ SD}$), na bývalých zemědělských půdách byl zjištěný objem $770 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 125 \text{ SD}$). Produkce smrkových porostů na bývalých zemědělských půdách tedy byla o 65 % vyšší než na lesních pozemcích. V porovnání s růstovými tabulkami jsou tyto údaje o zásobě porostů rostoucích na zemědělské půdě vyšší o 33 %. Podobné výsledky uvádí také PODRÁZSKÝ et al. (2011) z oblasti Českomoravské vysočiny, v této lokalitě měly smrkové porosty ve věku 50 let o 13 % vyšší zásobu než na lesních pozemcích, oproti růstovým tabulkám byla zásoba vyšší téměř o 50 %. Při porovnání těchto porostů velmi záleží na způsobu výchovy, které značně ovlivňují jak výčetní tloušťku, tak i střední porostní výšku (DUŠEK, SLODIČÁK 2009).

Z hlediska klimatických faktorů ovlivňují radiální přírůst smrku velmi výrazně srážky a teploty, a to nejenom v porostech poškozených zvěří. Na TVP v Orlických horách bylo zjištěno, že nízké teploty jsou výrazným limitujícím faktorem růstu, což uvádí také ostatní studie z horských a podhorských oblastí v Evropě (MEYER, BRÄKER 2001; VACEK et al. 2016; KRÁL et al. 2016; KRÁLÍČEK et al. 2017). Z naší studie vyplývá, že stromy rostoucí lesní půdě jsou mnohem citlivější na působení klimatu oproti porostům rostoucí na zemědělské půdě v důsledku dostatečného množství snadno dostupných živin. Stromy, které byly výrazně poškozeny loupáním jelení zvěří, výrazně trpěly zejména nedostatkem srážek. Na druhé straně pro stromy rostoucí na bývalých zemědělských půdách neměly srážky žádný vliv na tloušťkový přírůst. Faktor srážek naopak zásadně ovlivňoval stromy se silným poškozením. Nejvýraznější vliv teplotních výkyvů na radiální růst smrku byl zjištěn v měsících červnu a červenci stejně tak jako v Německu (ANDREASSEN et al. 2006) či Norsku (HAUCK et al. 2012).

Na námi sledovaných plochách byl ve všech případech zjištěn větší rozsah poškození kůry ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách (celkem poškozeno 85,8 % obvodu stromů), na lesní půdě bylo zvěří poškozeno 53,8 % obvodu stromů. Vyšší rozsah poškození je možné vysvětlit rozsáhlým zalesněním během krátkého období v padesátých letech dvacátého století, čímž vznikly stejnověké smrkové porosty velkých výměr (ŠPULÁK a KACÁLEK 2011), které poskytovaly zvěři kryt a ve kterých byla lovena mnohem obtížněji než v porostech věkově diferencovaných. Z řady prací také vyplývá, že smrk ztepilý patří mezi druhy, které jsou na poškození kmene loupáním a ohryzem nejvíce náchylné (GILL 1992; VOSPERNIK 2006). Větší rány většinou vznikají na stromech větších dimenzí (SCOTT 1998; ČERMÁK, JANKOVSKÝ 2006). Mnohé práce pak dokládají, že čím je rána větší a čím dříve je způsobená, tím také narůstá pravděpodobnost vzniku hniloby a jejího většího rozsahu v kmeni (EL ATTA, HAYES 1987; ČERMÁK, JANKOVSKÝ 2006). Kolem 80 % procent stromů smrku poškozených loupáním a ohryzem jelení zvěří a následně hnilobou *Stereum sanguinolentum*

z jižní ruské tajgy uvádí SMIRNOV (1981) a z polských Krkonoš DOMANSKI (1966). K největšímu poškození smrku loupáním a ohryzem jelení zvěří přitom dochází ve věku 20–40 let (ECKMÜLLNER 1985), GILL et al. (2000) uvádějí rozpětí 18–38 let. V uvedeném věkovém rozmezí porostů jsou již kmeny stromů smrku částečně vyčištěny od spodních suchých větví a kůra je dosud hladká a vhodná k loupání a ohryzu (ČERMÁK, JANKOVSKÝ 2006). Z jednotlivých druhů zvěře se rozhodujícím způsobem na vzniku poškození smrku podílí jelen evropský. Přibližně do roku 1980 bylo v ČR 98 % poškození loupáním a ohryzem způsobeno jelení zvěří, v roce 1983 uvádí FANTA (1983) podíl jelení zvěře 76 %, poškozování lesních porostů jelenem evropským v jehličnatých porostech představuje v České republice stále závažnější problém (ČERMÁK, STREJČEK 2007). Peněžní hodnota sloupaných porostů se ve většině případů pohybuje v rozmezí 70–95 % hypotetické hodnoty bez vzniklých ztrát (EIDMANN 1952). Z hlediska opatření, která vedou ke snížení škod jelení zvěří na lesních porostech, nemusí být realizováno pouze snížení početních stavů. JARNEMO et al. (2014) mezi preventivními opatřeními uvádí např. rozšířením potravní nabídky spárkaté zvěře.

ZÁVĚR

Z výsledků práce je jednoznačně patrné, že objem hroubí dřeva na námi sledovaných TVP u lesních pozemků činil $466 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 122 \text{ SD}$), naproti tomu na zemědělské půdě bylo zjištěno $770 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 125 \text{ SD}$). Větší rozsah poškození kůry jelení zvěří ve smrkových porostech byl přitom zjištěn na bývalé zemědělské půdě (obvodové poškození zjištěno u 85,8 % stromů), zatímco na lesní půdě bylo zjištěno obvodové poškození u 53,8 % stromů. Z analýz radiálního růstu ve vztahu ke klimatu vyplývá, že stromy s výrazným poškozením a hnilobou trpěly výrazným nedostatkem srážek, na rozdíl od zdravých stromů, kde srážky neměly signifikantní vliv na radiální růst. Stromy se zhoršeným zdravotním stavem, který byl v minulosti způsoben loupáním kůry jelení zvěří, jsou v posledním desetiletí, ve kterém dochází ke globálním klimatickým změnám, také napadány ve zvýšené míře kůrovci.

Škody zvěří v zájmové oblasti Orlických hor představují vzhledem ke značnému rozsahu hnilob ve smrkových porostech vážný problém jak z hlediska ekonomického, tak i ekologického. Takto oslabené porosty nebudou schopny v nadcházejícím období odolávat klimatickým výkyvům. Z tohoto důvodu je žádoucí snížit stavy jelení zvěře na únosnou mez tak, aby v budoucnu k tomuto typu poškození nedocházelo. Zdravé porosty budou lépe odolávat nastupující klimatické změně a zároveň bude možné dosáhnout vyššího radiálního přírůstu nepoškozených stromů.

LITERATURA

- ANDREASSEN K., SOLBERG S., TVEITO O.E., LYSTAD S.L. (2006): Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management*, 222: 1: 211–221.
- ARMOLAITIS K., ALEINIKOVIENÉ J., BANIŪNIENÉ A., LUBYTÉ J., ŽÉKAITĖ V. (2007): Carbon sequestration and nitrogen status in Arenosols following afforestation or following abandonment of arable land. *Baltic Forestry*, 13: 169–178.
- BALTZINGER M., MÄRELL A., ARCHAUX F., PÉROT T., LETERME F., DECONCHAT M. (2016): Overabundant ungulates in French Sologne? Increasing red deer and wild boar pressure may not threaten woodland birds in mature forest stands. *Basic and Applied Ecology*: 17: 6: 552–563.

- BIONDI F., WAIKUL K. (2004): DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30: 3: 303–311.
- BUNN A.G. (2008): A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26: 2: 115–124.
- ČERMÁK P., STREJČEK M. (2007): Stem decay by *Stereum sanguinolentum* after red deer damage in the Českomoravská vrchovina Highlands. *Journal of Forest Science*, 53: 12: 567–572.
- ČERMÁK P., JANKOVSKÝ L. (2006): Škody ohryzem, loupáním a následnými hnilobami. *Folia Forestalia Bohemica* 1, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 52 s.
- CUKOR J., BALÁŠ M., KUPKA I., TUŽINSKÝ M. (2017): The condition of forest stands on afforested agricultural land in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*, 63: 1: 1–8.
- DOMANSKI S. (1966): Próba fytopatologicznej oceny swierkow ospalowanych przez zwierzynę w Karkonoszach. *Folia forestalia pollonica Serie A*, 12: 157–174.
- DUŠEK D., SLODIČÁK M. (2009): Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na bývalé zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 1: 12–16.
- ECKMÜLLNER O. (1985): Barking and logging damage in commercial forest and high forest. Results of the Austrian Forest Inventory for 1971-1980. *Zentralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 102: 4: 190–214.
- EIDMANN F.E. (1952): Wertminderung von Fichtenbeständen durch den schältschäden des Rotwildes. *Forstarchiv*, 23: 4: 65–69.
- EL ATTA H.A., HAYES A.J. (1987): Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* Alb. & Schw. ex Fr. developing from extraction wounds. *Forestry*, 60: 101–111.
- ELLIS E.C., RAMANKUTTY N. (2008): Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and Environment*, 6: 439–447.
- European Commission (2013): A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. (COM/2013/659). Brussels.
- FANTA B. (1983): Poškození lesních porostů v ČSR loupáním zejména jelení a mufloní zvěří. Sborník z konference Hniloby lesních dřevin a ochrana proti nim. LF VŠZ Brno: 55–63.
- Forest Europe (2015): State of Europe's Forests 2015, published by Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 312 s.
- FUCHS R., VERBURG P.H., CLEVERS J.G.P.W., HEROLD M. (2015): The potential of old maps and encyclopaedias for reconstructing historic European land cover/use change. *Applied Geography*, 59: 43–55.
- GILL R. (1992): A review of damage by mammals in north temperate forest 1: Deer. *Forestry*, 65: 145–169.
- GILL R., WEBBER J., PEACE A. (2000): The economic implications of deer damage, Final Report for The Deer Commission for Scotland, Forest Research Agency, Wreccelesham, 49 s.
- HAUCK M., ZIMMERMANN J., JACOB M., DULAMSUREN C., BADE C., AHRENDTS B., LEUSCHNER C. (2012): Rapid recovery of stem increment in Norway spruce at reduced SO₂ levels in the Harz Mountains, Germany. *Environmental Pollution*, 164: 132–141.
- HOUET T., GRÉMONT M., VACQUIÉ L., FORGET Y., MARRIOTTI A., PUISSANT A., BERNARDIE S., THIERY Y., VANDROMME R., GRANDJEAN G. (2017): Downscaling scenarios of future land use and land cover changes using a participatory approach: an application to mountain risk assessment in the Pyrenees (France). *Regional Environmental Change*, 17: 2293–2307.

- JARNEMO A., MINDERMAN N., BUNNEFELD J., ZIDAR J., MANSSON. (2014): Managing landscapes for multiple objectives: alternative forage can reduce the conflict between deer and forestry. *Ecosphere*, 5: 8: art97.
- JARSKÝ V., PULKRAB K. (2013): Analysis of EU support for managed succession of agricultural land in the Czech Republic. *Land Use Policy*, 35: 237–246.
- KAPLAN J.O., KRUMHARDT K.M., GAILLARD M.J., SUGITA S., TRONDMAN A.K., FRYFE R., MARQUER L., MAZIER F., NIELSEN A.B. (2017): Constraining the Deforestation History of Europe: Evaluation of Historical Land Use Scenarios with Pollen-Based Land Cover Reconstructions. *Land*, 6: 1–20.
- KOLECKA N., KOZAK J., KAIM D., BOBOSZ M., OSTAFIN K., OSTAPOWICZ K., WEŻYK P., PRICE B. (2017): Understanding farmland abandonment in the Polish Carpathians. *Applied Geography*, 88: 62–72.
- KRÁL J., VACEK S., VACEK Z., PUTALOVÁ T., BULUŠEK D., ŠTEFANČÍK I. (2015): Structure, development and health status of spruce forests affected by air pollution in the western Krkonoše Mts. in 1979–2014. *Forestry Journal*, 61: 3: 175–187.
- KRÁLÍČEK I., VACEK, Z., VACEK, S., REMEŠ, J., BULUŠEK, D., KRÁL, J., ŠTEFANČÍK I., PUTALOVÁ, T. (2017): Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate. *Dendrobiology*, 77: 121–139.
- LANZ B., DIETZ S., SWANSON T. (2018): The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144: 260–277.
- MEYER F.D., BRÄKER O.U. (2001): Climate response in dominant and suppressed spruce trees, *Picea abies* (L.) Karst., on subalpine and lower montana site in Switzerland. *Ecoscience*, 8: 105–114.
- PETRAŠ R., PAJTIK J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 1: 49–56.
- PODRÁZSKÝ V., PROCHÁZKA J., REMEŠ J. (2011): Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 27–35.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPANÍK R. (2002): Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 53–56.
- R CORE TEAM (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- REINEKE L.H., (1933): Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46: 7: 627–638.
- SCOTT D. (1998): Impact of red deer on a Scots pine plantation after removal of deer fencing. *Scottish Forestry*, 52: 8–13.
- SHARMA R.P., VACEK Z., VACEK S. (2016): Modelling individual tree height to diameter ratio for Norway spruce and European beech in Czech Republic. *Trees – Structure and Function*, 30: 6: 1669–1682.
- SMIRNOV K.A. (1981): Effect of elk damage to spruce bark on increment and species succession in the southern taiga. *Lesovedenie*, 4: 56–65.
- ŠPULÁK O., KACÁLEK D. (2011): Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 1: 49–57.
- THULIN C.G., MALMSTEN J., ERICSSON G. (2015): Opportunities and challenges with growing wildlife populations and zoonotic diseases in Sweden. *European Journal of Wildlife Research*, 6: 5: 649–656.

- VACEK Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., KRÁL J., BULUŠEK D., PUTALOVÁ T., BALÁŠ M., KALOUSKOVÁ I., SCHWARZ O. (2016): Structural diversity and production of alder stands on former agricultural land at high altitudes. *Dendrobiology*, 75: 31–44.
- VOSPERNIK S. (2006): Probability of bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) in Austria. *Silva Fennica*, 40: 4: 589–601.
- WALL A., HYTÖNEN J. (2005): Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. *Plant and Soil*, 275: 247–260.

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen za finanční podpory IGA Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze (B03/18).

Vliv stanovištních podmínek na odrůstání výsadeb dřevin pionýrských

Effect of site conditions on the growth of planted pioneer tree species

ANTONÍN MARTINÍK*, MATÚŠ SENDECKÝ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, *antonin.martinik@mendelu.cz

Abstract

*Within two experiments, there was evaluated the effect of site conditions on the early growth of pioneer species outplanted on four disturbed forest areas located in the region of Czech Republic. The first experiment was established in 2014; birch (*Betula pendula* Roth.) and aspen (*Populus tremula* L.) seedlings were outplanted on the forest sites determined as *Abieti-querqueta roboris-piceae* (forest site type – SLT 4O, plot Rakovec) and *Fageta typica* (forest type – SLT 4B, plot Tornádo). The second experiment consist of birch and alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) outplanted on forest sites determined as *Querci-fageta* (SLT 3S, plot Ondra) and *Abieti-querqueta roboris fagi* (SLT 4D, plot Valšovice) in 2015. Extensive mortality and slow growth of birch seedlings was detected on water-soaked site (Rakovec). Also conditions of Valšovice plot was unfavourable for planting of birch seedlings, because they showed low stability second year after planting. The best growth of birch was found on Tornádo plot, where also aspen regeneration showed good growth. The alder seedlings showed the best results on Valšovice plot, likewise on plot Ondra alder grew very well, where exceeded birch seedlings in height.*

Keywords: birch; aspen; alder; artificial regeneration; calamity clear-cut; mortality; growth

Abstrakt

Cílem dvou experimentů založených na čtyřech kalamitních holinách v podmínkách České republiky bylo posoudit vliv stanoviště na odrůstání výsadeb pionýrských dřevin. Experiment 1 byl založen na stanovišti *Abieti-querqueta roboris-piceae* (SLT 4O, Rakovec) a *Fageta typica* (SLT 4B, Tornádo) výsadbou břízy (*Betula pendula* Roth.) a osiky (*Populus tremula* L.) v r. 2014; experiment 2 na stanovišti *Querci-fageta* (SLT 3S, Ondra) a *Abieti-querqueta roboris fagi* (SLT4D, Valšovice) výsadbou břízy a olše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v r. 2015. Bříza na vodou ovlivněném stanovišti vykazovala značnou mortalitu a nízký růst (Rakovec); na ploše Valšovice sice přirůstá rychle, ale je zde značně nestabilní. Nejlépe tato dřevina odrůstá na ploše Tornádo, kde se daří také osice. Olše prosperuje především na ploše Valšovice, ale daří se jí i na ploše Ondra, kde její výška převyšuje břízu.

Klíčová slova: bříza; osika; olše; umělá obnova; kalamitní holina; mortalita; růst

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Volba optimální stanovištně vhodné dřeviny je prioritní pěstební opatření, a to především tam, kde nelze využít mateřského porostu k jeho přirozené obnově. Kromě stanovištních podmínek zohledňující i očekávané dopady globálních klimatických změn (PRŮŠA 2001; HLÁSNÝ et al. 2014) bude volba dřeviny odvislá také od stavu mateřského porostu.

V případě rozsáhlých holin lze vzhledem k bionomické strategii upřednostnit dřeviny pionýrské (KOŠULIČ 2010). V podmínkách střední Evropy lze za perspektivní pionýrské dřeviny považovat především břízu, osiku a olši. Pro specifická stanoviště je zmiňována bříza pýřitá (*Betula pubescens* Ehrh.) a vrba bílá (*Salix alba* L.) (PRŮŠA 2001). Pionýrské dřeviny se sice na řadě míst po disturbanci objevují zcela spontánně, hospodářská využitelnost takto vzniklých nárostů je často problematická. Důvodem je značná variabilita ve struktuře těchto porostů (ŠPULÁK et al. 2014; MARTINÍK, ADAMEC 2016).

Výše uvedené je často důvodem k umělé obnovy těchto dřevin (MARTINÍK et al. 2016). Zatímco u břízy lze na většině stanovišť využít jako vhodnou obnovní metodu také sjí, v případě olše a osiky uvažujeme výhradně o výsadbě (MARTINÍK 2016; SCHRAM 2016). Volba druhu konkrétní pionýrské dřeviny bude odvislá od obnovního konceptu, ale i stanoviště.

Cílem předkládaného příspěvku je zhodnotit růst výsadeb pionýrských dřevin na různých typech stanovišť 2 roky od jejich založení. Posuzovaný byly osika (*Populus tremula* L.) a bříza (*Betula pendula* Roth.) na SLT 4O a 4B a dále bříza s olší (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na SLT 4D a 3S. Předmětem šetření byla mortalita, výškový růst, tloušťka kořenového krčku, v případě břízy na jedné dvojici ploch také celková biomasa v bezlistém stavu.

MATERIÁL A METODIKA

Šetření vycházelo ze dvou experimentů založených vždy na dvojici ploch (variantách) se dvěma pionýrskými dřevinami (Tab. 1). Při experimentu 1 byla založena a hodnocena standardní výsadba břízy a osiky na stanovišti SLT 4B (*Tornádo*) a 4O (*Rakovec*). Výsadby byly založeny na jaře v roce 2014 ve sponu 2 × 2 m. V rámci experimentu 2 byla spolu s břízou zalesněna olše, tentokrát na stanovišti SLT 4D (*Valšovice*) a 3S (*Ondra*). Experiment 2 byl založen na jaře v roce 2015 ve sponu 2 × 1,5 m. Počet vysazených dřevin na stanovištích nebyl z důvodů odlišné velikosti ploch jednotný a pohyboval se v rozpětí od 58 do 121 kusů.

Zájmové plochy (varianty) se nacházely v oblastech postižených chřadnutím a rozpadem nepůvodních smrkových porostů. Průměrná teplota pro oblasti šetření (plochy) se pohybuje v rozmezí od 7,1 do 9,0 °C a roční srážky kolísají od 551 do 700 mm.

Šetření probíhala vždy na konci vegetační sezóny, kdy byla zjištěna mortalita dřevin, změřena výška nadzemní části a tloušťka kořenového krčku. V článku uvedené výsledky vyjadřují souhrnný stav na konci druhé vegetační sezony, tedy v r. 2016 pro experiment 1, resp. na konci roku 2017 pro případ experimentu 2.

Mortalita vyjadřuje % uhynutých jedinců k původnímu počtu dřevin při založení. Statisticky byly testovány rozdíly ve výšce nadzemní části a tloušťce kořenového krčku pro stejnou dřevinu každého pokusu na různém stanovišti (variantě). Rozdíly mezi dřevinami v rámci stejné varianty byly hodnoceny jen slovně.

V rámci experimentu 2 byla dále analyzována biomasa břízy po dvou letech od výsadby. Za tím účelem byly na ploše III (*Valšovice*) a IV (*Ondra*) odebrány tři vzorníky této dřeviny, a to tak, aby reprezentovaly výškové rozpětí bříz na ploše. U vzorníků, které byly odebrány na

konci vegetační sezóny 2017, byla změřena délka nadzemní části, tloušťka kořenového krčku a po vysoušení do konstantní teploty při 80 °C sušina kořenů, kmene a větví.

Statistické analýzy byly provedeny v programu R (R Core Team 2017). K nalezení výskytu signifikantních rozdílů mezi testovanými skupinami byla použita analýza variance dat (ANOVA) a Tukey test. Grafické výstupy (Obr. 1–4) zobrazují průměry, směrodatnou odchylku a rozsah všech hodnot (chybové úsečky).

Tab. 1: Charakteristika experimentů.

Tab. 1: Experiments characteristic.

Experimenty experiments	Dřevina tree species	Plocha plots	Vzorec SM marks of seedlings	Výška SM height of seedlings [cm]	Stanoviště / site	
					SLT ¹	PLO ²
1	BR	I, II	0,5–0,5+2–1	51–80	4B	28
	OS	I, II	0,5+k 0,5	51–70	4O	30
2	BR	III, IV	0,5–0,5	51–70	4D	37
	OL	III, IV	0,5–0,5+1+1	51–80	3S	30

SM – sadební materiál; BR – *Betula pendula*; OS – *Populus tremula*; OL – *Alnus glutinosa*

I – *Tornádo*, II – *Rakovec*, III – *Valšovice*, IV – *Ondra*

¹SLT – forest site type, ²PLO – natural forest area

VÝSLEDKY

S výjimkou břízy na ploše *Rakovec* nepřevyšovala mortalita pionýrských dřevin za 2 roky od výsadby 15 % (Tab. 2). Stanoviště ovlivněná vodou se tak mohou jevit jako nevhodná pro umělou obnovu břízy. Výše uvedené potvrdily také výsledky porovnání výšky nadzemní části a tloušťky kořenového krčku, které byly na *Rakovci* statisticky významně nižší než na ploše *Tornádo* reprezentující SLT 4B (Obr. 1, 2; Tab. 3). V absolutním vyjádření byla průměrná výška břízy na *Tornádu* dvojnásobná oproti *Rakovci* (252 cm vs. 128 cm). Rovněž růst osiky na *Rakovci* výrazně (významně) zaostává za růstem této dřeviny na ploše *Tornádo* (Obr. 1, 2).

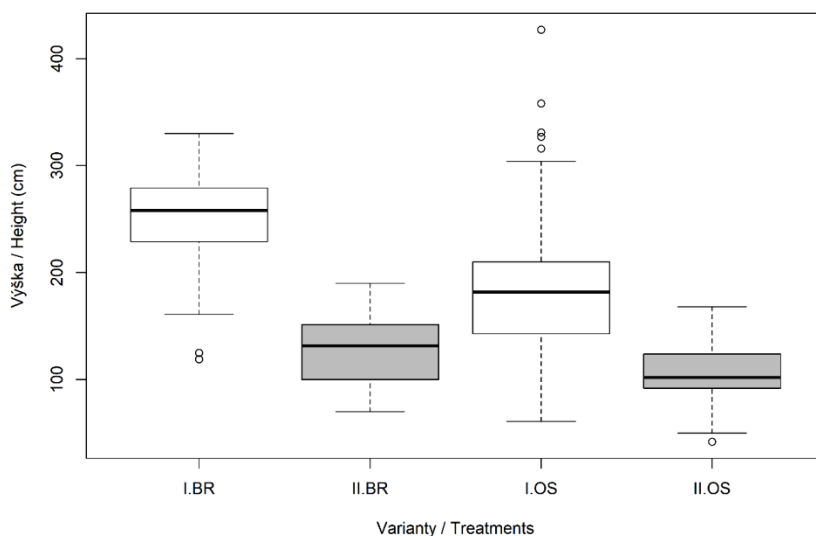
Vliv stanoviště je patrný také při porovnání rozdílů v růstu břízy a osiky na obou plochách. Zatím co na ploše *Tornádo* bříza při obdobných výchozích parametrech sadebního materiálu výrazně přerůstá osiku, výška břízy i osiky na ploše *Rakovec* byla srovnatelná.

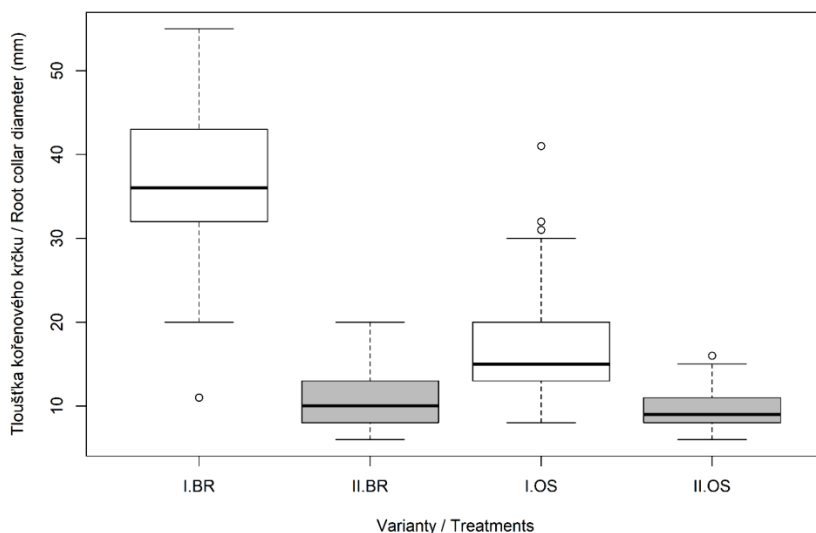
Výsledky druhého experimentu potvrdily význam stanoviště jako faktoru ovlivňujícího odrůstání výsadeb pionýrských dřevin. Bříza i osika odrůstala lépe na stanovišti nutričně, ale i na vodu bohatším (Obr. 3, 4). Při vzájemném porovnání obou vysázených dřevin se překvapivě ukázal rychlejší růst břízy na stanovišti SLT 4D (*Valšovice*), naopak na ploše *Ondra* reprezentující chudší stanoviště (SLT 3S) rostla lépe olše.

Dynamičtější růst břízy na ploše *Valšovice* (SLT 4D) v porovnání s plochou (*Ondra*) reprezentující stanoviště SLT 3S dokládá také analýza dřevinné biomasy břízy 2 roky po výsadbě. Zatímco na ploše *Valšovice* přesahuje celková biomasa vzorníku břízy i 1000 g, na ploše *Ondra* jen stěží tato hodnota u nejvitálnějších jedinců dosahuje 100 g (Tab. 4).

Tab. 2: Přežívání pionýrských dřevin na plochách po druhém vegetačním období.**Tab. 2:** Survival rate of pioneer species on plots after second growing season.

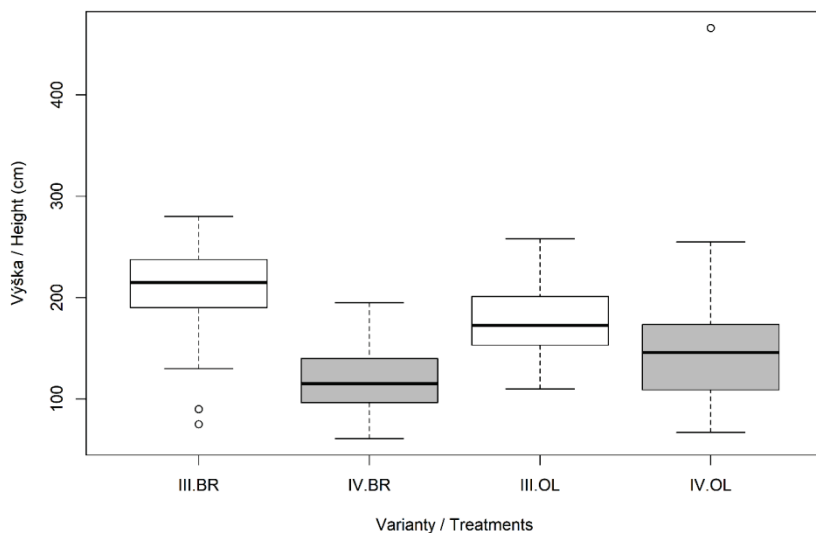
Dřevina tree species	Přežívání [%] survival rate			
	2016		2017	
	I	II	III	IV
BR	87,8	39,7	96,4	93,3
OS	91,9	85,1	-	-
OL	-	-	97,6	91,9

BR – *Betula pendula*; OS – *Populus tremula*; OL – *Alnus glutinosa*I – *Tornádo*, II – *Rakovec*, III – *Valšovice*, IV – *Ondra***Obr. 1:** Průměrné výšky výsadeb pionýrských dřevin (BR – *Betula pendula* Roth., OS – *Populus tremula* L.) na plochách I (*Tornádo*) a II (*Rakovec*) po druhém vegetačním období.**Fig. 1:** Average heights of planted pioneer tree species (BR – *Betula pendula* Roth., OS – *Populus tremula* L.) on plots I (*Tornádo*) and II (*Rakovec*) after second growing season.



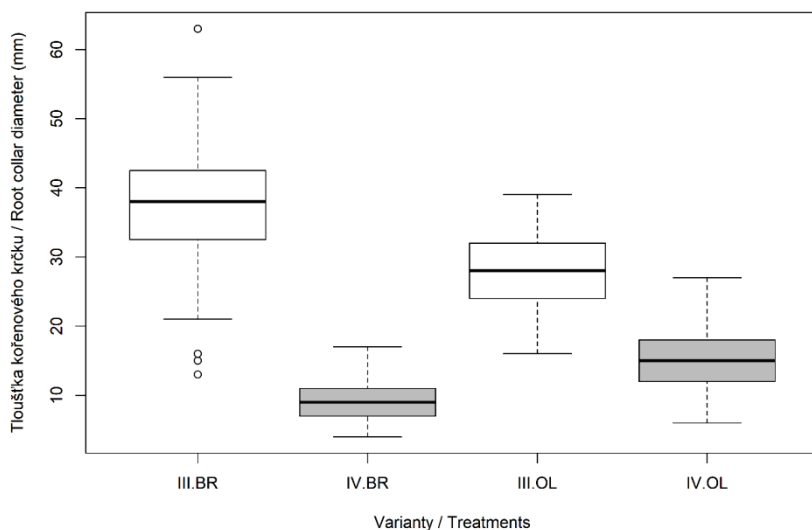
Obr. 2: Průměrné tloušťky kořenových krčků vysázených pionýrských dřevin (BR – *Betula pendula* Roth., OS – *Populus tremula* L.) na plochách I (*Tornádo*) a II (*Rakovec*) po druhém vegetačním období.

Fig. 2: Average root collar diameters of planted pioneer tree species (BR – *Betula pendula* Roth., OS – *Populus tremula* L.) on plots I (*Tornádo*) and II (*Rakovec*) after second growing season.



Obr. 3: Průměrné výšky vysázených pionýrských dřevin (BR – *Betula pendula* Roth., OL – *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na plochách III (*Valšovice*) a IV (*Ondra*) po druhém vegetačním období.

Fig. 3: Average heights of planted pioneer tree species (BR – *Betula pendula* Roth., OL – *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) on plots III (*Valšovice*) and IV (*Ondra*) after second growing season.



Obr. 4: Průměrné tloušťky kořenových krčků vysázených pionýrských dřevin (BR – *Betula pendula* Roth., OL – *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na plochách III (Valšovice) a IV (Ondra) po druhém vegetačním období.

Fig. 4: Average root collar diameters of planted pioneer tree species (BR – *Betula pendula* Roth., OL – *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) on plots III (Valšovice) and IV (Ondra) after second growing season.

Tab. 3: Analýza rozptylu (p-hodnoty) výšek pionýrských dřevin vysázených na plochách (I–II a III–IV) po druhém vegetačním období.

Tab. 3: ANOVA (p-values) of heights pioneer species outplanted on the plots (I–II a III–IV) after second growing season.

Variety treatments	p-hodnoty (analýza rozptylu) p-values (ANOVA)					
	Výška height			Tloušťka kořenového krčku root collar diameter		
	OL	OS	BR	OL	OS	BR
I	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001
II	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001
III	0,001	–	0,001	0	–	0
IV	0,001	–	0,001	0	–	0

BR – *Betula pendula*; OS – *Populus tremula*; OL – *Alnus glutinosa*

I – Tornádo, II – Rakovec, III – Valšovice, IV – Ondra

Tab. 4: Morfologické parametry a hmotnost sušiny analyzovaných vzorníků břízy po druhém vegetačním období od výsadby.

Tab. 4: Morphology parameters and dry weight of birch samples after second growing season.

Plocha plots	Vzorník sample	Morfologické parametry morphology parameters				Biomasa – hmotnost po vysušení biomass – dry weight				
		Tloušťka root collar diameter [cm]	Výška height [cm]	Kořeny roots [g] [%] ¹		Kmen stem [g] [%] ¹		Větvě branches [g] [%] ¹		Celkem in total [g]
III	1	4,1	240	365,1	32,9	459,9	41,5	283,4	25,6	1 108,4
	2	4,4	249	290,8	28,7	449,9	44,5	271,6	26,8	1 012,3
	3	3,6	204	215,2	27,1	353,4	44,6	224,5	28,3	793,1
IV	1	1,4	163	32,8	33,3	42,7	43,3	23,0	23,4	98,5
	2	1,1	140	18,0	30,8	26,3	44,9	14,2	24,3	58,5
	3	1,1	199	13,5	23,1	34,0	58,2	10,9	18,7	58,4

III – Valšovice, IV – Ondra

¹[%] – procenta z celkové hmotnosti po vysušení

DISKUSE

Při nezdaru nebo nízkém potenciálu přirozené obnovy je nutné přistoupit k obnově umělé. To se týká také dřevin pionýrských, jejichž širší uplatnění především na kalamitních holinách se stává v současnosti významným tématem lesnického výzkumu, ale i praxe (KAMENSKÝ et al. 2014; SOUČEK et al. 2016).

Výsledky prezentovaného šetření ukázaly, že významným faktorem ovlivňujícím úspěšnost umělé obnovy je stanoviště. Jako problematická se ukázala umělá obnova břízy (vysoká mortalita a malý přírůst), ale i osiky (malý přírůst) na stanovišti vodou ovlivněném (*Rakovce* – SLT 40). Zvolený vyspělý sadební materiál přitom odpovídá doporučením pro umělou obnovu na těchto typech stanovišť (MAUER 2009; RAULO 1987). Na stranou druhou vhodně provedena příprava půdy před výsadbou by na tomto stanovišti mohla výrazně přispět k lepšímu odrůstání pionýrských dřevin (KARLSSON 2002). To by současně ale zvýšilo náklady na obnovu lesa (MARTINÍK et al. 2014). Pro uvedené stanoviště se obecně jako perspektivní dřevina jeví olše lepkavá (SVOBODA 1957), která však nebyla součástí posuzovaného experimentu. Úspěšný růst olše na *Rakovci* byl nicméně potvrzen v rámci jiného šetření (SCHRAM 2016; MARTINÍK et al. 2016). Perspektivní pionýrskou dřevinou pro stanoviště vodou ovlivněná může být rovněž bříza pýřitá (SVOBODA 1957; PLÍVA, PRŮŠA 1969).

Výsledky druhého experimentu dále ukázali, jaký má mít vliv stanoviště na dynamiku odrůstání břízy. Vyšší obsah živin a vody v půdě, ale i menší zabuřnění (plocha *Valšovice* vznikla v r. 2015, plocha *Ondra* již v roce 2012) se výrazně projevilo na odrůstání výsadeb této dřeviny. Vliv stanoviště, resp. kombinace srážek a teplot, se jeví rovněž jako významný faktor růstu také starších porostů břízy vzniklých přirozenou obnovou (ŠPULÁK et al. 2014; MARTINÍK, ADAMEC 2016).

Přes dynamické odrůstání břízy na stanovišti SLT 4D (*Valšovice*) zde bylo v r. 2017 zjištěno 18 % vyvrácených jedinců. Příčinou může být výrazné kolísání hladiny spodní vody, k němuž na této ploše dochází. Analýza vzorníků přitom ukázala na rozsáhlý, ale povrchový a často deformovaný kořenový systém břízy. Otázkou zůstává, zda by ke zvýšení stability břízy na tomto stanovišti mohla vést odlišná technologie obnovy – sje (MARTINÍK 2016).

I přes pomalejší růst se tak jeví na tomto stanovišti jako perspektivnější pionýrská dřevina olše lepkavá.

Překvapivým zjištěním bylo úspěšné odrůstání olše na stanovišti SLT 3S (*Ondra*), kde tato dřevina převyšovala svým růstem břízu. Olše je sice považována za dřevinu vyžadující dostatečnou půdní vlhkost, resp. mírně proudící spodní vodu (SVOBODA 1957; PLÍVA, PRŮŠA 1969), na stranou druhou praktické zkušenosti ukazují, že v mládí snese tato dřevina i půdy sušší. Uplatnění olše na relativně sušších stanovištích tak bude závislé na zvoleném postupu obnovy, resp. využití a role pionýrské dřeviny při obnově lesa. Vhodnou pionýrskou dřevinou bude olše na sušších stanovištích jen při uvažovaném krátkodobém pěstování, např. při souběžné obnově.

Ekologické nároky osiky a břízy jsou obdobné (SVOBODA 1957; WORRELL 1995); volba konkrétní pionýrské dřeviny tak bude závislá především na koncepci obnovy včetně očekávané produkce těchto dřevin. Průměrná vyšší výška břízy na ploše *Tornado* reprezentující jedny z nejvhodnějších podmínek pro pěstování břízy i osiky může souviset jednak s použitým typem sadebního materiálu a jednak s konkrétními podmínkami stanoviště. O tom svědčí i značná variabilita ve výšce nadzemní části u osiky. Osika je dřevinou, která přes skromné nároky vyžaduje k dosažení hospodářsky využitelné dřevní hmoty optimální půdní podmínky, které lze mj. zlepšit i vhodnou přípravou půdy (SVOBODA 1957). Současně je potřeba podotknout, že na rozdíl od břízy je osika pro zvěř dřevinou velice atraktivní, což snižuje její využitelnost při umělé obnově (MYKING et al. 2011). Negativní vliv zvěře na odrůstání této dřeviny nebyl z důvodu oplocení ploch s osikou hodnocen, a tedy ani potvrzen.

ZÁVĚR

Přestože prezentované výsledky lze považovat za předběžné, jednoznačně z nich vyplývá vliv stanoviště na úspěšnost obnovy dřevin pionýrských. I přes širokou ekologickou valenci se jako problematická ukázala výsadba břízy bělokoré na vodou ovlivněné stanoviště. Na toto stanoviště lze jako pionýrskou dřevinu obecně doporučit olši nebo břízu pýřitou. Olše se rovněž ukázala jako vhodná dřevina na sušších typech stanovišť, u níž lze s největší pravděpodobností očekávat s přibývajícím věkem pokles ve vitalitě i růstu. Její využití na těchto stanovištích bude možné jen při souběžné obnově, kde plní roli jen krátkodobé, výplňové, resp. přípravné a výchovné dřeviny. Při rozhodování, zda při umělé obnově lesa po kalamitách využít břízu nebo osiku, bude nezbytné zohlednit konkrétní stanovištní podmínky a pěstební, resp. obnovní koncept.

LITERATURA

- HLÁSNÝ T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MERGANIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONÔPKA B. (2014): Climate change increases the drought risk in Central European forests: what are the options for adaption? *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 60: 1: 5–18.
- KAMENSKÝ M., JANKOVIČ J., TUČEKOVÁ A., STRMEŇ S. (2014): Treba vysádzať prípravne dreviny na kalamitné holiny v po rozpade smrekových porastov o oblasti Kysúc? In: Bednářová D. et al. (eds): Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa. Zborník referátov, Štrbské pleso, 10.–11. 9. 2014, Národné lesnícké centrum – Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, s. 77–85, ISBN 978-80-8093-189-6.

- KARLSSON A. (2002): Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. *New Forests*, 23: 159–175.
- KOŠULIČ M. (2010): Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. FSC ČR, Brno, 452 s.
- MARTINÍK A. (2016): Zkušenosti se zakládáním přípravných porostů siji břízou. In: Kacálek, D. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture. Sborník původních vědeckých prací*, Dobruška, 30.–31. 8. 2016, VÚLHM, Opočno, s. 29–36, ISBN 978-80-7417-112-3.
- MARTINÍK A., DOBROVOLNÝ L., HURT V. (2014): Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal of forest science*, 60: 5: 190–197.
- MARTINÍK A., ADAMEC Z. (2016): Rozdíly ve struktuře mladých březových porostů vzniklých na holině a pod porostem v oblasti chřadnoucích smrčín na Severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61: 4: 271–278.
- MARTINÍK A., SEKANINA J., SCHRAMM D. (2016): Zkušenosti se zakládáním přípravných porostů břízou, olše a osiky. *Lesnická práce*, 10: 30–32.
- MAUER O. (2009): Zakládání lesů. II. ÚZPL, LDF, MZLU v Brně, Brno, 218 s.
- MYKING T., BÖHLER F., AUSTRHEIM G., SOLBERG E. J. (2011): Life history strategies of aspen (*Populus tremula* L.) and browsing effects: a literature review. *Forestry*, 84: 1: 61–71.
- PLÍVA E., PRŮŠA E. (1969): Typologické základy pěstování lesů. SZN, Praha, 401 s.
- PRŮŠA E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 590 s., ISBN 80-86386-10-4.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at <http://www.R-project.org/>.
- RAULO J. (1987): Björkboken. Translated by Fritz Bergman. National Board of Forestry, Jönköping, Sweden, 87 s. (švédsky).
- SCHRAMM D. (2016): Obnovní experiment na kalamitní holině – Rakovec I (ŠLP Křtiny). Bakalářská práce. LDF Mendelu, Brno, 70 s.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O., LEUGNER J., PULKRAB K., SLOUP R., JURÁSEK A., MARTINÍK A. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin-certifikovaná metodika, *Lesnický průvodce* 10/2019. VÚLHM, Strnady, 35 s.
- SVOBODA P. (1957): Lesní dřeviny a jejich porosty. Část III. SZN, Praha, 457 s.
- ŠPULÁK O., SOUČEK J., LEUGNER H. (2014): Variabilita struktury mladých převážně březových porostů vzniklých sukcesí na holinách kalamitního charakteru. In: Štefančík I. (ed.): *Proceedings of Central European Silviculture. Zborník vedeckých prác*, Zvolen, 9.–10. 9. 2014, Národné lesnícké centrum, Zvolen, s. 68–74, ISBN 978-80-8093-187-2.
- WORRELL R. (1995): European aspen (*Populus tremula* L.): a review with particular reference to Scotland II. Values, silviculture and utilization. *Forestry*, 68: 3: 231–243.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře projektu Iga LDF_PSV_2018002.

Možnosti ovlivnění stability smrkových porostů výchovou – dlouhodobý experiment Polom

Possible effect of thinning on stability of spruce stands – long-term experiment Polom

JIŘÍ NOVÁK*, DAVID DUŠEK, MARIAN SLODIČÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno,
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika, *novak@vulhmop.cz

Abstract

Norway spruce stands still dominate in forests of the Czech Republic. Damage due to snow and wind are frequent in these stands. Adequate silvicultural measures may reduce the risk of mentioned damage. Presented long-term experiment results confirm positive effect of intensive pre-commercial thinning at top height of 6 m (age of 15 years) on long-term reduction of unstable thin trees and on mitigation of natural culmination of slenderness quotient (h/d). In the period of the highest risk of snow damage (i.e. up to top height of 15 m), dominant trees in thinned stand showed h/d ratio up to 75. On the other hand, this ratio exceeded 80 in unthinned stand. Thus, presented thinning technique is appropriate to avoid snow damage at first half of rotation and it is also a preparation for mitigation of wind damage at following phase of stand development.

Keywords: *Norway Spruce, quotient of slenderness, heavy thinning*

Abstrakt

Porosty s převahou smrku ztepilého jsou stále dominantní v lesích České republiky a jejich poškození sněhem a větrem je velmi časté. Ke snížení rizika těchto škod mohou přispět odpovídající pěstební opatření. Příspěvek dokumentuje na příkladu dlouhodobého experimentu pozitivní efekt intenzivních výchovných zásahů provedených ve fázi mlazin při horní porostní výšce 6 m (věk 15 let) na dlouhodobé snížení zastoupení nejméně stabilních tenčích stromů a zmírnění přirozené kulminace štíhlostního kvocientu (h/d). V období největšího ohrožení porostů sněhem, tj. do horní porostní výšky 15 m nepřesáhl h/d dominantních stromů ve vychovávaném porostu hodnotu 75. Naopak v porostu bez výchovy přesáhl hodnotu 80. Zvolený způsob výchovy je tedy adekvátním opatřením pro snižování rizika škod sněhem v první polovině doby obmýti a je také přípravou pro zmírnění škod větrem v následujících fázích vývoje porostu.

Klíčová slova: *smrk ztepilý, štíhlostní kvocient, intenzivní výchovné zásahy*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Poškození lesů větrem a sněhem je častým fenoménem v lesním hospodářství založeném na umělé obnově s jednou převažující dřevinou při odpovídajících klimatických podmínkách. Živelní lesní kalamity jsou běžné nejen ve všech středoevropských zemích, ale i v dalších státech. Z ekonomického hlediska narušení hospodářských lesů snižuje výnos z těžby dříví a naopak zvyšuje náklady na nahodilé těžby a obnovu lesa. V Evropě je každoročně vytěženo

cca 35 mil. m³ dříví jako důsledek přirozených disturbancí způsobených především větrem (SCHELHAAS et al. 2003). V rámci České republiky patří k nejvýznamnějším příčinám nahodilých těžeb sněh, námraza a především vítr (RYCHTECKÁ, URBAŇCOVÁ 2008).

U smrku ztepilého, který je naší nejrozšířenější dřevinou, jsou škody sněhem nejčastější příčinou škod v mladých porostech. Vítr začíná škodit později, od horní výšky porostu cca 15 m. Ve vztahu ke škodám sněhem považuje např. HANEWINKEL et al. (2011) za důležité parametry korun a sbíhavost kmenů. Štíhlostní kvocient (h/d) vyjadřující poměr výšky a výčetní tloušťky kmene má ve smrkových porostech svůj charakteristický vývoj spojený nejdříve s nárůstem (do kulminace výškového přírůstu) a pozdějším poklesem (s pokračujícím přírůstem tloušťkovým). Tento vývoj je výraznější na stanovištích bohatších a naopak na chudších a výše položených stanovištích je prvotní nárůst h/d mírnější. To odpovídá poznatkům BOŠELY et al. (2014), kteří za nejvýznamnější ekologické faktory ovlivňující h/d u smrku označili nadmořskou výšku a bonitu stanoviště.

Mezi další faktory ovlivňující stabilitu smrkového porostu patří výchovné zásahy. Bylo zjištěno, že udržování volného zápoje (tj. uplatňování silných zásahů) v mladých smrkových porostech má kladný efekt na individuální odolnost jedinců vůči sněhu a větru (PAŘEZ 1972, CHROUST 1980, SLODIČÁK 1988, SLODIČÁK, NOVÁK 2006, GAUTHIER et al. 2015). Avšak silné zásahy uplatňované v pozdějším věku jsou spojeny s rizikem rozpadu porostů, zejména takových, kde je výchova v této růstové fázi teprve zahajována (ALBRECHT et al. 2012; PITICAR 2016).

V tomto směru je tedy stále aktuální strategie tzv. odstupňované výchovy smrkových porostů (např. CHROUST 1980), při které se v mlazínách silnými zásahy buduje individuální stabilita jednotlivých stromů a později se pro budování zápoje (prvku vzájemného zpevnění) přechází k zásahům slabším. Tento přístup je dlouhodobě ověřován na experimentální základně Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., (VÚLHM). Cílem příspěvku je informovat na příkladu výsledků experimentální série Polom v Orlických horách, jaký byl dlouhodobý efekt výchovy na charakteristiku stability (štíhlostní kvocient) dominantních jedinců ve smrkovém porostu v první polovině doby obmýtí.

MATERIÁL A METODIKA

Experiment byl založen v roce 1980 v patnáctileté smrkové mlazíně nacházející se v severozápadní části Orlických hor v nadmořské výšce 780 m (SLT 6K) na lokalitě Polom. Porost vznikl výsadbou v nepravidelném sponu o hustotě 3 500 – 4 000 sazenic na 1 ha na kalamitní holině po sněhovém polomu. Výzkumná řada obsahuje tři srovnávací plochy o velikosti 0,1 ha. Srovnávací plocha 1 je ponechána bez zásahů jako kontrola (dále popisována jako plocha kontrolní). Na srovnávací ploše 2 se ověřuje výchovný program, který není součástí tohoto hodnocení. V porostu srovnávací plochy 3 (dále popisována jako plocha se zásahy) se uskutečňuje výchovný program s výchovou smrkových porostů na sněhem ohrožených stanovištích a pod vlivem imisí. Tento program je založen na jednom velmi silném podúrovňovém zásahu ve věku 15 let (při tehdejší horní výšce porostu 6 m provedena redukce hustoty o 45 % na 1630 stromů na hektar, tj. snížení výčetní základny o 39 %), kterým se vytvoří dostatečný prostor pro nerušený vývoj korun relativně rezistentnějších jedinců. Další podúrovňový zásah ve věku 30 let při tehdejší horní výšce 15 m byl slabší (redukce hustoty o 26 % a výčetní základny o 16 %).

Pokles počtu stromů byl na experimentu Polom dlouhodobě ovlivňován častými sněhovými polomy, přičemž silné poškození bylo zaznamenáno zejména na kontrolní ploše. Porost na ploše se zásahy vykazoval významně nižší poškození abiotickými činiteli (podrobnosti k měření a vývoji dalších charakteristik viz SLODIČÁK 1988; SLODIČÁK, NOVÁK 2004).

Hodnocení sledovaných porostů ve věku 51 let (v roce 2016) při horní výšce 22 až 23 m proběhlo pomocí kalkulace zastoupení v tloušťkových stupních (po 3 cm výčetní tloušťky) a hodnot štihostního kvocientu (poměr výčetní tloušťky a odpovídající výšky pro tloušťkový stupeň).

Pro účely předložené analýzy byla tloušťka kmene horního stromového patra vyjádřena jako kvadratický průměr 200 nejtlustších stromů na hektar (tj. 20 nejtlustších stromů na experimentální ploše) a alternativně jako 90% percentil výčetní tloušťky stromů, což odpovídá mediánu výčetní tloušťky 20 % nejtlustších stromů. Výškové křivky pro celé porosty na plochách a pro jednotlivé roky měření byly vypočítány Nāslundovou funkcí a horní výšky v časové řadě byly následně vyrovnány Michailovovou růstovou funkcí.

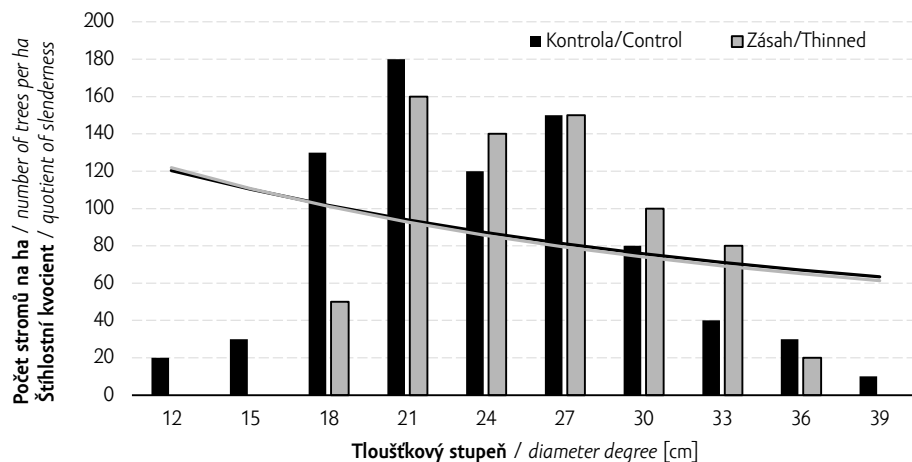
VÝSLEDKY

Ve věku porostů 51 let byla na kontrolní ploše zaznamenána hustota 790 stromů na hektar, zatímco na ploše s výchovou byla hustota o 11,5% nižší ($700 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$). Střední výčetní tloušťka (počítaná jako aritmetický průměr tlouštěk všech stromů na ploše) dosahovala na kontrolní ploše 23,8 cm a byla téměř o 2 cm nižší ve srovnání s vychovávaným porostem (25,7 cm). Rozdíly v hustotě (vyšší na kontrole) a ve výčetní tloušťce (nižší na kontrole) vedly k téměř identickým hodnotám výčetní kruhové základny, která v tomto věku dosahovala v obou sledovaných porostech $36,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Na kontrolní ploše bylo zaznamenáno na konci sledování širší rozpětí tloušťkových stupňů ve srovnání s porostem vychovávaným (Obr. 1). V porostu bez výchovy přežil dosud určitý podíl tenkých stromů s výčetní tloušťkou pod 20 cm. Z pohledu porostní stability jsou však tyto stromy nejvíce náchylné k poškození abiotickými činiteli, zejména sněhem. Štihostní kvocient h/d s hodnotou 100 a více mají stromy v tloušťkových stupních 12 až 18 cm (Obr. 1).

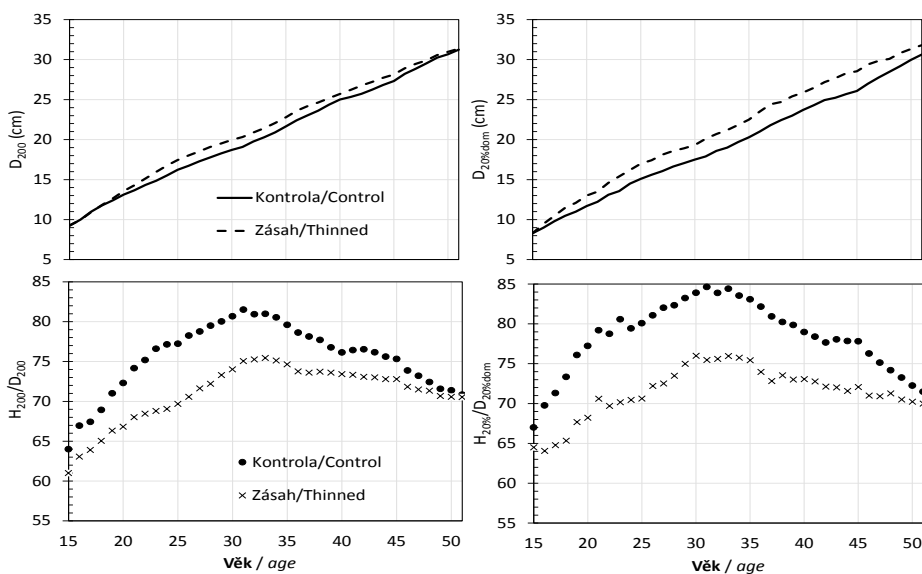
Takových jedinců je na hektar kontrolního porostu 180 (23 % celkového počtu stromů), zatímco v porostu s výchovou jich v současnosti je pouze $50 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (7 % z celkového počtu stromů). Naopak stromů s nejlepší stabilitou, tj. s hodnotou h/d 80 a méně (tloušťkové stupně 27 cm a vyšší), je na kontrolní ploše $310 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (39 %) a na ploše se zásahy 350 (50 %).

Za 36 let sledování (věk 15 až 51 let) se tloušťka dominantních jedinců vyjádřená D_{200} (průměrná výčetní tloušťka 200 nejtlustších jedinců na hektar) zvětšila z 9,2 až 9,3 cm na 31,2 až 31,4 cm a rozdíly mezi sledovanými porosty na začátku a na konci sledování byly zanedbatelné (Obr. 2 vlevo nahoře). Největší rozdíl byl zaznamenán ve věku 28 let, kdy byla hodnota D_{200} vyšší na ploše se zásahy o 1,3 cm ve srovnání s kontrolou.



Obr. 1: Tloušťková struktura (sloupcový graf) a štíhlostní kvocient (čárový graf) ve věku 51 let v kontrolním a vychovávaném smrkovém porostu experimentu Polom.

Fig. 1: Diameter distribution (bar chart) and quotient of slenderness (line chart) at the age of 51 years in control and thinned spruce stands of experiment Polom.



Obr. 2: Výčetní tloušťka dominantních stromů (D_{200} pro 200 nejtlustších na ha – vlevo nahoře; $D_{20\%dom}$ pro 20% nejtlustších – vpravo nahoře) a štíhlostní kvocient (H_{200}/D_{200} pro 200 nejtlustších na ha – vlevo dole; $H_{200}/D_{20\%dom}$ pro 20% nejtlustších – vpravo dole) ve věku 15 až 51 let v kontrolním a vychovávaném smrkovém porostu experimentu Polom.

Fig. 2: Diameter at breast height of dominant trees (D_{200} for 200 thickest trees per ha – upper left; $D_{20\%dom}$ for 20% thickest – upper right) and quotient of slenderness (H_{200}/D_{200} for 200 thickest trees per ha – bottom left; $H_{200}/D_{20\%dom}$ for 20% thickest – bottom right) at the age of 15–51 years in control and thinned spruce stands of experiment Polom.

U hodnot $D_{20\%dom}$ (průměrné výčetní tloušťka 20 % nejtlustších stromů) byly rozdíly mezi sledovanými porosty výraznější, avšak z praktického pohledu opět zanedbatelné (Obr. 2 vpravo nahoře). Z původních (ve věku 15 let) 8,3 cm se hodnota $D_{20\%dom}$ zvýšila do věku 51 let na 30,6 cm na kontrolní ploše a na 31,8 na ploše se zásahy. Největší rozdíl byl zaznamenán ve věku 37 let, kdy byla hodnota $D_{20\%dom}$ vyšší na ploše se zásahy o 2,6 cm ve srovnání s kontrolou.

Hodnoty štihlостního kvocientu dominantních stromů H_{200}/D_{200} (200 nejtlustších jedinců na hektar) od počátku sledování ve věku 15 let stoupaly v kontrolním porostu bez výchovy až k maximum na hodnotu 82 v 31 letech (Obr. 2 vlevo dole). Na ploše se zásahy byla maximální hodnota H_{200}/D_{200} nižší (75) a byla dosažena později, ve věku 33 let. Na konci sledování (ve věku 51 let) vykazoval štihlостní kvocient těchto stromů v obou sledovaných porostech hodnoty 71. Největší rozdíl byl zjištěn ve věku 24 let, kdy byla hodnota H_{200}/D_{200} na kontrolní ploše 77, zatímco na ploše se zásahy dosahovala 69.

U hodnot štihlостního kvocientu $H_{20\%}/D_{20\%dom}$ (20 % nejtlustších stromů) byl zjištěn podobný trend jako u H_{200}/D_{200} , avšak rozdíly mezi plochami a maximální dosažené hodnoty byly vyšší. Maximální $H_{20\%}/D_{20\%dom}$ byl dosažen na kontrolní ploše ve věku 31 let (hodnota 85) a na ploše se zásahy ve věku 33 let (hodnota 76). Na konci sledování (ve věku 51 let) vykazoval štihlостní kvocient těchto stromů v obou sledovaných porostech téměř shodné hodnoty (71 na kontrole a 70 na ploše se zásahy). Největší rozdíl byl zjištěn ve věku 23 let, kdy byla hodnota $H_{20\%}/D_{20\%dom}$ na kontrolní ploše 81, zatímco na ploše se zásahy dosahovala 70.

DISKUSE A ZÁVĚR

Riziko, že bude lesní porost poškozen abiotickými činiteli (zejména sněhem a větrem), je závislé na celé řadě faktorů (např. průběh počasí, růstová fáze porostů, stanoviště atd.), které nelze hospodářskými postupy měnit. Je však zřejmé, že lze toto riziko snížit budováním stability stávajících (zejména smrkových) porostů odpovídajícími pěstebními postupy při jejich výchově (CHROUST 1980; COJZER et al. 2014; CAMERON 2015; GAUTHIER et al. 2015; KONŮPKA, KONŮPKA 2017). Potvrzují to i výsledky z našeho experimentu, kdy intenzivní výchova v mladším věku vedla k nižšímu zastoupení přirozeně labilních tenčích stromů. Naopak počet stromů tlustších a se štihlостním kvocientem 80 a méně, které jsou přirozeně více stabilní (VICENA et al. 1979), byl v porostu s výchovou vyšší.

Z analýzy vývoje štihlостního kvocientu dominantních stromů na našem experimentu je zřejmé, že kulminace bylo dosaženo přibližně ve věku 30 let, tj. při horní výšce cca 15 m. V následujícím období hodnoty štihlостního kvocientu přirozeně klesaly, což je v souladu se zjištěním CREMERA et al. (1982).

Maximální hodnoty štihlостního kvocientu dominantních stromů nepřesáhly v porostu s výchovou hodnotu 75, což lze dle KONŮPKY (1999) klasifikovat jako „výborný“ stupeň stability. V porostu bez výchovy (maximum 85) se již podle této klasifikace dostáváme na stupeň „dobrý“. Jako „nevyhovující“ stupeň statické stability je v této růstové fázi hodnocen štihlостní kvocient 100 a více. Tuto hranici jako kritickou potvrzují i další studie ze smrkových porostů (WANG et al. 1998; LEKES, DANDUL 2000).

V mladších smrkových porostech je za kritickou považována hodnota štihlостního kvocientu 90 (KONŮPKA et al. 1987; MICKOVSKI et al. 2005). Ještě přísnější klasifikaci z hlediska stability smrku vůči sněhu, větru a námraze v sedmém vegetačním stupni na Slovensku uvádějí KONŮPKA a KONŮPKA (2003). Štihlостní kvocient dominantních stromů by

v těchto porostech neměl přesahovat hodnotou 80. To se podařilo docílit výchovnými zásahy i na našem experimentu (který leží právě v lokalitě dlouhodobě ohrožované škodami sněhem), kdy dominantní stromy vykazovaly štíhlostní kvocient pod hodnotou 75.

Po věku porostu 50 let, tj. v druhé polovině doby obmýetí, poklesl bez ohledu na uplatnění výchovy nebo její vynechání štíhlostní kvocient dominantních stromů k hodnotě 70. Tyto stromy jsou nejdůležitější pro zajištění stability v následných etapách vývoje porostu (ALBRECHT et al. 2012; ŠEBEŇ et al. 2013). Porosty jsou již vzhledem ke své výšce nad 20 m více ohrožené větrem a podle VICENY et al. (1979) by měly v těchto podmínkách dosahovat optimální hodnoty štíhlostního kvocientu 79 až 52, maximálně však 83 až 58.

Na příkladu hodnocení výsledků experimentální série Polom v Orlických horách lze konstatovat, že:

- Intenzivní výchovné zásahy provedené ve fázi mlazin při horní porostní výšce 6 m (věk 15 let) vedly k dlouhodobému snížení zastoupení nejméně stabilních tenčích stromů. Více jak 35 let po prvních zásazích vykazuje v porostu s výchovou polovina stromů štíhlostní kvocient 80 a menší.
- Pomocí uvedených výchovných zásahů došlo ke zmírnění přirozené kulminace štíhlostního kvocientu, který u dominantních stromů nepřesáhl hodnotu 75 v období největšího ohrožení porostů sněhem, tj. do horní porostní výšky 15 m. V porostu bez výchovy přesáhl štíhlostní kvocient dominantních stromů hodnotu 80.
- Výchova stejnověkých smrkových porostů založená na intenzivních (zejména prvních) zásazích ve fázi horní výšky porostu do 6 m je adekvátním opatřením pro snižování rizika škod sněhem v první polovině doby obmýetí a přípravou pro zmírnění škod větrem v následujících fázích vývoje porostu.

LITERATURA

- ALBRECHT A., HANEWINKEL M., BAUHUS J., KOHNLE U. (2012). How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations. *European Journal of Forest Research*, 131: 229–247.
- BOŠELA M., KONÓPKA B., ŠEBEŇ V., VLADOVIČ J., TOBIN B. (2014). Modelling height to diameter ratio – an opportunity to increase Norway spruce stand stability in the Western Carpathians. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 60: 71–80.
- CAMERON A. D. (2015). Building Resilience into Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) Forests in Scotland in Response to the Threat of Climate Change. *Forests*, 6: 398–415.
- COJZER M., DIACI J., BRUS R. (2014). Tending of young forests in secondary succession on abandoned agricultural lands: An experimental study. *Forests*, 5: 2658–2678.
- CREMER K. W., BOROUGH C. J., MCKINNELL F.H., CARTER P. R. (1982). Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12: 245–268.
- GAUTHIER M-M., BARRETTE M., TREMBLAY S. (2015). Commercial Thinning to Meet Wood Production Objectives and Develop Structural Heterogeneity: A Case Study in the Spruce-Fir Forest, Quebec, Canada. *Forests*, 6: 510–532.
- HANEWINKEL M., HUMMEL S., ALBRECHT A. (2011). Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 130: 329–351.
- CHROUST L. (1980). Tvar kmene a velikost korun při výchově smrkových porostů ve vztahu ke škodám působeným sněhem a větrem. *Práce VÚLHM*, 56: 31–52.

- KONÓPKA J. (1999). Grafikony statickej stability smrekových porastov na Slovensku. LVÚ, Zvolen, 22 s.
- KONÓPKA B., KONÓPKA J. (2003). Static stability of forest stands in the seventh altitudinal vegetation zone in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 49: 474–481.
- KONÓPKA J., KONÓPKA B. (2017). Výchova smrekových porastov z hľadiska statickej stability na výskumných plochách IUFRO – Biely Váh (Slovensko), *Zprávy lesnického výzkumu*, 62: 223–233.
- KONÓPKA J., PETRÁŠ R., TOMA R. (1987). Štíhlostný koeficient hlavných drevín a jeho význam pri statickej stabilite porastov. *Lesnictví*, 33: 887–904
- LEKES V., DANDUL I. (2000). Using airflow modelling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). *Forest Ecology and Management*, 135: 331–344.
- MICKOVSKI S. B., STOKES A., BEEK L. P. H. (2005). A decision support tool for windthrow hazard assessment and prevention. *Forest Ecology and Management*, 216: 64–76.
- PAŘEZ J. (1972). Vliv podúrovňové a úrovňové probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959–1968. *Lesnictví*, 18: 143–154.
- PITICAR M. A. (2016). The effects of thinning on a spruce stand, over a period of 40 years of monitoring. *Advances in Agriculture & Botany*, 8: 2: 77–86.
- RYCHTECKÁ P., URBAŇCOVÁ, N. (2008). Škodliví činitelé lesa v letech 1996–2006 – I. část Abiotičtí a antropogenní činitelé. *Lesnická práce*, 6: 14–15.
- SCHELHAAS M. J., NABUURS, G. J., SCHUCK, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9: 1620–1633.
- SLODIČÁK M. (1988). Vývoj mladých smrkových porostů v podmínkách imisního zatížení po výchovných zásazích různé intenzity. *Lesnictví*, 34: 991–1004.
- SLODIČÁK M., NOVÁK, J. (2004). Norway spruce thinning experiment Polom (Eastern Bohemia) after 22 years of observation. *Journal of Forest Science*, 50: 1–10.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. (2006). Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224: 252–257.
- ŠEBEŇ V., BOŠELA M., KONÓPKA B., PAJTÍK J. (2013). Indices of tree competition in dense spruces stand originated from natural regeneration. *Lesnícky Časopis – Forestry Journal*, 59: 172–179.
- VICENA I., PAŘEZ J., KONÓPKA J. (1979). Ochrana lesa proti polomům. SZN, Praha, 244 s.
- WANG Y., TITUS S. J., LEMAY V. M. (1998). Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 1171–1183

Poděkování

Príspevok vznikl za podpory Ministerstva zemědělství ČR, projektu NAZV QK1810443 „Postupy pro minimalizaci škod způsobených větrem a sněhem na lesních porostech v návaznosti na klimatickou změnu“ a institucionální podpory MZE-RO0118.

Predbežné výsledky výskumu hustoty nadzemnej dendromasy hospodársky významných druhov drevín

*Preliminary results of the aboveground biomass density research of tree species
with economic importance*

RUDOLF PETRÁŠ*, JULIAN MECKO, DANICA KRUPOVÁ, MARIÁN SLAMKA

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22,
960 92 Zvolen, Slovenská republika, *petras@nlcsk.org

Abstract

Experimental material was obtained from 33 trees of 11 economically important tree species from the territory of Slovakia. Wood and bark samples were taken from the discs in three sections on a trunk and from small-wood coming from tree crowns. The volume of samples was measured in calibrated graduated cylinders with a precision of 1 ml; a dry matter was measured with a precision of 0.01 g. The bi-factor analysis of variance analysed the effect of the tree species and the biomass fraction (wood, bark, and small-wood outside bark) on the fraction volume density. The statistically significant effect has been shown in tree species and tree species-fraction interaction. The average wood density of all species ranges from 370 to 640 kg·m⁻³; for bark it is 325–710 kg·m⁻³ and for small-wood outside bark it reaches 400–675 kg·m⁻³. In general, coniferous species have lower density of wood and small-wood than deciduous tree species. The lowest bark densities have tree species with thick bark such as pine, locust and larch.

Keywords: biomass; wood; bark and small-wood volume density

Abstrakt

Experimentálny materiál sa získal z 33 stromov 11 hospodársky významných drevín z územia Slovenska. Vzorok dreva a kôry sa odobrali z kotúčov v troch častiach na kmeni a z tenčiny korún stromov. Objem čerstvých vzoriek sa zisťoval v kalibrovaných odmerných valcoch s presnosťou na 1 ml, hmotnosť sušiny s presnosťou na 0,01 g. Dvojfaktorovou analýzou variácie sa analyzoval vplyv druhu dreviny a frakcie dendromasy (drevo, kôra a tenčina s kôrou) na hustotu frakcií. Štatistický významný vplyv sa ukázal pri drevine a interakcii drevina – frakcia. Priemerná hustota dreva všetkých drevín je v rozpätí 370–640 kg·m⁻³, kôry 325–710 kg·m⁻³ a tenčiny s kôrou 400–675 kg·m⁻³. Všeobecne môžeme konštatovať, že ihličnaté dreviny majú menšiu hustotu dreva a tenčiny ako listnaté. Najmenšiu hustotu kôry majú dreviny s hrubou borkou ako borovica, agát a smrekovec.

Kľúčové slová: dendromasa; objemová hustota dreva; objemová hustota kôry; objemová hustota tenčiny

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V produkcii lesov je všeobecne známe, že drevo je síce hlavný no nie jediný komponent nadzemnej dendromasy stromov. Okrem dreva ju tvorí aj kôra, listy, semená a plody, a keď sú v prirodzenom čerstvom stave, tak obsahujú aj vodu. Ich skladba na strome sa mení podľa druhu dreviny, prostredia v ktorom stromy rastú, ale aj ich veku. Pri hospodárskom využívaní je z nadzemnej dendromasy najdôležitejšie drevo a kôra a ich množstvo sa doteraz vyjadruje takmer výlučne len objemom v m³. Ukazuje sa však, že pre objektívne a širšie hodnotenie dendromasy, napr. aj pre obsah spalného tepla je nutné vyjadrovať jej produkciu aj hmotnosťou. Aby sa nemusela produkcia lesnej dendromasy zisťovať nanovo v hmotnostných jednotkách, stačí prepočítať jej známy objem v m³ na hmotnosť. Pre takýto postup je potrebné poznať hustotu jednotlivých komponentov nadzemnej dendromasy. Hustota sa všeobecne vyjadruje ako podiel hmotnosti a objemu konkrétnej dendromasy. Keď sa pritom vylúči akýkoľvek vplyv vody, hustota ρ_0 sa vyjadruje v absolútnom suchom stave:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad (1)$$

kde m_0 – hmotnosť v absolútnom suchom stave (kg),

V_0 – objem v absolútnom suchom stave (m³).

V praxi sa však používa konvenčná hustota ρ_k :

$$\rho_k = \frac{m_0}{V_s} \quad (2)$$

kde m_0 – hmotnosť v absolútnom suchom stave (kg),

V_s – objem v saturovanom stave (m³).

Doteraz sa najviac skúmala hustota dreva a podľa viacerých autorov majú najnižšie hodnoty mäkké listnaté dreviny, za ktorými nasledujú ihličnaté a tvrdé listnaté dreviny. POŽGAJ et al. (1997) udávajú pre smrek, jedľu a topol' 370 kg·m⁻³, pre borovicu 440 kg·m⁻³, pre buk 560 kg·m⁻³ a pre agát a hrab 600–650 kg·m⁻³. TRENDELENBURG (1939) in ŠMELKO et al. (1992, p. 140) uvádza pre ihličnaté dreviny hustotu 370–470 kg·m⁻³ a pre tvrdé listnaté dreviny 510–570 kg·m⁻³. Podobné hodnoty uvádzajú aj KNIGGE and SCHULZ (1966) in PRETZSCH (2009, p. 67). Pre topol' 377 kg·m⁻³, ihličnaté dreviny približne 380–490 kg·m⁻³, tvrdé listnaté dreviny 520–560 kg·m⁻³ a pre agát až 650 kg·m⁻³. Pre určovanie objemu vláknového dreva vážením sa na Slovensku podľa ŠMELKA et al. (2003) ustálila špecifická hustota dreva s kôrou pre mäkké listnaté dreviny na hodnotu približne 425 kg·m⁻³, pre ihličnaté dreviny 410–450 kg·m⁻³ a pre tvrdé listnaté dreviny 550–630 kg·m⁻³. POŽGAJ et al. (1997) a HUSCH et al. (2003) uvádzajú, že hustota sa mení nielen podľa drevín, ale aj podľa polohy na strome. Pre mnohé dreviny sa hustota dreva mení nielen od pňa do koruny, ale aj na priečnom profile od stržňa po lyko. Sú rozdiely v hustote medzi drevom, kôrou a konárom. MATOVIČ, ŠLEZINGEROVÁ (1992) konštatujú, že hustota konárov s kôrou je významne vyššia ako dreva z kmeňov. Drevo z konárov má hustotu 570 kg·m⁻³, drevo s kôrou 506 kg·m⁻³ a kôra 354 kg·m⁻³. Drevo z kmeňov má hustotu 406 kg·m⁻³. KLAŠNJA, KOPITOVIČ (1992) skúmali hustotu dreva agáta. Je v rozpätí 533–639 kg·m⁻³, priemerne 599 kg·m⁻³ a nepreukázal sa pritom vplyv proveniencie agáta. MUNOZ, ANTA (2010) odvodili hustotu dreva borovice prímorskej v rozpätí 307–527, priemerne 408 kg·m⁻³. ČIHÁK et al. (2014) udávajú priemernú

hustotu dreva lipy $374 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. NIEMZ, SONDEREGGER (2003) odvodili z literárnych podkladov pre 103 drevín tesné závislosti medzi hustotou dreva a jeho mechanickými vlastnosťami. REPOLA (2006) udáva modelovú hustotu dreva vo vzťahu k relatívnej výške na kmeni pre borovicu v rozpätí $410\text{--}435 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, smrek $385\text{--}386 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a pre brezu $475\text{--}478 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. VAVRČÍK, GRÝC (2012) udávajú hustotu dreva pre dub letný $584 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a dub zimný $673 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. KOMAN, FEHER (2015) udávajú pre drevo buka, duba zimného a cera $568\text{--}627 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pre presnejšie prepočty dendromasy celých stromov z objemových na hmotnostné jednotky je potrebné poznať jej hustotu podľa jednotlivých komponentov. Konkrétne hustotu hrubého dreva, jeho kôry a tenčiny (tenké drevo s kôrou $<7 \text{ cm}$), najlepšie keď sú odobrané z toho istého stromu. Ucelenejší výskum hustoty dendromasy stromov lesných drevín začal na Slovensku v súvislosti s výskumom produkcie spalného tepla porastov topoľových klonov (PETRÁŠ et al. 2010, 2013). Podľa výsledkov výskumu má drevo klonu Robusta hustotu $400\text{--}450 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a klonu I-214 približne o $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ menej. Hustota kôry má hodnoty nižšie, približne $370 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. V korunových častiach stromov je hustota dreva a kôry približne rovnaká. Na podklade tohto výskumu sa v súčasnosti pokračuje s podobným zameraním pre ďalších 11 hospodársky významných drevín.

Cieľom práce je preskúmať a kvantifikovať hustotu základných komponentov nadzemnej dendromasy stromov (dreva, kôry a tenčiny) pre 11 hospodársky významných drevín. Posúdiť ich variabilitu a porovnať hodnoty hustoty medzi drevinami.

MATERIÁL A METÓDY

Experimentálny materiál pre 11 drevín sa získal z 33 zrúbaných stromov (Tab. 1). Stromy sa vyberali z rôznych oblastí západného, stredného a východného Slovenska s nadmorskou výškou približne $165\text{--}740 \text{ m}$. Najviac (6 stromov) má borovica a len po 1 strome majú smrek, agát a jelša. Kvalitu stanovišťa, na ktorých stromy rástli, vyjadruje bonita porastu, ktorá je v rozsahu $18\text{--}42$. Vybrané stromy najlepšie charakterizuje ich hrúbka, výška a vek. Väčšina má parametre dospelých stromov.

Tab. 1: Charakteristiky zrúbaných stromov podľa drevín, hrúbok, výšok, veku stromov, bonity a nadmorskej výšky porastov

Tab. 1: Characteristics of cut trees by tree species, diameters, heights, tree age, site index and altitudes of forest stands

Drevina	Počet stromov	$d_{1,3} [\text{cm}]$	$h [\text{m}]$	Vek	Bonita	Nadmorská výška
species	number of trees	$d_{1,3} [\text{cm}]$	$h [\text{m}]$	age	site index	altitude
smrek / spruce	1	25	20	35	42	435
jedľa / fir	3	22–58	23–34	35–95	34–40	390–740
borovica / pine	6	23–40	24–26	85–90	26–30	165–350
smrekovec / larch	2	26–33	26–29	40–85	30–40	275–400
agát / locust	1	15	22	30	22	360
buk / beech	7	21–47	20–36	80–110	24–34	350–740
breza / birch	2	22–38	23–24	40–80	18–26	165–410
cer / turkey oak	3	42–48	22–34	105–120	24–28	285–410
dub / sessile oak	5	22–58	23–35	90–135	24–30	325–450
hrab / hornbeam	2	22–46	18–19	90–105	20–24	410–415
jelša / alder	1	23	29	80	24	300
spolu / total	33	15–58	18–36	30–135	18–42	165–740

Z každého stromu sa odrezali 4–5 vzoriek dreva s kôrou. Prvá vzorka bola z päty kmeňa, druhá z strednej časti kmeňa (približne pod korunou stromu) a tretia z korunovej časti kmeňa. Všetky tri vzorky z kmeňa sa rozdelili na drevo a kôru. Ďalšie 1–2 vzorky sa zobrali z korunovej časti stromov. Štvrtá z konárov hrúbky približne 4–6 cm a piata s hrúbkou <4 cm. Na týchto dvoch vzorkách zostalo drevo s kôrou spolu. V prípade, že sa z koruny stromu odobrala len jedna, štvrtá vzorka, tá reprezentovala celú tenčinu, t.j. drevo s kôrou tenšie ako 7 cm. Na štvrtej a piatej vzorke zostalo drevo s kôrou spolu. Zo všetkých 33 stromov sa odobralo spolu 242 vzoriek, z toho pre drevo 99, kôru 99 a pre tenčinu 44 vzoriek.

Objem čerstvých vzoriek sa zmeral 1–2 dni po ich odobratí v kalibrovaných odmerných valcoch s objemom 2 000 ml s presnosťou na 1 ml. Veľké kotúče z kmeňov sa pred meraním rozsekali radiálnym smerom na menšie trojuholníkové časti. Najmenšia vzorka mala objem 310 a najväčšia 1 400 ml. Všetky vzorky sa potom vysušili pri teplote 103 °C a stanovila sa ich hmotnosť s presnosťou na 0,01 g. Najľahšia vzorka mala 215 g a najťažšia 966 g. Hustota každej substancie sa vypočítala pre každú vzorku podľa vzorca (2). Preskúmala sa ich variabilita a stanovili sa najdôležitejšie faktory, od ktorých závisí hustota jednotlivých komponentov nadzemnej dendromasy skúmaných drevín. Použila sa pritom dvojfaktorová analýza rozptylu ANOVA prostredníctvom počítačového programu QC.Expert (KUPKA 2013). ANOVA vychádza z princípu sčítania rozptylov (variance) známych príčin (faktorov) σ_i^2 a neznámych (náhodných) $\sigma_{residual}^2$ do celkového rozptylu σ_{total}^2 :

$$\sigma_{total}^2 = \sum \sigma_i^2 + \sigma_{residual}^2 \quad (3)$$

V analýze rozptylu vystupovali ako príčiny 2 faktory (drevena, frakcia dendromasy):

- drevena s 11 úrovňami (11 drevinami),
- frakcia dendromasy s 3 úrovňami – drevo, kôra, tenčina.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Dvojfaktorovou analýzou variancie sa analyzoval vplyv 11 druhov drevín a 3 frakcií na 242 hodnôt hustoty komponentov dendromasy. Podľa výsledkov (Tab. 2) môžeme konštatovať, že vplyv dreviny na hustotu dendromasy je štatisticky významný, vypočítaná p-hodnota je menšia ako zvolená hladina významnosti ($p = 0,05$). Naopak vplyv frakcií dendromasy (drevo, kôra, tenčina) sa ukázal ako štatisticky nevýznamný. Vypočítaná p-hodnota 0,1176 je vyššia ako zvolená 0,05. Štatisticky významná sa ukázala interakcia oboch faktorov, teda dreviny a frakcie dendromasy. Vypočítaná p-hodnota interakcie je menšia ako zvolená hladina významnosti ($p = 0,05$).

Pre jednotlivé úrovne obidvoch faktorov sa vypočítali priemerné hustoty. Hustota dreva (Obr. 1) má pomerne široké rozpätie. Najnižšie hodnoty približne 370–450 kg·m⁻³ má trojica ihličnatých drevín jedľa, smrek, borovica a jelša. Nasledujú smrekovec a breza s rozpätím 510–520 kg·m⁻³ a najvyššie hustoty dosahuje päťica tvrdých listnatých drevín buk, dub, agát, hrab a cer s hodnotami 570–640 kg·m⁻³.

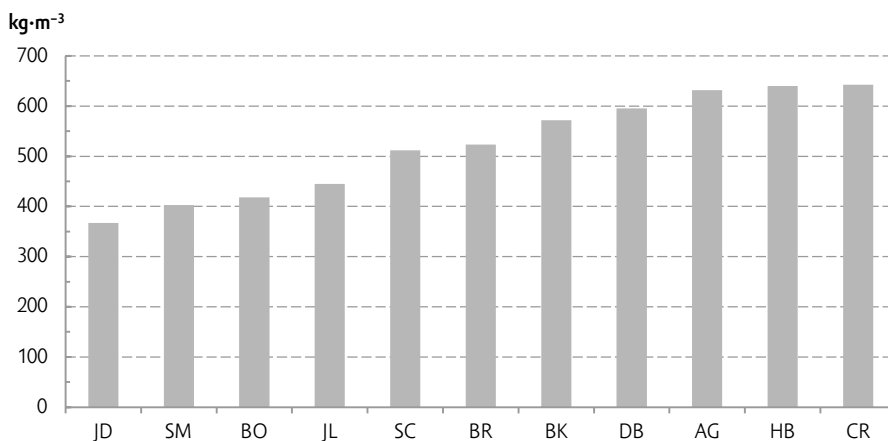
Ešte väčšie rozpätie má hustota kôry drevín (Obr. 2). Najnižšie hodnoty približne 325 až 425 kg·m⁻³ má štvorica drevín s borkou, borovica, agát, smrekovec a jelša. Nasledujú smrek, dub, jedľa a breza s rozpätím 490–620 kg·m⁻³ a najvyššiu hustotu, približne 670–710 kg·m⁻³, dosahuje trojica tvrdých listnatých drevín cer, buk a hrab.

Hustota tenčiny, t.j. dreva s kôrou hrúbky menšej ako 7 cm (Obr. 3), má len o málo vyššie hodnoty ako samostatné drevo. Aj usporiadanie podľa drevín je rovnaké. Približne 400 až 485 kg·m⁻³ majú tri ihličnaté dreviny, borovica, smrek a jedľa. V rozpätí 510–560 kg·m⁻³ majú jelša, smrekovec a breza. Nasledujú hrab, buk, agát a dub s rozpätím 590–630 kg·m⁻³ a najhustejšiu tenčinu s hodnotou 675 kg·m⁻³ má cer.

Tab. 2: Výsledky dvojfaktorovej analýzy rozptylu.

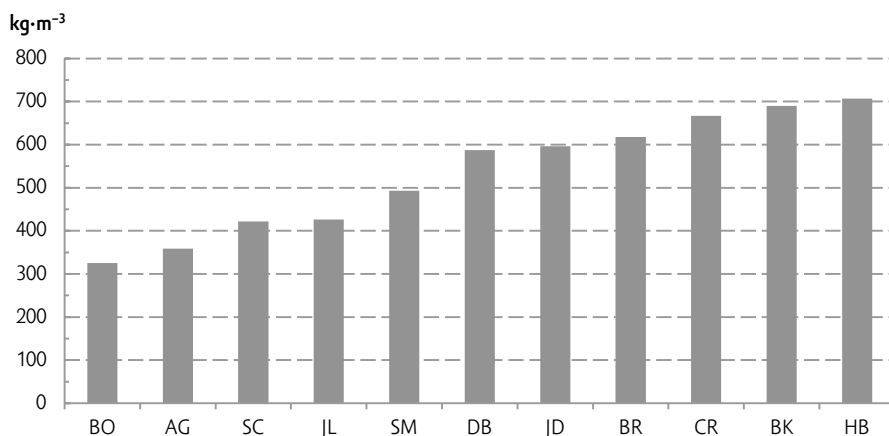
Tab. 2: Results of bi-factor analysis of variance.

Zdroj variability <i>source of the variability</i>	Stupeň voľnosti <i>degree of freedom</i>	Súčet štvorcov <i>sum of squares</i>	Priemerný štvorec <i>mean square</i>	F-kritérium <i>F-statistic</i>	p-hodnota <i>p-value</i>
Drevina <i>species</i>	10	1 043 326	104 333	23,14	2,0100 E-22
Frakcia <i>biomass fraction</i>	2	19 696	9 848	2,18	0,1176
Interakcia <i>interaction</i>	20	464 237	23 212	5,15	9,9106 E-09
Rezidua <i>residues</i>	106	477 845	4 508		
Celkom <i>total</i>	138	3 617 551	26 214		



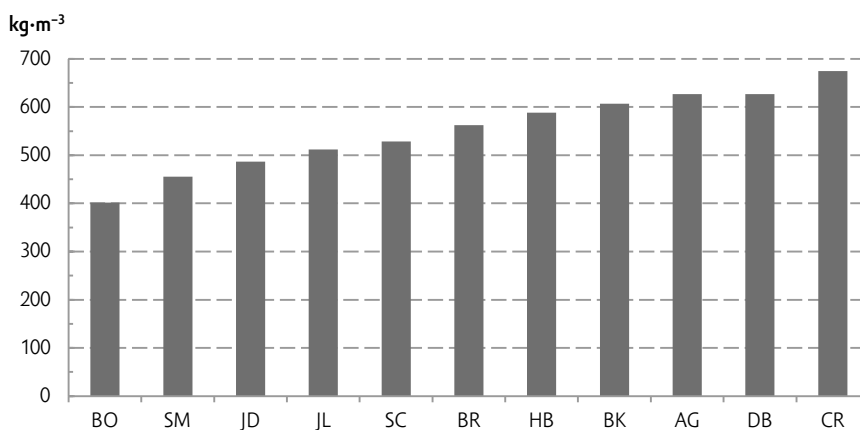
Obr. 1: Hustota dreva podľa drevín (JD, SM, BO, JL, SC, BR, BK, DB, AG, HB, CR).

Fig. 1: Wood density by species (JD – fir, SM – spruce, BO – pine, JL – alder, SC – larch, BR – birch, BK – beech, DB – sessile oak, AG – locust, HB – hornbeam, CR – turkey oak).



Obr. 2: Hustota kôry podľa drevín (BO, AG, SC, JL, SM, DB, JD, BR, CR, BK, HB).

Fig. 2: Density of bark for species (BO – pine, AG – locust, SC – larch, JL – alder, SM – spruce, DB – sessile oak, JD – fir, BR – birch, CR – turkey oak, BK – beech, HB – hornbeam).



Obr. 3: Hustota tenčiny podľa drevín (BO, SM, JD, JL, SC, BR, HB, BK, AG, DB, CR).

Fig. 3: Density of small-wood by species (BO – pine, SM – spruce, JD – fir, JL – alder, SC – larch, BR – birch, HB – hornbeam, BK – beech, AG – locust, DB – sessile oak, CR – turkey oak).

Dosiahnuté výsledky čiastočne korešpondujú s doteraz publikovanými poznatkami. Aj nám sa potvrdili významnejšie rozdiely medzi skúmanými drevinami. Ich hustota je v pomerne širokom rozpätí – dreva približne 370–640 kg·m⁻³, kôry 325–710 kg·m⁻³ a tenčiny 400–675 kg·m⁻³. POŽGAJ et al. (1997) a HUSCH et al. (2003) uvádzajú, že hustota dreva sa mení nielen podľa drevín, ale aj podľa polohy na kmeni. Vyššia je pri zemi a nižšia v korunách stromov. PETRÁŠ et al. (2010) udávajú opak. Hustota dendromasy v korunách stromov je vyššia približne o 11–16 % pre Robustu a o 11–28 % pre I-214. Prezentované výsledky a ich

analýzu je potrebné považovať len za predbežné aj vzhľadom na nerovnomerné zastúpenie experimentálneho materiálu. Očakáva sa, že po jeho rozšírení sa dosiahnu reprezentatívnejšie výsledky pre všetkých 11 drevín a frakcií.

ZÁVER

Hustota jednotlivých komponentov nadzemnej dendromasy stromov je veľmi dôležitý parameter pri hodnotení jej prírodnej produkcie a možnostiach ich hospodárskeho využívania. Na príklade topoľových klonov Robusta a I-214, v podmienkach Slovensku ju veľmi podrobne zhodnotili PETRÁŠ, MECKO (2010, 2013). Pre objektívne hodnotenie produkcie porastov lesných drevín je však nutné poznať okrem objemu aj hmotnosť vyprodukovanej dendromasy. Na jej stanovenie, čiže prepočet objemu na hmotnosť je potrebné poznať hustotu podľa jednotlivých komponentov.

Experimentálny materiál reprezentuje 33 stromov pre 11 drevín z územia Slovenska. Z každého stromu sa odrezalo 4–5 vzoriek dreva s kôrou. Prvá vzorka bola z päty kmeňa, druhá z strednej časti kmeňa (približne pod korunou stromu) a tretia z korunovej časti kmeňa. Všetky tri vzorky sa rozdelili na drevo a kôru. Ďalšie jedna alebo dve vzorky, ktoré reprezentujú tenčinu sa zobrali z korunovej časti stromov. Na týchto dvoch vzorkách zostalo drevo s kôrou spolu. Pre všetkých 33 stromov bolo spolu 242 vzoriek, z toho pre drevo 99, kôru 99 a pre tenčinu 44 vzoriek.

Objem čerstvých vzoriek sa zisťoval v kalibrovaných odmerných valcoch s presnosťou na 1 ml. Všetky vzorky sa potom vysušili pri teplote 103 °C a stanovila sa ich hmotnosť s presnosťou na 0,01 g. Hustota substancie sa vypočítala pre každú vzorku podľa vzorca (2). Preskúmala sa jej variabilita a stanovili najdôležitejšie faktory od ktorých závisí hustota jednotlivých komponentov. Použila sa pritom dvojfaktorová analýza variácie ANOVA prostredníctvom počítačového programu QC.Expert (KUPKA 2013). Analyzoval sa vplyv druhu dreviny a frakcie dendromasy (drevo, kôra a tenčina s kôrou) na hustotu frakcií. Štatistický významný vplyv sa ukázal pri drevine a interakcii drevina – frakcia.

Priemerná hustota dreva všetkých drevín je v rozpätí 370–640 kg·m⁻³, kôry 325–710 kg·m⁻³ a tenčiny s kôrou 400–675 kg·m⁻³. Všeobecne sa môže konštatovať, že ihličnaté dreviny majú menšiu hustotu dreva a tenčiny ako listnaté. Najmenšiu hustotu kôry majú dreviny s hrubou borkou ako sú borovica, agát a smrekovec.

LITERATÚRA

- ČIHÁK T., HLÁSNY T., STOLARIKOVÁ R., VEJPUSTKOVÁ M., MARUŠÁK R. (2014): Functions for the aboveground woody biomass in Small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.). Lesnícky časopis – Forestry Journal, 60: 3: 150–158.
- HUSCH B., BEERS T. W., KERSHAW J. A. (2003): Forest Mensuration. John Wiley & Sons. New Jersey, 443 s.
- KLAŠNJA B., KOPITVIČ Š. (1992): Some properties of Robinia wood obtained from trees grown in provenance field experiments. Drevársky Výskum, 134: 1–8.
- KOMAN S., FEHER S. (2015): Basic density of hardwoods depending on age and site. Wood Research, 60: 6: 907–912.
- KUPKA K. (2013): QC.Expert 3.1. Uživatelský manuál. TryloByte, Ltd. Pardubice, 266 s.

- MATOVÍČ A., ŠLEZINGEROVÁ J. (1992): Konvenční hustota dřeva větví smrku obecného (*Picea abies* Karst.). Zborník MVK Les, drevo, ekológia, Sekcia 4. Štruktúra a vlastnosti dreva v technologickom využití, s. 53–59.
- MUNOZ G. R., ANTA M. B. (2010): Physical properties of thinning wood in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.): case study. European Journal of Forest Research, 129: 1037–1045.
- NIEMZ P., SONDEREGGER W. (2003): Untersuchungen zur Korrelation ausgewählter Holzeigenschaften untereinander und mit der Rohdichte unter Verwendung von 103 Holzarten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 154: 489–493.
- PETRÁŠ R., MECKO J., NEUSCHLOVÁ E. (2010): Density of basic components of above-ground biomass of poplar clones. Wood Research, 55: 4: 113–122.
- PETRÁŠ R., MECKO J., OSZLÁNYI J., PETRÁŠOVÁ V., JAMNICKÁ G. (2013): Landscape of Danube inland-delta and its potential of poplar bioenergy production. Biomass and Bioenergy, 55: 68–72.
- POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. (1997): Štruktúra a vlastnosti dreva. Príroda. Bratislava, 485 s.
- PRETZSCH H. (2009): Forest Dynamics, Growth and Yield. Springer. Berlin Heidelberg, 664 s.
- REPOLA J. (2006): Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. Silva Fennica, 40: 673–685.
- ŠMELKO Š., WENK G., ANTANAITIS V. (1992): Rast, štruktúra a produkcia lesa. Príroda. Bratislava, 342 s.
- ŠMELKO Š., SCHEER L., PETRÁŠ R., ĎURSKÝ J., FABRIKA M. (2003): Meranie lesa a dreva. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR. Zvolen, 239 s.
- VAVRČÍK H., GRÝC V. (2012): Analysys of the annual ringbstructure and wood density relations in english oak and sessile oak. Wood Reseach, 57: 4: 573–580

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky na základe zmluvy č. APVV-16-0344.

Variabilita humusových forem v lese přirozeném v NPR Trčkov

Variability of humus forms in the natural forests in the NPR Trčkov

VILÉM PODRÁZSKÝ*, IVO KUPKA, STANISLAV VACEK

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, *podrazsky@fld.czu.cz

Abstract

Presentation documents the dynamics of changes of humus forms in the National Natural Reserve Trčkov, in the natural forest, depending on the development changes of the forest stands. It reflects species composition and dynamics of the spontaneous development. The amount of surface humus and its chemistry in holorganic horizons and in the organomineral horizon Ah (humus forms) was determined in the stand parts: beech dominated part in the stage of growing-up, mixed spruce-beech part in the stage of beginning decay (phase of regeneration), part with beech dominance in the stage of decay and finally part with spruce dominance in the stage of growing-up. The amount of surface humus did not show statistically significant differences, although the tendency of its higher accumulation in parts with spruce dominance is obvious. The stand parts with Norway spruce dominance indicate the trend of higher soil acidity, lower base contents, lower base saturation and nutrient contents. On the other side, these conditions determined higher total carbon content and soil exchangeable acidity characteristics. The differences were not dramatic. The site shows relative homogeneity in the case of non-disturbed humus forms, but also visible effects of particular tree species, concretely of the Norway spruce.

Key words: *Spontaneous dynamics, humus forms, Orlice Mts., NNR Trčkov, soil chemistry*

Abstrakt

Příspěvek dokládá dynamiku změn nenarušených humusových forem v Národní přírodní rezervaci Trčkov, v přirozeném lese, v závislosti na vývojových změnách v lesních porostech. Reflektuje tak druhovou skladbu porostů a dynamiku přirozeného vývoje. Byla sledována zásoba nadložního humusu a stav půdního chemizmu v holorganických horizontech a v organominerálním horizontu Ah v následujících porostních částech: plocha s dominancí buku ve stadiu dorůstání, smíšený SM-BK porost ve stadiu počínajícího rozpadu, fázi zmlazování, porost s dominancí buku ve stadiu rozpadu a porost s dominancí smrku ve stadiu dorůstání. Množství nadložního humusu nevykazovalo statisticky průkazné rozdíly, třebaže je patrná tendence větší akumulace počátkem stadia rozpadu v částech s dominancí smrku. Porostní části s výraznou dominancí smrku pak jeví trend vyšší acidity půdy, nižšího obsahu bází, nasycení sorpčního komplexu bázemi a nižších obsahů živin. Na druhé straně je v těchto podmínkách doložena tendence vyššího obsahu uhlíku a charakteristik výměnné acidity. Rozdíly však nebyly nijak dramatické. Stanoviště

tak vykazuje značnou homogenitu v případech nenarušených humusových forem, ale i viditelné tendence vlivu jednotlivých dřevin, konkrétně smrku.

Klíčová slova: spontánní vývoj, humusové formy, Orlické hory, NPR Trčkov, pedochemické vlastnosti

ÚVOD

Humusové formy jsou jednou z hlavních složek lesních ekosystémů a podílejí se zásadním způsobem na cyklu živin v nich (GREEN et al. 1993). V současné době je již k dispozici značné množství údajů o jejich stavu a fungování v hospodářských lesích, popřípadě na nově zalesňovaných lokalitách (CUKOR et al. 2017; FABIÁNEK et al. 2009; KACÁLEK et al. 2010, 2011 apod.). Je určitá představa o kvantitě zásob nadložního humusu v různě ovlivňovaných lesních porostech a o jejich chemických vlastnostech. V širších evropských podmínkách pak je určitá představa o vlivu jednotlivých lesních dřevin na stav lesních půd, včetně holorganických vrstev a o vlivu změny druhové skladby (AUGUSTO et al. 2002) na dynamiku půdní organické hmoty. Značná pozornost byla této problematice věnována i v podmínkách českých zemí (CUKOR et al. 2017).

Na druhé straně chybí podrobnější srovnání stavu a spontánní dynamiky na lokalitách s minimálním lidským vlivem a přirozenou druhovou skladbou lesních ekosystémů, k dispozici je jen poměrně málo údajů (např. PALUCH 2007), v lokálních podmínkách pak např. PODRÁZSKÝ et al. 2003, 2004). Rozšíření referenční databáze z přirozených, eventuálně přírodních lesů je tak více než žádoucí.

Modelovými územími pro podobné studie mohou být především chráněná území a zbytky přirozených a polopřirozených lesů. V našich podmínkách se jedná především o národní přírodní rezervace (NPR), přírodní rezervace (PR), I. zóny národních parků (NP) a chráněných krajinných oblastí (CHKO). Cílem předkládaného příspěvku je pak dokumentace stavu humusových forem v NPR Trčkov a využití starších odběrů a půdních analýz ke kvantifikaci nadložního humusu v přirozených lesích dané lokality a posouzení její variability.

MATERIÁL A METODY

Národní přírodní rezervace (NPR) Trčkov je lokalizována SV od nejvyššího vrcholu Orlických hor (Velká Deštná, 1 115 m n. m.), na SV svahu v nadmořské výšce 920–780 m n. m. (MAREŠ 1971). V přirozené druhové skladbě dominovaly smrk, jedle a buk s příměsí dalších dřevin jako klen, jilm apod. Plocha rezervace je 65,26 ha, dominantním souborem lesních typů jsou 6S (48,7 %) a 7K (29,5 %). Geologické podloží je tvořeno rulami s vložkami kvarcitu (KACÁLEK 2003). Průměrná roční teplota kolísá kolem 5 °C, střední roční srážky kolem 1 000 mm.

Půdní vzorky byly odebrány ve čtyřech porostních typech (porost 407 C17/5b) koncem září 2005 v částech s výrazně odlišnou dynamikou danou stadiem spontánního vývoje a eventuálně proměnlivou druhovou skladbou (PODLASKI 2004). Bylo tak možné odlišit:

- dílčí plochu 1 – plocha s dominancí buku ve stadiu dorůstání;
- dílčí plochu 2 – smíšený SM-BK porost ve stadiu počínajícího rozpadu, fázi zmlazování;
- dílčí plochu 3 – porost s dominancí buku ve stadiu rozpadu;
- dílčí plochu 4 – porost s dominancí smrku ve stadiu dorůstání.

V době šetření nebylo možno determinovat výrazné části, které by byly jednoznačně ve stadiu optima.

Na každé dílčí ploše byly odebrány vzorky vždy ve 4 opakováních, a to z holorganických vrstev L, F a H (kvantitativně) a z organominerálního horizontu Ah (pouze pro kvalitativní stanovení). Vzorky byly analyzovány individuálně, k odběrům holorganických vrstev byl využit železný rámeček 25 × 25 cm. Vzorky byly analyzovány v laboratoři Tomáš se sídlem ve VÚLHM, v. v. i., VS Opočno, pomocí standardních metodik.

Byly provedeny analýzy:

- množství sušiny jednotlivých holorganických horizontů při 105 °C,
- obsah celkových živin (N, P, K, Ca, Mg) v těchto horizontech po mineralizaci směsí kyseliny sírové a selenu (ZBÍRAL 2001),
- ve všech vzorcích pak byly provedeny analýzy obsahu přístupných živin metodou Mehlich III (MEHLICH 1984),
- půdní reakce aktivní a potenciální, charakteristiky sorpčního komplexu podle KAPPENA (1929),
- obsah celkového uhlíku metodou Springer-Klee (CIAVATTA et al. 1989) a celkového dusíku podle Kjeldahla (KIRK 1950).

Výsledky byly zpracovány v SW Statistica pomocí analýzy variance.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Akumulaci nadložního humusu dokumentuje Tab. 1. V množství nahromaděné povrchové hmoty nebyly statisticky významné rozdíly, pouze porostní část s dominancí smrku (plocha 4) vykazovala výrazně vyšší akumulaci v horizontu F, což indikuje zpomalený rozklad smrkového opadu. Nevýznamně vyšší byla hmota nadložních humusových horizontů ve stadiu rozpadu než ve stadiu dorůstání, kdy rozvolnění porostní struktury trvalo delší dobu.

Tab. 1: Akumulace nadložního humusu v jednotlivých částech sledovaného porostu.

Tab. 1: Surface humus accumulation in particular parts of the studied stand.

Horizont / horizon	Hmotnost / mass [t·ha ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	5,85 a	6,59 a	6,68 a	5,83 a
F	8,68 a	16,18 ab	16,11 ab	25,08 b
H	48,76 a	58,68 a	56,23 a	45,12 a
Celkem / total	63,29	81,46	79,02	76,03

Pozn.: různé indexy indikují statisticky významné rozdíly v rámci odpovídajících si horizontů

Note: different indexes indicate statistically significant differences in the range of corresponding horizons

Tab. 2 pak uvádí základní pedochemické vlastnosti jednotlivých horizontů humusových forem v jednotlivých částech sledovaného lesního ekosystému. Výrazný podíl smrku se projevil výrazným poklesem půdní reakce aktivní i výměnné v celém sledovaném profilu, což bylo patrné na plochách 2 a zejména 4. Změna druhové sklady tak má z tohoto hlediska značný význam i v přirozeném lese a půdní charakteristiky tak mohou jevit výrazné rozdíly na velmi

malé vzdálenosti. Do jisté míry se podobné rozdíly projevily i na lokalitě Žákova hora, kde měla dominance buku nebo smrku rovněž zásadní význam pro akumulaci nadložního humusu a pro jeho pedochemické vlastnosti (PODRÁZSKÝ et al. 2003, 2004).

Studie podobného typu jsou velmi vzácné, neboť přes svou pracnost a finanční náročnost nenacházejí uznání v současných podmínkách vědecké práce a jejího hodnocení. Jsou označovány za *case studies*, nedostatečně statisticky podložené, nereprezentativní a lokální. Tyto nevýhody jsou však zároveň i předností – podchycují rozdílné faktory, které rozsáhlé studie opomíjejí a hlavně: jsou využitelné v konkrétních podmínkách. To široce pojaté impaktované publikace nejsou schopny (např. AUGUSTO et al. 2002) a podnětná zjištění, široce ověřená, že jsou rozdíly mezi listnáči a jehličnany, praxi příliš nepomohou.

Dominance smrku se projevila i v obsahu bází, významně nižším na ploše 4, ale i v rozpadajícím se porostu buku. Výrazný podíl smrku se projevil i v poklesu nasycení sorpčního komplexu bázemi a zvýšení hydrolytické acidity. Rozdíly v celkové kationtové kapacitě tak nebyly, až na vrstvu L na plochách 3 a 4, průkazné.

Obsah celkového humusu a oxidovatelného uhlíku rovněž jevil trend nejvyšších hodnot v porostech s dominancí nebo výrazným zastoupením smrku (horizont F a Ah – Tab. 3). Do jisté míry se tak jevila tendence pomalejší mineralizace půdní organické hmoty původem z opadu smrku. Jednoznačné trendy však doloženy nebyly.

Podobný trend nejvyšší acidity dokládaly rovněž porostní části s výrazným zastoupením smrku, významné rozdíly byly doloženy především pro plochu 2 (Tab. 4). Bylo to zapříčiněno především vyšším obsahem výměnného hliníku a tento trend byl patrný především v hlubších horizontech s výraznějším zastoupením minerálních půdních součástí.

Obsah přístupného fosforu nejevil jednoznačný trend, třebaže v některých případech byly detekovány významné rozdíly mezi plochami a horizonty. Variabilita této charakteristiky byla velmi vysoká. Obsah přístupného draslíku pak byl opět významně nejnižší na ploše 4, tedy v porostní části s dominancí smrku ve stadiu dorůstání. Tento trend byl patrný i v případě svrchních horizontů pro přístupný vápník a hořčík.

Také obsah celkových živin, stanovený jen pro holorganické horizonty, nejevil výrazné trendy (Tab. 5). Pouze plocha č. 4, plocha s dominancí smrku ve stadiu dorůstání, jevila průkazně nižší obsah celkového dusíku (horizont L), draslíku (celá povrchová vrstva) a vápníku (horizont L). Obsah celkového fosforu jeví velmi podobné hodnoty napříč stanovišti a dokládá tak s velkou pravděpodobností stanovištní homogenitu plochy. Vcelku však rozdíly mezi jednotlivými částmi porostu nebyly výrazné a jednoznačné.

Tab. 2: Půdní reakce a stav sorpčního komplexu v jednotlivých částech sledovaného porostu.**Tab. 2:** Soil reaction and adsorption complex characteristics in particular parts of the studied stand.

Horizont / horizon	pH(H ₂ O)			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	4,35 a	4,14 ab	4,44 a	3,98 b
F	3,93 a	3,62 b	3,89 ab	3,73 ab
H	3,43 ab	3,20 a	3,63 b	3,58 b
Ah	3,94 a	3,76 b	3,74 b	3,68 b
Horizont / horizon	pH(KCl)			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	3,87 a	3,80 a	3,92 a	3,45 b
F	3,54 a	3,25 ab	3,35 ab	3,10 b
H	3,32 a	2,98 b	3,08 ab	2,90 b
Ah	3,45 a	3,13 b	3,11 b	2,96 b
Horizont / horizon	S / bases content [mval/100 g]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	25,43 a	18,11 ab	15,81 b	13,31 b
F	18,15 a	13,40 ab	14,07 a	11,68 b
H	9,53 a	9,46 a	8,12 a	9,32 a
Ah	4,33 a	4,98 a	3,62 a	3,14 a
Horizont / horizon	T / cation exchange capacity [mval/100 g]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	68,61 a	56,26 ab	51,81 b	54,06 b
F	74,28 a	82,91 a	70,01 a	77,86 a
H	54,73 a	70,99 a	60,31 a	72,16 a
Ah	25,23 a	35,43 a	30,07 a	29,72 a
Horizont / horizon	T – S / hydrolytical acidity [mval/100 g]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	43,18 a	38,15 a	36,00 a	40,76 a
F	56,13 a	69,51 a	55,94 a	66,18 a
H	45,20 a	61,44 a	52,20 a	62,87 b
Ah	20,90 a	30,44 b	26,45 a	26,57 a
Horizont / horizon	V / base saturation [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	37,33 a	32,16 ab	30,08 ab	24,82 b
F	24,36 a	16,19 ab	20,50 ab	14,90 b
H	16,99 a	13,31 a	13,51 a	13,09 a
Ah	17,10 a	14,07 ab	11,46 b	10,43 b

Pozn.: různé indexy indikují statisticky významné rozdíly v rámci odpovídajících si horizontů.

Note: different indexes indicate statistically significant differences in the range of corresponding horizons.

Tab. 3: Obsah celkového humusu, oxidovatelného uhlíku, celkového dusíku a poměr C : N v jednotlivých částech sledovaného porostu.

Tab. 3: Total humus, oxideable carbon and total nitrogen contents and C : N ratio in particular parts of the studied stand.

Horizont / horizon	Celkový humus / total humus [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	54,41 a	53,42 a	55,41 a	53,37 a
F	49,29 a	50,45 a	55,28b	56,17 b
H	39,72 a	42,09 a	41,28 a	51,40 b
Ah	15,78	26,68 b	19,27 a	19,08 a
Horizont / horizon	Cox [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	31,56 a	30,99 a	32,14 a	30,96 a
F	28,59 a	29,26 a	32,22 a	32,58 a
H	23,04 a	24,88 a	23,95 a	29,82 a
Ah	9,14 a	15,47 b	11,18 a	11,07 a
Horizont / horizon	N [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	1,80 a	1,71 ab	1,64 ab	1,62 b
F	1,94 a	1,72 b	1,69 b	1,88 ab
H	1,59 a	1,51 a	1,42 a	1,77 b
Ah	0,59 a	0,61 a	0,54 b	0,59 a
Horizont / horizon	C : N			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	17,5	18,1	19,6	19,1
F	14,7	17,0	19,1	17,3
H	14,5	16,5	16,9	16,8
Ah	15,5	25,4	20,7	18,8

Tab. 4: Výměnná acidita a obsah výměnného hliníku a vodíku a obsah přístupných živin v jednotlivých částech sledovaného porostu.

Tab. 4: *Exchangeable acidity, content of exchangeable aluminium and hydrogen and plant available nutrients in particular parts of the studied stand.*

Horizont / horizon	Výměnná acidita / exchangeable acidity [mval·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	48,1 a	45,5 a	53,6 a	50,2 a
F	80,0 a	103,8 a	62,8 a	96,1 a
H	88,3 a	126,3 b	106,3 ab	114,3 ab
Ah	92,5 a	132,8 b	118,1 ab	123,0 ab
Horizont / horizon	Výměnný H ⁺ / exchangeable hydrogen [mval·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	16,0 a	13,6 a	9,8 a	15,0 a
F	16,0 a	11,4 a	10,5 a	19,0 a
H	7,5 a	11,4 a	10,7 ab	14,8 b
Ah	3,4 a	9,5 b	7,4 a	7,4 ab
Horizont / horizon	Výměnný Al ³⁺ / exchangeable aluminium [mval·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	32,1 a	31,9 a	44,3 b	35,2 a
F	64,0 a	92,5 a	52,2 a	77,1 a
H	80,8 a	114,9 b	95,6 ab	99,5 ab
Ah	89,1 a	123,4 a	110,7 a	115,6 a
Horizont / horizon	Přístupný P / plant available phosphorus [mg·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	57,2 a	49,5 a	39,0 b	41,5 a
F	45,0 a	25,5 b	31,0 a	32,0 a
H	21,0 a	9,0 a	13,0 a	22,0 a
Ah	4,8 ab	1,0 a	3,2 a	12,0 b
Horizont / horizon	Přístupný K / plant available potassium [mg·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	741,9 a	589,0 ab	635,8 a	460,0 b
F	618,5 a	395,0 a	458,0 a	414,0 a
H	334,5 a	233,0 a	243,0 a	295,5 a
Ah	141,0 a	95,8 ab	106,8 ab	87,5 b
Horizont / horizon	Přístupný Ca / plant available calcium [mg·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	2 879,3 a	1 790,5 b	1 675,5 b	1347,0 c
F	1 874,0 a	1 478,5 a	1 452,0 a	1220,0 a
H	973,5 a	914,0 a	880,0 a	688,0 a
Ah	282,0 a	314,2 a	319,5 a	259,0 a
Horizont / horizon	Přístupný Mg / plant available magnesium [mg·kg ⁻¹]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	323,9 a	210,5 b	198,5 b	157,5 b
F	252,5 a	189,0 a	182,0 a	169,0 a
H	179,0 a	147,0 a	141,5 a	131,5 a
Ah	78,8 a	72,2 a	70,0 a	58,2 a

Tab. 5: Obsah celkových živin v jednotlivých částech sledovaného porostu.**Tab. 5:** Total nutrient content in particular parts of the studied stand.

Horizont / horizon	Celkový N / total N [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	1,85 a	1,72 a	1,67 a	1,60 b
F	1,98 a	1,81 a	1,72 a	1,86 a
H	1,63 a	1,56 a	1,42 a	1,78 a
Ah				
Horizont / horizon	Celkový P / total P [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	0,037 a	0,030 a	0,027 a	0,033 a
F	0,046 a	0,043 a	0,033 a	0,034 a
H	0,054 a	0,041 a	0,039 a	0,051 a
Ah				
Horizont / horizon	Celkový K / total K [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	0,150 a	0,145 ab	0,160 a	0,105 b
F	0,320 ab	0,420 a	0,355 ab	0,140 b
H	0,710 ab	0,895 a	0,780 ab	0,420 b
Ah				
Horizont / horizon	Celkový Ca / total Ca [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	0,225 a	0,215 a	0,200 a	0,155 a
F	0,045 a	0,045 a	0,085 a	0,035 a
H	0,023 a	0,025 a	0,025 a	0,020 a
Ah				
Horizont / horizon	Celkový Mg / total Mg [%]			
Plocha / plot	1	2	3	4
L	0,047 a	0,043 a	0,041 a	0,028 b
F	0,053 a	0,016 b	0,016 b	0,031 a
H	0,032 a	0,017 a	0,012 a	0,032 a
Ah				

Výsledky tak doložily jednak relativní homogenitu stanoviště, což indikoval například obsah celkového fosforu, ale i vcelku malé rozdíly mezi jednotlivými dílčími plochami. Na druhé straně jsou naznačeny trendy zhoršených podmínek pro humifikaci a vyšší acidity humusových forem v částech s výraznou dominancí smrku a vliv mineralizačních procesů v částech ve stadiu dorůstání. Podobná méně výrazná variabilita, ale i trendy, byly prokázány i na jiných lokalitách (PODRÁZSKÝ et al. 2003, 2004). Při rozsáhlých studiích, zahrnujících široká území, pak byl prokázán spíše vliv geologického podloží než vliv dřeviny a konkrétní porostní struktury (AUGUSTO et al. 2002). Je však nutno zdůraznit, že naše šetření se týkala nenarušených porostních částí. Při hodnocení půdních charakteristik, například zásoby celkového uhlíku, v závislosti na disturbanci mikrolokality, byly prokázány značné rozdíly (VALTERA, ŠAMONIL 2018). Tuto skutečnost pak odráží mj. i diferencovaná intenzita přirozeného zmlazení na různě narušených místech (VACEK et al. 2017). Nenarušená místa, převládající na většině sledovaných ploch, však vykazují podstatně méně výrazné rozdíly.

ZÁVĚR

Výsledky šetření stavu humusových forem na území NPR Trčkov prokázaly sice nevýznamný, nicméně viditelný vliv druhové skladby přirozených lesů na akumulaci nadložního humusu a pedochemické charakteristiky v rámci humusových forem. Části s dominancí smrku vykazovaly tendenci vyšší akumulace nadložního humusu a vyšší acidity (a korelovaných pedochemických charakteristik) ve sledovaných vrstvách. V malé míře se projevilo i stadium spontánního vývoje lesa – v částech s déle narušenou porostní strukturou byly patrné důsledky vyšší mineralizace půdní organické hmoty. Nicméně nenarušená místa půdního povrchu vykazovala jen slabou diverzifikaci a relativní homogenitu studovaného stanoviště.

LITERATURA

- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annales of Forest Science*, 59: 233–253.
- CIAVATTA C., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. (1989): Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20: 759–773.
- CUKOR J., VACEK Z., LINDA R., BÍLEK L. (2017): Carbon sequestration in soil following afforestation of former agricultural land in the Czech Republic. 63: 2–3: 97–104.
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R. L., KLINKA K. (1993): Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science Monograph*, 29: 49 s.
- EMMER I.M. (1998): Methodology of humus form research. *Lesnictví – Forestry*, 44: 16–22.
- FABIÁNEK T., MENŠÍK L., TOMÁŠKOVÁ I., KULHAVÝ J. (2009): Effect of spruce, beech and mixed commercial stand on humus conditions of forest soils. *Journal of Forest Science*, 55: 3: 119–126.
- KACÁLEK D. (2003): Přirozená obnova a porostní poměry v přírodě blízkých smíšených porostech. Literární přehled ke státní doktorské zkoušce. VÚLHM VS Opočno, 39 s.
- KACÁLEK D., DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., BARTOŠ J., ČERNOHOUS V., BALCAR V. (2011): Former agriculture impacts on properties of Norway spruce forest floor and soil. *Forest Systems*, 20: 437–443.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., BARTOŠ J., SLODIČÁK M., BALCAR V., ČERNOHOUS V. (2010): Vlastnosti nadložního humusu a svrchní vrstvy půdy ve vztahu k druhům dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 19–25.
- KAPPEN H. (1929): Die Bodenazidität. Nach agrikulturchemischen Gesichtspunkten Dargestellt. Berlin, Springer: 363.
- KIRK P.L. (1950): Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, 22: 354–358.
- MAREŠ V. (1971): Navržená rezervace u Trčkova v Orlických horách. *Práce a studie. Ochrana přírody a krajiny*. Pardubice, 15: 67–178.
- MEHLICH A. (1984): Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409–1416.

- PALUCH, J. G. (2007): The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.) – silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: A patch mosaic perspective. *Forest Ecology and Management* 253: 161–170.
- PODLASKI R. (2004): A development cycle of the forest with fir (*Abies alba* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in its species composition in the Świątokrzyski National Park. *Journal of Forest Science*, 50: 2: 55–66.
- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., REMEŠ J. (2003): Srovnání stavu humusových forem v mladých porostech smrku a buku na území NPR Žákova hora. *Zprávy lesnického výzkumu*, 48: 2–3: 61–63.
- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., REMEŠ J. (2004): Comparison of the status of humus forms in young stands of spruce and beech in the Žákova hora Nature Reserve. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 35: 4: 136–139.
- VACEK Z., BULUŠEK D., VACEK S., HEJCMANOVÁ P., REMEŠ J., BÍLEK L., ŠTEFANČÍK I. (2017): Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134: 1: 75–96.
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P. (2018): Soil organic carbon stocks and related soil properties in a primary *Picea abies* (L.) Karst. volcanic-mountain forest. *Catena*, 165: 217–227, DOI: 10.1016/j.catena.2018.01.034
- ZBÍRAL J. (2001): Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. ÚKZÚZ, Brno, Czech Republic, 205 s.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu IGA B_03_18.

Vplyv termínu výsadby a pôdnych kondicionérov na vývin výsadiieb buka lesného a smreka obyčajného v podmienkach kalamitnej plochy v pohorí Javorie po druhom vegetačnom období

Effects of planting time and soil additives on development of European beech and Norway spruce plantations on windthrow area in the Javorie Mts., central Slovakia, after the second growing season

IVAN REPÁČ*, MARTIN BELKO

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *repac@tuzvo.sk

Abstract

Bareroot and container-grown European beech and Norway spruce seedlings were planted in autumn and spring term (in spring also with application of fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb) on the windthrow area in Javorie Mts., central Slovakia. After the second growing season, the both stock types of spruce and bareroot beech seedlings planted in autumn reached the lowest survival rates, mainly in consequence of intensive damage by deer browsing. Fertilizer Silvamix increased growth and nutrient content in foliage (especially P, K, Mg) of bareroot beech seedlings. The additives had no significant effect on the growth of Norway spruce plantations. Abundance of seedling short roots and ectomycorrhizas were not affected by additive application.

Keywords: *ectomycorrhiza, planting term, fertilization, hydrogel, European beech, Norway spruce*

Abstrakt

Voľnokorenné a krytokorenné sadenice buka lesného a smreka obyčajného boli vysadené v jesennom a jarnom termíne (v jarnom aj s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydroabsorbenta Stockosorb) na silne zaburinenej ploche po kalamite v pohorí Javorie. Najhoršie prežívanie po druhom vegetačnom období dosiahli sadenice voľnokorenného buka a obidvoch typov sadeníc smreka z jesenného termínu výsadby, ktoré boli po výsadbe intenzívne poškodené zverou. Aplikácia hnojiva Silvamix zlepšila rast a zvýšila obsah živín (najmä P, K, Mg) v listoch voľnokorenných sadeníc buka. Aplikované prípravky nemali žiadny štatisticky významný vplyv na rast výsadiieb smreka. Početnosť krátkych korieňkov a ektomykoríz sadeníc nebola ovplyvnená aplikáciou prípravkov.

Kľúčové slová: ektomykoríza, termín výsadby, hnojenie, hydroabsorbent, buk lesný, smrek obyčajný

ÚVOD

Zabezpečenie obnovy cieľových drevín, v podmienkach veľkoplošných holín ako dôsledku rozpadu lesných ekosystémov, prípadne nedodržovania zásad pri uplatňovaní obnovných postupov, sa stáva čoraz náročnejšie. Tento negatívny trend je posilnený aj zmenami v klíme, ktoré sa prejavujú najmä v nerovnomernom rozložení zrážok počas vegetačného obdobia a častejším výskytom období s nadpriemerne vysokými teplotami (HLÁSNY et al. 2011). Osobitné požiadavky sú v prípade umelej obnovy kladené na postupy a kvalitu výsadby s potenciálom zmierniť nepriazeň prostredia a zlepšiť adaptáciu a prežívanie sadeníc, vysádzaných prevažne v jarnom termíne. Aplikácia hydrogelov, resp. rôznych vododržných materiálov aplikovaných na korene sadeníc pred výsadbou môže zlepšiť prežívanie, odolnosť voči stresu zo sucha a vitalitu takto ošetrovaných sadeníc (JAMNICKÁ et al. 2013, BENIWAL et al. 2011). Rýchlejšie odrastanie sadbového materiálu z vplyvu konkurenčnej vegetácie prípadne zveri je možné v podmienkach voľnej plochy stimulovať aplikáciou hnojív s postupným uvoľňovaním živín (JACOBS et al. 2005; SLOAN, DOUGLASS 2013). Nižšie riziko zníženia fyziologickej kvality v prípade krytokorenného sadbového materiálu (ROSE, HAASE 2005) vytvára predpoklady pre jeho širšie uplatnenie aj v našich podmienkach.

Cieľom tohto príspevku je zhodnotenie vplyvu termínu výsadby, aplikácie hnojiva Silvamix Forte a hydroabsorbenta Stockosorb na prežívanie, rast, vitalitu krátkych koreňov a obsah živín v asimilačných orgánoch voľnokorenných (VK) a krytokorenných (KK) sadeníc buka lesného (*Fagus sylvatica* [L.] (BK) a smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) (SM) na výskumnej výsadbovej ploche (VVP) v Javorí po druhom vegetačnom období.

MATERIÁL A METODIKA

VVP bola založená na holine po vetrovej kalamite na území obhospodarovanom Vysokoškolským lesníckym podnikom Technickej univerzity vo Zvolene (VŠLP TUZVO), v geomorfologickom celku Javorie. Geologické podložie je tvorené andezitmi a ich pyroklastikami, pôdny typ kambizem modálna, s mierne kyslou pôdnou reakciou ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,73–5,19). Koncentrácia základných živín vo vzorkách pôdy odobraných z VVP pred výsadbou dosahovala hodnoty pre C: 0,62–1,73 %; N: 0,04–0,10 %; pomer C/N 17,3–20,4; P: 8,0–15,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; K: 63,6–131 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Ca: 409–752 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Mg: 39,8–107 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nadmorská výška VVP sa pohybuje od 480 do 500 m n. m., expozícia SV, sklon 30 %. Pôvodný dvojčtážový porast mal vek 110 rokov, zakmenenie 0,7, zastúpenie drevín v hlavnej úrovni buk lesný 50 %, smrek obyčajný 43 %, dub zimný 5 %, hrab obyčajný 2 %. VVP sa nachádza v dielci, ktorý je lokalizovaný v 3. (dubovo-bukovom) lesnom vegetačnom stupni, patrí do HSLT 305 – (Kyslé dubové bučiny), skupina lesných typov *Querceto-Fagetum*. Predpísané obnovné zastúpenie drevín podľa Programu starostlivosti o les je buk 70 %, dub 10 %, hrab 10 % a smrek 10 %. Priemerné ročné zrážky dosahujú hodnoty 766 mm, priemerná ročná teplota 7,19 °C; zrážky a teplota počas vegetačného obdobia 433 mm a 13,65 °C. Teplota vzduchu vo výške 30 cm nad povrchom, vlhkosť pôdy a teplota pôdy v hĺbke 15 cm boli zaznamenávané prostredníctvom senzorov dataloggera Minikin (EMS Brno), umiestnenom na začiatku druhého vegetačného obdobia (marec 2016) v strede VVP. Pôda na VVP v hĺbke 15 cm dosiahla teplotu +5 °C (minimálna hodnota pre obnovenie rastu koreňových zakončení – VAPAAVUORI et al. 1992) začiatkom apríla, pričom počas augusta dosiahla maximálnu hodnotu 21,15 °C. Na základe porovnania hodnôt maximálnej dennej

vlhkosti pôdy v hĺbke 15 cm a vlhkosti pôdy zodpovedajúcej bodu vädnutia ($-1,5$ MPa) (KIRKHAM 2005) pre hlinité pôdy s podielom častíc $<0,01$ mm 30 % (HABERLE et al. 2015) sme počas druhého roka po výsadbe nezaznamenali výskyt žiadneho dlhšie trvajúceho obdobia so zníženým obsahom dostupnej pôdnej vody.

Na VVP bol vysadený VK a KK sadbový materiál smreka obyčajného (SM) a buka lesného (BK). VK sadenice obidvoch druhov drevín boli vypestované v lesnej škôlke VŠLP TUZVO, SM bol vysadený na plochu ako štvorročný (2+2), kým BK ako jednoročný (1+0). KK semenáčky obidvoch drevín boli pestované v obaloch Plantek F v škôlkarskom stredisku Lesov SR, š. p., Jochy v Liptovskom Hrádku, na plochu boli vysadené ako ročné (fk1+0). Reprodukčný materiál obidvoch drevín spĺňal všetky ustanovenia vyplývajúce zo zákona č.138/2010 Z.z., o lesnom reprodukčnom materiáli. Obidve dreviny boli vysadené jamkovou sadbou v jeseni 2014 a na jar 2015 v rozstupe 1,3 m; hustota $6\,000$ ks \cdot ha $^{-1}$. V dôsledku výskytu vývratov na VVP nebolo možné vždy dodržať pravidelný spon pri výsadbe. V jarnom termíne sme popri výsadbe neošetrených vysadili aj sadenice, ku ktorým bolo aplikované hnojivo Silvamix forte® (ECOLAB, Znojmo, Czech Republic), alebo hydrogel Stockosorb 500 Micro (Evonik Nutrition & Care GmbH, Essen, Germany). Experiment bol založený v znáhodnených blokoch v trojnásobnom opakovaní.

V jednom opakovaní (bloku) bolo vysadených 50 ks sadeníc každej dreviny, typu sadbového materiálu a porovnávaného variantu (3 bloky \times 50 ks \times 2 dreviny \times 2 typy sadbového materiálu \times 4 varianty: jeseň; jar; jar + Silvamix; jar + Stockosorb). Spolu bolo vysadených 2400 ks sadeníc. Hnojivo Silvamix je pomaly rozpustné bezchloridové zásobné hnojivo s vysokým obsahom živín (N, P, K, Mg). Zdrojom pomaly pôsobiaceho dusíka v pôde je ureaform (močovino-aldehydové kondenzáty), živiny sa do pôdy uvoľňujú po dobu 1 až 2 roky. V experimente sme použili hnojivo Silvamix Forte vo forme tabliet s obsahom živín N 17,5 %; P₂O₅ 17,5 %; K₂O 10,5 %; MgO 9 %. Okolo jednej sadenice sme pravidelne rozmiestnili 3 tablety (hmotnosť 1 tablety 10g) vo vzdialenosti asi 10 cm od sadenice do jamiek s hĺbkou 3 cm. Stockosorb (Evonik Stockhausen GmbH, Krefeld, Nemecko) je hydroabsorbent, ktorý má v základnom stave podobu bielych granúl s veľkosťou 0,2–1,0 mm, ktoré pri kontakte s vodou vytvárajú gelovú substanciu schopnú viazať extrémne množstvo vody (1 g až 300 ml vody), ktorá je súčasne prístupná takto ošetreným sadeniciam. Aplikácia hydrogelu Stockosorb bola v našom prípade vykonaná namáčaním koreňových systémov sadeníc v gélovej forme pred výsadbou, ktorá bola pripravená zmiešaním práškového prípravku s primeraným množstvom vody (500 g na 100 l vody). Po jesennej výsadbe a ďalej každoročne po skončení vegetačného obdobia (po zdrevnatení výhonkov), bola vykonaná individuálna ochrana sadeníc proti odhryzu zverou náterom terminálneho výhonka repelentom. Ochrana kultúr proti burine bola vykonaná mechanicky vyžínaním v pásoch medzi radmi sadeníc.

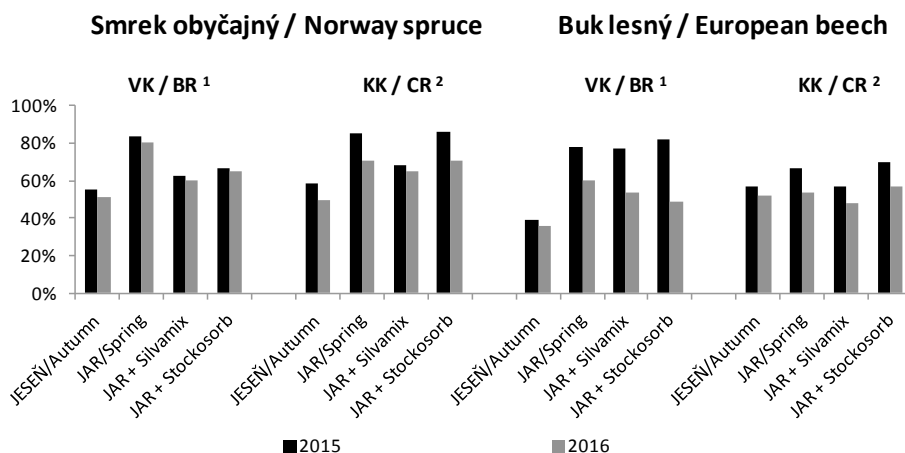
Kultúry boli hodnotené každý rok po skončení vegetačného obdobia. V tejto práci sú prezentované výsledky po II. vegetačnom období. Prežívanie bolo vyjadrené ako percento počtu živých (zdravé + poškodené) z počtu vysadených jedincov, poškodenie ako percento počtu poškodených z počtu prežitých jedincov. Výška kmienka, výškový prírastok a hrúbka kmienka 1 cm nad povrchom boli merané na všetkých nepoškodených jedincoch. Z hodnôt, výšky a hrúbky sadenice bol vypočítaný objem nadzemnej časti podľa vzťahu $h^2 \times v$ (RUEHLE 1982). Z každej kombinácie dreviny, typu sadbového materiálu, termínu výsadby, aplikovaného prípravku a bloku boli vyzdvihnuté 4 sadenice, ktoré boli rozdelené na

nadzemnú a podzemnú časť. Z očistených koreňových systémov vyzdvihnutých sadeníc sme z troch rôznych miest (horná, stredná, dolná časť) odobrali vzorky (dĺžka 4 až 5 cm) jemných koreňov (sumárna dĺžka 25 cm) za účelom stanovenia frekvencie krátkych korieňov vyskytujúcich sa na 1 cm dĺžky jemných koreňov ($ks \cdot cm^{-1}$). Krátke korieňky boli súčasne zatriedované podľa makroskopických znakov do dvoch skupín: i) aktívne mykorízy, ii) neaktívne mykorízy (PEŠKOVÁ et al. 2015). Odobrané vzorky jemných koreňov boli hodnotené pomocou binokulárneho mikroskopu. Nadzemná a podzemná časť bola vysušená (70 °C, 48 h) a následne zvážená (KERN, Balingen, Germany). Koncom septembra boli v druhom roku po výsadbe v rámci každého variantu vo všetkých troch opakovaniach odobrané asimilačné orgány z hornej tretiny, viacerých náhodne vybraných sadeníc, pre chemické analýzy, za účelom zistenia obsahu základných živín. Pôda na VVP v čase pred výsadbou (1 zmiešaná vzorka odobraná z hĺbky 15 cm reprezentujúca 1 opakovanie), resp. v druhom roku po výsadbe v rámci jednotlivých variantov (1 zmiešaná vzorka získaná z vyzdvihnutých sadeníc reprezentujúca 1 variant), bola tiež podrobená chemickej analýze (laboratórium NLC Zvolen). Dáta získané pre VK a KK sadenice SM a BK boli analyzované samostatne. Pôvod dát v štatistickom súbore s normálnym rozdelením hodnôt znaku sme netestovali, ale len predpokladali na základe všeobecne známych predpokladov. Všetky hodnotené parametre (rastové, biomasa a parametre koreňového systému) boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) (porovnávané varianty Jeseň; Jar; Jar + Silvamix; Jar + Stockosorb) v programe SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Významnosť rozdielov medzi variantmi bola posúdená Tuckeyovým testom ($p \leq 0,05$).

VÝSLEDKY

Výsledky prežívania po prvom roku (REPÁČ et al. 2017) boli určujúce aj pre prežívanie v druhom roku, kedy VK a KK sadenice SM z jesenného termínu výsadby dosiahli opäť jednoznačne nižšie prežívanie (51 % a 49 %) ako sadenice z jarného termínu (80 % a 71 %). Výrazne nižšie prežívanie sadeníc z jesenného termínu sme zaznamenali aj v prípade BK, ale len pri VK sadenicích (Obr. 1).

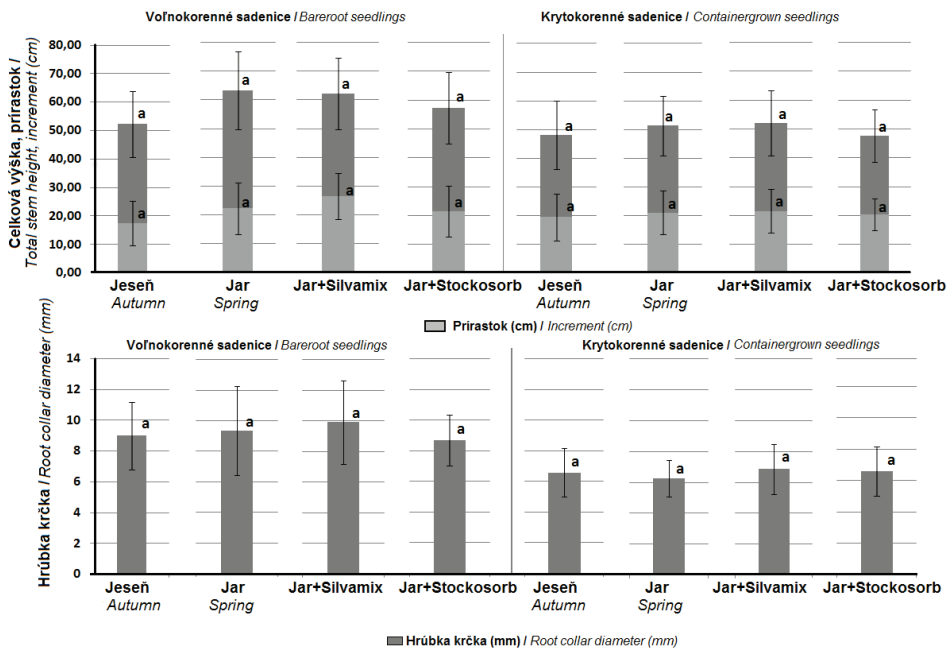
Počas druhého vegetačného obdobia sme nezaznamenali výskyt žiadnej významnejšej klimateckej udalosti, ktorá by mohla ovplyvniť prežívanie sadeníc ošetrovaných pred výsadbou hydrogelom Stockosorb. Z Obr. 1 môžeme ale vidieť, že kým v prípade SM uhynulo počas druhého vegetačného obdobia menej VK než KK sadeníc, tak pri BK bola opačná situácia. Podiel prežitých jedincov BK sa v prípade VK sadeníc v jednotlivých variantoch znížil o 18 % až 34 % v porovnaní s prvým rokom. Poškodenie sadeníc zverou bolo menšieho rozsahu (do 10 %) ako po prvom roku. Taktiež sme po druhom roku zaznamenali nižší rozsah výskytu suchého vrcholu (max 7,5% v prípade VK BK) než po prvom roku (údaje nie sú prezentované).



Obr. 1: Prežívanie voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po prvom a po druhom roku na ploche v Javorí. Vysvetlivky: ¹voľnokorenné sadenice, ²krytokorenné sadenice.

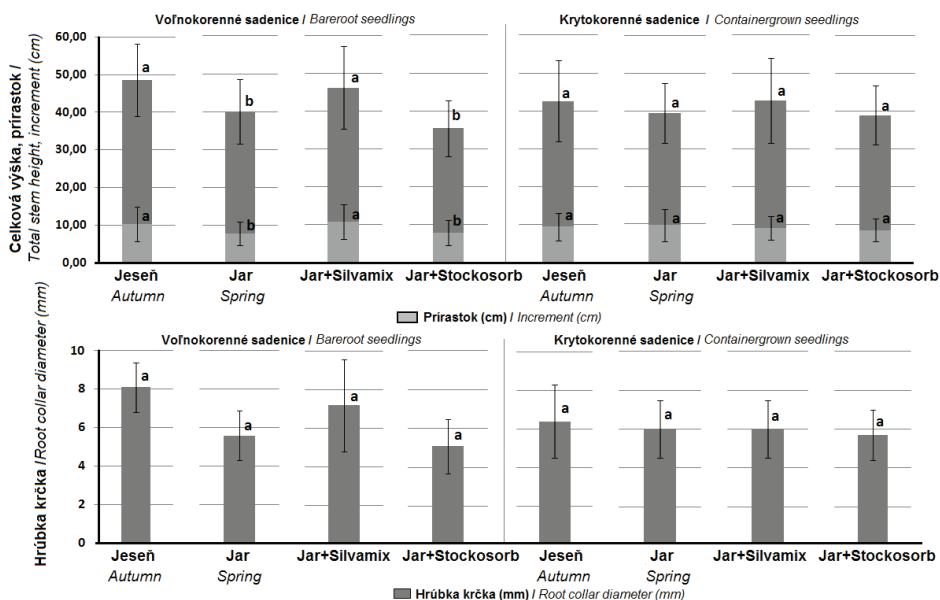
Fig. 1: Survival of bareroot and container-grown Norway spruce and European beech seedlings after the first and second year on the plot in Javorie Mts. Notes: ¹bareroot seedlings, ²container-grown seedlings.

Po 2. vegetačnom období po výsadbe dosiahli najvyššie hodnoty základných rastových parametrov VK sadenice obidvoch drevín, ktoré boli najmä v prípade SM v čase výsadby vyspelejšie ako KK. Vzhľadom na rastové rozdiely medzi drevinami a rôznu vyspelosť VK a KK materiálu pri výsadbe, rozdiely priemerných hodnôt rastových parametrov medzi termínmi výsadby, prípravkami ošetreným a neošetreným sadbovým materiálom sme štatisticky testovali len v rámci každej dreviny a typu sadbového materiálu. V prípade VK SM sme výraznejšie rozdiely medzi jednotlivými variantmi nezaznamenali, hoci najnižšie hodnoty po druhom roku dosiahli sadenice z jesenného termínu výsadby (Obr. 2). VK BK vysadený v jesennom termíne a v jarnom termíne s aplikovaným hnojivom dosiahol v porovnaní s neošetrenými sadenicami z jarného termínu výsadby po druhom roku štatisticky významne vyššie hodnoty rastových parametrov (výška $p = 0,001$, prírastok $p = 0,001$) (Obr. 3) vrátane biomasy nadzemnej časti ($p = 0,001$) (Tab. 1). Rozdiely po prvom roku neboli štatisticky významné (REPÁČ et al. 2017). V prípade KK materiálu obidvoch drevín boli rozdiely v rastových parametroch medzi jednotlivými variantmi po prvom roku minimálne, pričom rovnaká situácia pokračovala aj v 2. roku (Obr. 2, Obr. 3).



Obz. 2: Priemerná výška, prírastok a hrúbka (\pm smerodajné odchýlky) voľnokorenných a krytokorenných sadeníc smreka obyčajného dva roky po výsadbe na ploche v Javorí. Medzi variantmi označenými rovnakým písmenom nie je štatisticky významný rozdiel ($p = 0,05$).

Fig. 2: Average height, increment and stem diameter (\pm standard deviations) of bareroot and container-grown Norway spruce seedlings two years after planting on the plot in Javorie Mts. Treatments marked with the same letter did not differ significantly ($p = 0.05$).



Obf. 3: Priemerná výška, prírastok a hrúbka (\pm smerodajné odchýlky) voľnokorenných a krytokorenných sadeníc buka lesného dva roky po výsadbe na ploche v Javorí. Medzi variantmi označenými rovnakým písmenom nie je štatisticky významný rozdiel ($p = 0,05$).

Fig. 3: Average height, increment and stem diameter (\pm standard deviations) of bareroot and container-grown European beech seedlings two years after planting on the plot in Javorie Mts. Treatments marked with the same letter did not differ significantly ($p = 0.05$).

Termín výsadby, rovnako ani hydrogel Stockosorb a hnojivo Silvamix nemali vplyv na počet krátkych korieňokov. Priemerný počet krátkych korieňokov sa bez ohľadu na druh dreveny a typ sadbového materiálu pohyboval v intervale 8,04 až 12,69 ks·cm⁻¹ (Tab. 1). Aktívne mykorrhízy dosiahli pri oboch drevinách a v rámci oboch typov sadbového materiálu podiel 82,4 až 94,5 % z celkového počtu krátkych korieňokov (Tab. 1), zvyšok tvorili neaktívne mykorrhízy.

Tab. 1: Priemerné hodnoty (\pm smerodajné odchýlky) biomasy a parametrov krátkych korieňkov sadeníc smreka obyčajného a buka lesného na ploche v Javorí dva roky po výsadbe. Medzi variantmi označenými rôznym písmenom je štatisticky významný rozdiel ($p = 0,05$).

Tab. 1: Average values (\pm standard deviations) of biomass and short root parameters of Norway spruce and European beech seedlings two years after planting on the plot in Javorie Mts. Treatments marked with different letter differ significantly ($p = 0.05$).

Variant ³	Objem nadzem. časti ⁴ [cm ³]	Hmotnosť sušiny koreňov ⁵ [g]	Hmotnosť sušiny nadzemnej časti ⁶ [g]	Celková hmotnosť sušiny ⁷ [g]	Pomer hmot. koreňov a nadz. časti ⁸	Aktívne mykorizy ⁹ [%]	Neaktívne mykorizy ¹⁰ [%]	Počet krátkych korieňkov ¹¹ [ks·cm ⁻¹]
Smrek voľnokorenný 2+2 / bareroot spruce 2+2								
Jeseň ¹	46,9 \pm 34,7	15,0 \pm 5,1	27,1 \pm 7,8	42,1 \pm 12,3	0,56 \pm 0,12	91,9 \pm 6,0	8,0 \pm 6,0	10,8 \pm 2,3
Jar ²	66,4 \pm 44,3	20,2 \pm 9,6	33,6 \pm 16,9	53,8 \pm 26,1	0,61 \pm 0,07	93,8 \pm 3,3	5,5 \pm 3,4	12,6 \pm 1,8
Jar+Silvamix	70,1 \pm 53,2	15,0 \pm 6,9	25,8 \pm 9,2	40,8 \pm 15,7	0,57 \pm 0,12	89,1 \pm 7,6	10,8 \pm 7,6	11,3 \pm 1,7
Jar+Stockos.	47,0 \pm 23,0	16,4 \pm 4,5	28,8 \pm 9,1	45,2 \pm 12,4	0,58 \pm 0,13	92,5 \pm 3,7	6,6 \pm 3,4	12,2 \pm 1,9
Smrek krytokorenný fk1+0 / container-grown spruce fk1+0								
Jeseň	23,6 \pm 14,4	6,0 \pm 2,2	13,7 \pm 4,7	19,7 \pm 6,7	0,44 \pm 0,08	90,9 \pm 3,5	9,0 \pm 3,5	11,4 \pm 1,3
Jar	22,0 \pm 11,7	6,0 \pm 2,8	13,5 \pm 4,9	19,5 \pm 7,1	0,45 \pm 0,18	94,2 \pm 4,5	5,7 \pm 4,5	10,4 \pm 2,1
Jar+Silvamix	27,5 \pm 18,0	4,3 \pm 2,7	12,0 \pm 7,3	16,3 \pm 9,53	0,38 \pm 0,08	93,9 \pm 4,1	6,1 \pm 4,1	8,5 \pm 1,1
Jar+Stockos.	22,9 \pm 13,6	5,1 \pm 2,3	11,4 \pm 4,6	16,5 \pm 6,8	0,45 \pm 0,15	94,5 \pm 2,3	5,4 \pm 2,3	9,5 \pm 0,8
Buk voľnokorenný 1+0 / bareroot beech 1+0								
Jeseň	34,1 \pm 17,6	5,9 \pm 1,0b	8,1 \pm 2,0a	14,0 \pm 2,9b	0,75 \pm 0,12b	83,2 \pm 5,2	16,7 \pm 5,5	8,2 \pm 0,6
Jar	13,8 \pm 8,5	4,2 \pm 1,0bc	5,0 \pm 1,3b	9,2 \pm 2,3c	0,85 \pm 0,10b	83,4 \pm 6,9	16,5 \pm 6,9	8,7 \pm 0,8
Jar+Silvamix	28,3 \pm 20,6	8,5 \pm 2,3a	9,8 \pm 2,2a	18,3 \pm 4,5a	0,85 \pm 0,09ab	84,4 \pm 5,0	15,5 \pm 5,0	8,2 \pm 0,5
Jar+Stockos.	10,6 \pm 8,4	3,6 \pm 1,51c	3,5 \pm 1,2b	7,1 \pm 2,6c	1,04 \pm 0,20a	84,4 \pm 6,7	15,5 \pm 6,7	8,2 \pm 0,9
Buk krytokorenný fk1+0 / container-grown beech fk1+0								
Jeseň	21,4 \pm 17,7a	5,4 \pm 1,8	6,8 \pm 2,1a	12,2 \pm 3,9	0,79 \pm 0,13a	82,4 \pm 6,1	17,5 \pm 6,1	8,1 \pm 1,2
Jar	15,7 \pm 9,5ab	5,3 \pm 1,4	6,2 \pm 1,3ab	11,5 \pm 2,7	0,83 \pm 0,05ab	84,4 \pm 4,9	15,5 \pm 4,9	8,9 \pm 0,8
Jar+Silvamix	17,4 \pm 12,3ab	5,8 \pm 2,0	6,6 \pm 1,8a	12,4 \pm 3,90	0,86 \pm 0,11ab	83,5 \pm 4,6	16,4 \pm 4,6	8,0 \pm 0,6
Jar+Stockos.	14,0 \pm 8,2b	4,54 \pm 1,60	4,91 \pm 1,50b	9,45 \pm 3,05	0,916 \pm 0,123b	83,5 \pm 6,0	16,4 \pm 6,0	8,3 \pm 0,5

Notes: ¹autumn, ²spring, ³treatment, ⁴volume of aboveground part, ⁵root dry weight, ⁶shoot dry weight, ⁷total dry weight, ⁸ratio of root/shoot dry weight, ⁹active mycorrhizae, ¹⁰non-active mycorrhizae, ¹¹short root frequency [pcs·cm⁻¹].

Rozdiely v obsahu základných živín v asimilačnom aparáte medzi VK a KK sadbovým materiálom, ktoré boli zaznamenané po prvom roku (REPÁČ et al. 2017) pri obidvoch drevinách, sa v druhom roku zmiernili. Po druhom roku sme zaznamenali vo variante s hnojivom, najmä v prípade BK pri obidvoch typoch sadbového materiálu vyšší obsah živín, najmä P, K, Mg (Tab. 2). Obsah základných prvkov v asimilačných orgánoch SM i BK po druhom roku sa nachádzal na úrovni normálnych, dokonca mierne nadlimitných zásob (BMLEF 1996). Chemický rozbor pôdnych vzoriek odobratých z koreňových sústav vyzdvihnutých sadeníc SM ukázal vo variante s hnojivom vyšší obsah P, K, Mg, ale len pri VK sadenicách (Tab. 3).

Tab. 2: Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc smreka obyčajného a buka lesného dva roky po výsadbe na ploche v Javorí.

Tab. 2: Chemical analysis of foliage of Norway spruce and European beech seedling two years after planting on the plot in Javorie Mts.

Variant treatment	C [%]	N [%]	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Ca [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]
Smrek voľnokorenný 2+2 / bareroot spruce 2+2						
Jeseň / autumn	49,6	1,75	2 120	7 670	7 630	1 140
Jar / spring	50,3	2,01	2 210	8 450	7 680	1 130
Jar+ Silvamix	50,4	2,18	2 940	8 530	7 880	1 220
Jar+ Stockosorb	51,3	1,91	2 180	8 430	6 830	1 080
Smrek krytokorenný fk1+0 / container-grown spruce fk1+0						
Jeseň / autumn	51,6	2,35	2 250	9 300	6 470	1 090
Jar / spring	51,9	2,08	2 100	9 260	7 150	1 080
Jar+ silvamix	51,3	2,13	3 030	9 620	7 180	1 190
Jar+ stockosorb	51,8	2,27	2 240	8 880	7 190	1 020
Buk voľnokorenný 1+0 / bareroot beech 1+0						
Jeseň / autumn	50,8	1,87	1 880	6 430	9 620	1 370
Jar / spring	50,3	1,79	1 560	6 790	10 000	1 180
Jar+ Silvamix	51,2	1,86	2 370	7 170	10 100	1 380
Jar+ Stockosorb	49,7	1,61	1 640	6 650	10 500	1 290
Buk krytokorenný fk1+0 / container-grown beech fk1+0						
Jeseň / autumn	49,6	1,74	1 610	6 190	9 590	1 250
Jar / spring	50,3	1,65	1 700	6 230	10 500	1 350
Jar+ Silvamix	49,7	1,80	2 090	6 770	10 500	1 570
Jar+ Stockosorb	48,9	1,53	1 500	6 360	10 500	1 570

Tab. 3: Hodnoty pôdnej reakcie a koncentrácie základných živín vo vzorkách pôdy získaných z vyzdvihnutých sadeníc smreka obyčajného v rámci každého variantu na ploche v Javorí dva roky po výsadbe.

Tab. 3: Soil pH and nutrients concentration in soil samples taken from harvested Norway spruce seedlings within each treatment two years after planting on the plot in Javorie Mts.

Variant treatment	Sušina	pH _{H2O}	pH _{CaCl2}	C [%]	N [%]	C/N	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Ca [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]
Smrek voľnokorenný 2+2 / bareroot spruce 2+2										
Jeseň / autumn	98,35	5,49	4,75	3,71	0,22	16,86	8	212	786	88,1
Jar / spring	98,21	5,24	4,49	3,54	0,21	16,86	9,42	171	751	76,6
Jar+ Silvamix	97,96	5,42	4,66	3,39	0,20	16,95	157	251	576	220
Jar+ Stockosorb	98,14	5,37	4,54	2,80	0,19	14,74	8,92	219	629	63,2
Smrek krytokorenný fk1+0 / container-grown spruce fk1+0										
Jeseň / autumn	97,96	5,66	4,87	3,78	0,25	15,12	9,9	204	1066	98,6
Jar / spring	98,25	5,63	4,84	3,93	0,21	18,71	68,9	229	854	147
Jar+ Silvamix	98,45	5,45	4,76	3,99	0,24	16,63	45,7	133	846	132
Jar+ Stockosorb	98,44	5,72	4,99	3,41	0,20	17,05	11,5	214	1171	107

DISKUSIA

V prežívaní VK a KK sadeníc po druhom roku nenastali žiadne výraznejšie zmeny. Vyššie straty počas druhého roka sme zaznamenali v prípade SM pri KK sadbovom materiáli, naopak v prípade BK sme vyššie straty zaznamenali pri VK materiáli. Viacero prác potvrdilo lepšie prežívanie vyspelejších VK sadeníc smreka obyčajného (REPÁČ et al. 2011; HYTÖNEN, JYLHÄ 2008) a smreka bieleho (*Picea glauca* Moench. Voss) (YOUNGBLOOD et al. 2011), obzvlášť v podmienkach výsadbových plôch so silným vplyvom konkurenčnej vegetácie v porovnaní s menej vyspelým KK sadbovým materiálom. Aj napriek tomu je riziko zníženia fyziologickej kvality sadbového materiálu vyššie práve pri VK sadenicích (ROSE, HAASE 2005). Pri sadenicích BK boli rozdiely v prežívaní medzi obidvomi typmi sadbového materiálu veľmi malé. K podobným zisteniam dospeli aj REPÁČ et al. (2011) v podmienkach kalamitnej holiny vo Vysokých Tatrách. Horšie prežívanie sadeníc listnatých drevín v porovnaní s ihličnatými zaznamenali vo svojich experimentoch aj MARTIN, BALZINGER (2002), ktorí vidia hlavnú príčinu tohto javu v horšej schopnosti listnatých drevín konkurovať burine, ako aj častejšiemu poškodzovaniu zverou. Jesenný termín sa v našom experimente neosvedčil, keďže sadenice SM a VK BK, najmä v dôsledku poškodenia zverou, dosiahli horšie prežívanie než z jarnej výsadby aj po druhom roku. Napriek tomu, práce viacerých autorov uvádzajú aj pozitívne (REPÁČ 2005; BARZDAJN 2010; REPÁČ, VENCÚRIK 2015) skúsenosti s jesenným termínom výsadby lesných drevín (smrek obyčajný, borovica lesná, buk lesný).

V rámci jarného termínu výsadby nemalo aplikované hnojivo významnejší vplyv na rast sadeníc SM. Viaceré domáce, ale aj zahraničné experimenty venované aplikácii hnojív k sadenicám smreka v podmienkach výsadbových plôch buď nepreukázali stimulačný účinok (ŠTOFKO 2010), resp. pozitívny efekt prihnojenia sa prejavil až s určitým časovým odstupom od aplikácie (SLOAN, DOUGLASS 2013; KUNEŠ et al. 2004; TUČEKOVÁ 2013). Neskorší nástup účinku pomaly rozpustných hnojív je daný predovšetkým ich stavbou a zložením (JACOBS et al. 2005). Naopak pri BK sme zaznamenali vyššie hodnoty rastových parametrov vo variante s pridaným hnojivom v porovnaní s neošetrenými sadenicami, ale len v prípade VK sadbového materiálu. SLOAN, DOUGLASS (2013) taktiež zaznamenali oveľa rýchlejšiu rastovú odpoveď KK sadeníc topoľa (*Populus tremuloides* Michx.) v porovnaní s KK sadenicami smreka bieleho (*Picea glauca* (Moench) Voss) vysadených v procese rekultivácie lokalít po ťažbe ropných pieskov v Kanade.

Z pohľadu rastových parametrov dosiahli najnižšie hodnoty pri obidvoch drevinách v rámci jarného termínu výsadby sadenice ošetrené hydrogelom Stockosorb (najmä výška sadenice).

ALLAN, CARLSON (1998) pozorovali podobný účinok aplikovaných prípravkov (hydrogel, hnojivo) na prežívanie a rast sadeníc borovice (*Pinus patula* Schiede ex Schltdl., Cham) v podmienkach výsadbovej plochy založenej na ploche po požiari materského porastu. Negatívny účinok aplikovaného hydrogelu uvedení autori pripisujú nadmerným zrážkam, ktoré sa vyskytli krátko po založení experimentu. Viaceré experimenty založené v podmienkach reálnych výsadbových plôch, ktoré sú charakteristické veľkou variabilitou faktorov ovplyvňujúcich rast a prežívanie výsadiieb, dospeli taktiež k nejednoznačným výsledkom v prípade aplikácie hydroabsorbentov (SARVAŠ et al. 2007; REPÁČ, VENCÚRIK 2015). Naproti tomu pozitívny účinok hydroabsorpčných látok aplikovaných na koreňové systémy sadeníc, obzvlášť v podmienkach vodného deficitu, bol zaznamenaný najmä v pokusoch v regulovaných podmienkach (BENIWAL et al. 2011; JAMNICKÁ et al. 2013).

Chemická analýza vzoriek pôdy z koreňových sústav vyzdvihnutých sadeníc smreka potvrdila zvýšený obsah živín (najmä P, K, Mg) pri VK sadbovom materiáli vo variantoch s aplikovaným hnojivom. Zvýšený obsah živín, najmä dusíka a draslíka, v asimilačnom aparáte sadeníc listnatých drevín po aplikácii pomaly rozpustného hnojiva zaznamenali vo svojom experimente aj JACOBS et al. (2005). V našom experimente sme zaznamenali najmä v prípade BK výrazne zvýšený obsah P, K, Mg, zároveň sa obsah všetkých makroživín v asimilačnom aparáte sadeníc SM a BK po druhom roku pohyboval na úrovni normálnych, resp. mierne nadlimitných zásob (BMELF 1996).

Experiment PEŠKOVEJ et al. (2015) poukázal na zvýšenú citlivosť mykorizných zakončení jemných korieňov smreka obyčajného v podmienkach simulovaného sucha. Počas druhého roka od založenia experimentu sme nezaznamenali výskyt žiadnej výraznejšej udalosti, ktorá by mohla ovplyvniť vitalitu sadeníc. Taktiež vo variantoch s aplikovaným hnojivom a hydrogelom sme nezaznamenali výrazné zmeny v podiele aktívnych mykoriz, rovnako ani v počte krátkych korieňov vyskytujúcich sa na 1 cm dĺžky jemných korieňov.

ZÁVER

Počas druhého vegetačného obdobia došlo vo vývine kultúry založenej na silne zaburinenej kalamitnej holine v pohorí Javorie k výraznejšej zmene v porovnaní so stavom po prvom roku len v prípade voľnokorenných sadeníc buka, ku ktorým bolo po výsadbe aplikované hnojivo s postupným uvoľňovaním živín Silvamix. Okrem rastových parametrov bol v asimilačnom aparáte buka s pridaným hnojivom zaznamenaný aj zvýšený obsah živín (P, K, Mg). Účinok hnojiva bol v prípade sadeníc smreka indiferentný. Voľnokorenné sadenice obidvoch drevín z jarného termínu výsadby prežívali lepšie než z jesenného termínu, najmä v dôsledku intenzívneho poškodenia jesennej výsadby zverou. Počas druhého vegetačného obdobia sme nezaznamenali výskyt žiadnej významnejšej udalosti, ktorá by mohla ovplyvniť vitalitu sadeníc alebo zvýhodniť sadenice, ktorých koreňové systémy boli pred výsadbou ošetrené hydrogelovým prípravkom Stockosorb. Vývin hodnotenej kultúry po druhom roku poukazuje na rôznu rastovú odozvu krytokorenného a voľnokorenného sadbového materiálu buka lesného na zvýšenú dostupnosť živín prostredníctvom aplikácie hnojiva s dlhodobým účinkom.

LITERATÚRA

- ALLAN R., CARLSON C. (1998): An investigation into the re-establishment of severely burnt sites. Institute for Commercial Forestry Research Bulletin, 10: 1: 23–29.
- BARZDAJN W. (2010): The growth of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) culture established at different planting times using container and bare-root seedlings. Sylwan, 154: 5: 312–322.
- BENIWAL R. S., HOODA M.S., POLLE A. (2011): Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel-mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. Annals of Forest Science, 68: 4: 803–810.
- BMELF (1996): Deutscher Waldbodenbericht 1996. Vol 1. Bundesministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bonn, 186 s.
- HABERLE J. V., VLČEK V., KOHOUT M., STŘEDA T., DOSTÁL J., SVOBODA P. (2015): Bilance a určení dostupné zásoby vody v kofenové zóně plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha: 36 s. ISBN 978-80-7427-173-1.

- HLÁSNY T., BARCZA Z., FABRIKA M., BALÁZS B., CHURKINA G., PAJTÍK J., SEDMÁK R., TURČÁNI M. (2011): Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47: 3: 219–236.
- HYTÖNEN J., JYLHÄ P. (2008): Fifteen-year response of weed control intensity and seedling type on Norway spruce survival and growth on arable land. *Silva Fennica*, 42: 3: 355–368.
- JAMNICKÁ G., DITMAROVÁ E., KURJAK D., KMEŤ J., PŠIDOVÁ M., MACKOVÁ M., GÖMÖRY D., STŘELCOVÁ K. (2013): The soil hydrogel improved photosynthetic performance of beech seedlings treated under drought. *Plant Soil Environment*, 59: 10: 446–451.
- JACOBS D.F., SALIFU K. F., SEIFERT J.R. (2005): Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. *Forest Ecology and Management*, 214: 3: 28–39.
- KIRKHAM M. B. (2005): Principles of soil and plant water relations. Elsevier Academic Press, Boston, 500 s. ISBN: 0-12-409751-0.
- KUNEŠ I., BALCAR V., ČÍŽEK V. (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.
- MARTIN J.L., BALTZINGER, L.C. (2002): Interaction among deer browsing, hunting, and tree regeneration. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 7: 1254–1264.
- PEŠKOVÁ P., LORENC F., MODLINGER V., POKORNÁ V. (2015): Impact of drought and stand edge on mycorrhizal density on the fine roots of Norway spruce. *Annals of Forest Research*, 58: 2: 245–257.
- REPÁČ I. (2005): Vplyv termínu výsadby a aplikácie organického materiálu na ujímavosť a rast smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výsadbovej ploche. In: Saniga M., Jaloviar P. (eds.): Súčasný otázky pestovania lesa. Zborník referátov, Zvolen 6.–7. 9. 2005. Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-1489, s. 200–205.
- REPÁČ I., TUČEKOVÁ A., SARVAŠOVÁ I., VENCÚRIK J. (2011): Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. *Journal of Forest Science*, 57: 8: 349–358.
- REPÁČ I., SENDECKÝ M., PAROBEKOVÁ Z. (2017): Vplyv termínu výsadby a pôdnych aditív na vývin výsadby buka lesného a smreka obyčajného na ploche v Javorí po prvom vegetačnom období. In: Jaloviar P., Saniga M. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture. Zborník referátov, Zvolen, 6.–7. 9. 2017. Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2979-3, s. 137–142.
- REPÁČ I., VENCÚRIK J. (2015): Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 132 s., ISBN 978-80-228-2805-5.
- ROSE R., HAASE D.L. (2005): Root and shoot allometry of bareroot and container Douglas-fir seedlings. *New Forests*, 30: 2–3: 215–233.
- RUEHLE J. L. (1982): Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Caroline. *Southern Journal of Applied Forestry*, 6: 1: 30–33.
- SARVAŠ M., PAVLENDÁ P., TAKÁČOVÁ E. (2007): Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science*, 53: 5: 204–209.

- SLOAN L.J., DOUGLASS F. J. (2013): Fertilization at planting influences seedling growth and vegetative competition on a post-mining boreal reclamation site. *New Forests*, 44: 5: 687–701.
- ŠTOFKO P. (2010): Effects of slow-release fertilizers of Silvamix and Silvagen line on growth of a young spruce and larch forest plantation three years after application. *Folia Forestalia Polonica*, 52: 1: 54–60.
- TUČEKOVÁ A. (2013): Porovnanie ujímavosti výsadiel smreka obyčajného v bioskupinách po aplikácii rôznych hnojív v oblasti Nízkych Tatier. In: Baláš et al. (eds.): Pěstování lesů ve střední Evropě. Zborník referátov, Kostelec nad Černými lesy, 2.–3. 7. 2013, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 978-80-213-2381-0, s. 299–308.
- VAPAAVUORI E.M., RIKKALA R., RYYPÖ A. (1992): Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. *Tree Physiology*, 10: 3: 217–230.
- YOUNGBLOOD A., COLE. E., NEWTON M. (2011): Survival and growth response of white spruce stock types to site preparation in Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 4: 793–809.

Pod'akovanie

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej, J. Hroncovi a M. Sendeckému za technické práce.
Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektu APVV-0744-12.

Vplyv mykORIZÁCIE rašelinových substrátov v čase výsevu na rast škôlkovaných sadeníc smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.)

*Influence of mycorrhization of peat substrates at the time of sowing on the growth of transplanted Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings in a nursery*

IVAN REPÁČ*, TOMÁŠ TRGALA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *repac@tuzvo.sk

Abstract

Bareroot seedlings of Norway spruce were grown in forest nursery. Prior to transplanting, they were grown in the greenhouse in various substrates (pure peat; peat + perlite 2 : 1 and 1 : 1, v : v) which were inoculated with commercial ectomycorrhizal inoculum Ectovit and mycelial granule inoculum prepared in laboratory. Treatments of the experiment were also non-mycelial granules and control (uninoculated substrate). After the 3rd and 4th growing periods, the growth and the occurrence of ectomycorrhizas were assessed on the 2+1 and 2+2 seedlings. After both periods, significantly better growth of seedlings from pure peat than those from 2 : 1 mixture was found. After the 3rd growing period, significantly higher above-ground part dry weight of Ectovit inoculated than mycelial granules inoculated seedlings was detected. This effect of Ectovit has not maintained to the end of the 4th growing period. Neither substrate nor inoculation has a significant effect on the presence of active ectomycorrhizal roots.

Keywords: mycorrhization, growth substrate, Norway spruce, bareroot planting stock

Abstrakt

Voľnokorenné sadenice smreka obyčajného boli pestované v podmienkach lesnej škôlky. Pred škôlkovaním boli semenáčky pestované v skleníku v rôznych substrátoch (rašelina; rašelina + perlit 2 : 1 a 1 : 1), ktoré boli inokulované v čase výsevu semien komerčným ektomykorízny prípravkom Ectovit a mycéliovým granulovým inokulom pripraveným v laboratóriu. Variantmi experimentu boli aj granulové bez mycélia a kontrola (neinokulovaný substrát). Po 3. a 4. vegetačnom období bol na sadenicích 2+1 a 2+2 hodnotený rast a výskyt ektomykoríz. Po oboch hodnotených vegetačných obdobiach bol zistený štatisticky významne lepší rast sadeníc z čistej rašeliny oproti zmesi 2 : 1. Po 3. vegetačnom období bola zistená významne vyššia hmotnosť nadzemnej časti sadeníc inokulovaných Ectovitom než granulovým inokulom. Tento vplyv sa v ďalšom období nepotvrdil. Ani substrát, ani inokulácia nemali štatisticky významný vplyv na zastúpenie aktívnych ektomykoríznych koreňkov.

Kľúčové slová: mykORIZÁCIA, substrát, smrek obyčajný, voľnokorenný sadbový materiál

ÚVOD

Obligátne ektotrofné dreviny, medzi ktoré patrí aj smrek obyčajný, vytvárajú prirodzene v pôdnom prostredí symbiotický vzťah s ektomykoríznyimi (EKM) hubami (RUDAWSKA et al. 2006). Mykorízna symbióza môže za určitých okolností napomáhať procesu rizogenézy, príjmu vody, výmene živín, chrániť dreviny pred patogénmi a nevhodnými podmienkami prostredia (SMITH, READ 2008; LAMBERS et al. 2008). Rastový substrát je kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim vznik, rast a fyziologickú kvalitu sadeníc lesných drevín (HEISKANEN 1995; PROLL et al. 2016). Rašelina je jedným z najpoužívanějších substrátov. Čistá, obzvlášť ľahko rozložená rašelina poskytuje vhodné podmienky rastu (HEISKANEN 2013); avšak prídanie vhodne vybraných látok do rašeliny môže zlepšiť jej vlastnosti (VAARIO et al. 2009). V strednej Európe používajú producenti sadeníc v lesných škôlkach buď komerčné rašelinové substráty rôzneho zloženia, alebo samostatne pripravené zmesi substrátov pozostávajúce z rašeliny a najčastejšie kompostovanej kôry, alebo perlitu. Perlit sa používa na zlepšenie fyzikálnych vlastností, najmä pri vyššom stupni rozloženia tmavšej rašeliny, ktorej štruktúra bola považovaná za relatívne slabú pre rast sadeníc (HEISKANEN 1995). Typ použitého substrátu môže taktiež vplývať na abundanciu a diverzitu ektomykoríz (TAMMI et al. 2001; REPÁČ 2007).

Práce autorov potvrdili pozitívny účinok pôdnych mikroorganizmov, hlavne EKM húb na lesné dreviny (CASTELLANO 1996). Pre riadenú mykorizáciu sadeníc sa použilo niekoľko typov EKM inokula a spôsobov aplikácie; vegetatívne (mycéliové) inokulum sa javí ako najvhodnejšia a najužitočnejšia metóda očkovania (MARX 1991). Pestovanie EKM sadeníc smreka môže mať potenciál zlepšiť odrastanie jedincov vysadených na nepriaznivých plochách (napr. kalamitné oblasti, plochy nedostatočne zásobene vodou a živinami). Cieľom tejto práce je zistenie vplyvu rastového substrátu, komerčného prípravku (Ectovit) a mycéliového granulového inokula vybraných EKM húb, aplikovaných v čase výsevu na rast koreňovej sústavy, nadzemnej časti a výskyt ektomykoríz 3 a 4-ročných sadeníc smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). Sadenice boli pestované v malej lesnej škôlke po preškôlkovaní 2-ročných semenáčikov do minerálnej pôdy. Táto práca nadväzuje na hodnotenie 1-ročných (REPÁČ, SENDECKÝ 2016a) a 2-ročných semenáčikov (REPÁČ, SENDECKÝ 2016b).

MATERIÁL A METODIKA

Semenáčky boli pôvodne pestované v troch substrátoch inokulovaných EKM prípravkom Ectovit a mycéliovým granulovým inokulum, pripraveným v laboratóriu Katedry pestovania lesa na Technickej Univerzite vo Zvolene. Variantmi experimentu boli aj granule neobsahujúce mycélium a kontrola (substrát bez aplikácie inokula alebo granúl). Rastovým substrátom bola vrchovisková rašelina (BORA Bobrov, SR) a zmes rašeliny s agropertilom v objemovom pomere 2 : 1 a 1 : 1 (Tab. 1). Ektomykorízne inokulum od firmy Ectovit obsahovalo mycélium húb *Amanita muscaria* (L.) Lam. (muchotrávka červená, muchomúrka červená), *Amanita rubescens* (Pers.: Fr.) S.F. Gray (muchotrávka červenkastá, muchomúrka rúžovka), *Paxillus involutus* (Batsch: Fr.) Fr. (čechračka podvinutá, čechratka podvinutá) a bazidiospóry *Pisolithus arrhizus* (Scop.) Rauschert (hráškovec obyčajný, mčháč písečný) a *Scleroderma citrinum* Pers. (pestrec obyčajný, pestrec obecný). Spóry boli primiešané do zmesi jemnej rašeliny, mletých minerálov, extraktov z morských organizmov, humátov a častíc gélu zadržujúceho vodu. Ectovit bol aplikovaný ako gél (kaša), ktorý bol pripravený

zmiešaním mycélia s inými zložkami inokula a adekvátnym množstvom vody. Nami pripravené inokulum obsahovalo mycélia húb *Cortinarius sp.* (rod pavučinovec, pavučinec), *Tricholoma sejunctum* (Sow.: Fr.) Quél. (čirovka zelenohnedastá, čirůvka odlišná), *Cenococcum geophilum* Fr., *Laccaria proxima* (Boud.) Pat. (lakovka veľká, lakovka statná). Princípom prípravy granulového inokula je imobilizácia mycélia v hustom vodnom roztoku alginátu sodného a perlitu a tvorba granúl v roztoku chloridu vápenatého. V experimente bola použitá vrchovisková rašelina (BORA Bobrov, Slovensko) obohatená o 0,6, 0,45, 0,9 a 4,0 kg·m⁻³ síranu amónneho, síranu draselného, superfosfátu a mletého vápenca. Rašelina bola tmavá, vysoko humifikovaná a ošetrovaná s fungicídom Basamid (200 g m⁻³, 5 dní pôsobenia, 14 dní vetrania) pred inokuláciou. Použil sa perlit s veľkosťou častíc 1 až 4 mm. Na každú kombináciu faktorov (substrát × inokulácia) v rámci 1 opakovania bola použitá výsevová dávka 2,5 g semien smreka. Ďalšie podrobnosti založenia pokusu sú v práci REPÁČ, SENDECKÝ (2016b).

Dvojročné semenáčiky smreka obyčajného boli v septembri 2015 preškôlkované do minerálnej pôdy na lesnú škôlku Mláčik na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej Univerzity vo Zvolene. Experiment bol usporiadaný ako dvojfaktorový v znáhodnených blokoch, obsahoval 12 kombinácií substrátu (3) a inokulácie (4) v troch opakovaniach (blokoch). Ochrana sadeníc proti bola burine vykonávaná podľa potreby pletím. Sadenice neboli hnojené, neboli ošetrované pesticídmi, aby boli vytvorené podmienky pre prejav potenciálnych účinkov ektomykorizných húb. Lesná škôlka nie je vybavená závlahou, pretože prirodzené zrážky v tejto lokalite sú dostatočné pre pestovanie sadeníc.

Po skončení 3. a 4. vegetačného obdobia bola na 30 sadeniciach z každej kombinácie faktorov v rámci každého opakovania meraná výška, prírastok a hrúbka koreňového krčka. Náhodným výberom bolo vyzdvihnutých z každej kombinácie sledovaných faktorov a opakovania 5 sadeníc. Na sadeniciach bola zisťovaná hmotnosť sušiny nadzemnej a koreňovej časti po sušení 48 hod pri teplote 80 °C v sušiarňi. Z hmotností bola vypočítaná celková hmotnosť sadenice a pomer hmotnosti koreňov a nadzemnej časti. Počet krátkych korieňov na 1 cm dĺžky jemných koreňov a výskyt ektomykoriz sa hodnotil vizuálne pomocou binokulárnej lupy pri 10–25násobnom zväčšení na 5 sadeniciach z každého variantu. Jemné korene pre počítanie krátkych korieňov boli náhodne odobraté z rôznych častí koreňovej sústavy o celkovej dĺžke 30 cm na 1 sadenicu. Segmenty jemných koreňov mali 4–6 cm. Rozsah mykoriz sme stanovili ako percentuálny podiel počtu mykoriz z počtu všetkých krátkych korieňov (nemykorizne, neaktívne, aktívne mykorizy). Rozlíšili sme 8 EKM morfortypov podľa makro morfológických znakov (farba, tvar, dĺžka, hrúbka, vetvenie, mycélium). Na číselné vyjadrenie druhovej diverzity ektomykorizných morfortypov bol použitý *Index druhovej heterogenity* SHANNON (1948) a *Index druhovej vyrovnanosti* PIELOU (1975).

Biometrické charakteristiky a rozsah mykoriz boli analyzované dvojfaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi sa použil Tukeyov test ($p \leq 0,05$). Normalita rozdelenia hodnôt bola urobená pomocou Shapiro-Wilkovho testu. Výpočty boli urobené v štatistických programoch SAS Institute Inc., a STATISTICA StatSoft, Inc.

Tab. 1: Analytické parametre rašelinových substrátov použitých na pestovanie voľnokoreňných semenáčikov smreka obyčajného inokulovaných granulovým inokulom pripraveným v laboratóriu a komerčným ektomykorizným inokulom Ectovit.

Tab. 1: Analytical parameters of the peat-based substrates used for cultivation of bareroot Norway spruce seedlings inoculated with laboratory-produced ectomycorrhizal mycelium-bead inoculum and commercial ectomycorrhizal inoculum Ectovit.

Substrát substrate	Hmotnosť sušiny ³ [%]	pH _{H2O}	C [%]	N [%]	C/N	P [mg·kg ⁻¹]	K [mg·kg ⁻¹]	Ca [mg·kg ⁻¹]	Mg [mg·kg ⁻¹]	Objemová hmotnosť ⁴ [g·cm ⁻³]	Elektrická vodivosť ⁵ [mS·cm ⁻¹]
Rašelina ¹	93,62	5,81	28,9	1,40	20,7	7,70	153	5 069	1 347	0,482	1,45
R+Perlit ² 2:1	94,02	5,76	25,7	1,28	20,2	7,40	139	4 545	1 119	0,373	1,04
R+Perlit 1:1	95,23	5,71	25,3	1,22	20,7	7,42	117	4 441	1 085	0,329	0,90

¹Peat, ²Perlite, ³Dry matter, ⁴Bulk density, ⁵Electrical conductivity, R – peat

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri hodnotení pokusu po 1. vegetačnom období boli zistené významné rozdiely v hmotnosti sušiny nadzemnej časti a hmotnosti sušiny celkovo. Najvyššie hodnoty dosahovali semenáčiky inokulované granulovým hubovým inokulom a najnižšie inokulované prípravkom Ectovit. Pri hubovom inokule bol pozorovaný najvyšší počet krátkych korenkov, ktorý ale nebol štatisticky významný. Najvyšší pomer hmotnosti sušiny koreňa a stonky vyšiel pri inokulácii Ectovitom. Hmotnosti sušiny semenáčikov pestovaných v zmesi rašelina+perlit (2 : 1) dosahovali o trochu vyššie hodnoty oproti ostatným variantom, ale neboli štatisticky významné. Nebol nájdený žiaden významný interakčný vplyv medzi substrátom a inokuláciou pre žiadnu rastovú premennú. Celková kolonizácia ECM sa pohybovala od 53 % do 60 % v závislosti od ošetrenia substrátu a inokulácie. Koncentrácia živín v čistej rašeline bola mierne vyššia ako v ostatných zmesiach substrátov (Tab.1). Ďalšie podrobnosti výsledkov pokusu sú v práci REPÁČ, SENDECKÝ (2016a).

Po 2. vegetačnom období rastový substrát ani inokulácia nemali významný vplyv na rast dvojročných semenáčikov smreka. Hoci nie významne, o niečo nižšie hodnoty biometrických ukazovateľov, s výnimkou pomeru hmotností, boli zistené pre kontrolné neinokulované semenáčiky v porovnaní s inokulovanými. Celkový rozsah EKM sa vo variantoch inokulácie pohyboval od 78 % do 90 %. Významný rozdiel sa vyskytol medzi variantmi čisté granule a kontrola. Medzi substrátmi sa v tomto ukazovateli nevyskytli významné rozdiely. Ďalšie podrobnosti výsledkov pokusu sú v práci REPÁČ, SENDECKÝ (2016b).

Rastový substrát mal významný vplyv na rast sadeníc smreka obyčajného v oboch vegetačných obdobiach po preškôlkovaní do lesnej škôlky. Inokulácia mala významný vplyv iba na hmotnosť sušiny nadzemnej časti po treťom vegetačnom období (Tab. 2). Sadenice pôvodne rastúce v čistej rašeline dosiahli štatisticky významné rozdiely vo výške stonky oproti variantom, kde bol primiešaný perlit. Po štvrtom vegetačnom období bol tento rozdiel významný iba medzi čistou rašelinou a R + P (2 : 1). Významný bol tiež rozdiel medzi ročnými výškovými prírastkami; po treťom vegetačnom období bol prírastok sadeníc z čistej rašeliny dvakrát vyšší než z R + P (2 : 1). Po 4. roku bol najvyšší prírastok v zmesi R + P (1 : 1), ktorý bol významne rozdielny od R + P (2 : 1). Hrúbka koreňového krčka bola po 3. roku štatisticky významná medzi čistou rašelinou a R + P (2 : 1). Čistá rašelina dosahovala vyššiu hodnotu. Po 4. roku mal variant R + P (2 : 1) významne nižšie hodnoty oproti ostatným variantom. Významný rozdiel v hmotnosti sušiny nadzemnej časti sa vyskytol iba po treťom

vegetačnom období, pričom variant čistej rašeliny dosiahol dvakrát vyššiu hodnotu ako variant R + P (2 : 1). Hmotnosť sušiny koreňov bola po 3. roku významne nižšia pri variante R + P (2 : 1) oproti ostatným variantom. Po 4. roku bola významne nižšia iba oproti variantu čistej rašeliny. Po treťom vegetačnom období sa prejavil štatisticky významný rozdiel medzi čistou rašelinou a R + P (2 : 1) v celkovej hmotnosti sušiny, kde prvý variant dosiahol väčšiu hmotnosť (Tab. 3). TAMMI et al. (2001) uvádzajú, že medzi najvýznamnejšie okolnosti pôsobiace na rast, ale aj na tvorbu ektomykoríz semenáčikov patrí práve rastový substrát, s jeho fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Významný vplyv substrátu na rast smrekových semenáčikov zistil REPÁČ (2007). Pozitívny vplyv rašelinového substrátu oproti kompostovanej kôre, resp. zmiešanému rašelinovému substrátu na výšku nadzemnej časti v podmienkach lesnej škôlky, potvrdili vo svojich prácach GONZÁLEZ-OCHOA et al. (2003) a VAARIO et al. (2009). V práci REPÁČA et al. (2015) aplikácia Ectovitu významne stimulovala rast krytokorenných semenáčikov smreka v čistej rašeline. V tejto práci sa pozitívny vplyv prípravku Ectovit významne preukázal iba pri hmotnosti nadzemnej časti po treťom vegetačnom období. Sadenice inokulované spomenutým prípravkom mali významne väčšiu hmotnosť, ako sadenice inokulované hubovým inokulom. CORREA et al. (2006) uvádzajú, že v ich experimente mala ektomykorízna symbiôza mierne nepriaznivý vplyv na rast jedincov borovice, ale nepotvrdil sa štatisticky významný rozdiel, rovnako ako v našom prípade po štvrtom roku. Po treťom roku bol vo variante čistej rašeliny zistený štatisticky významný rozdiel v pomere hmotnosti sušiny koreňovej a nadzemnej časti.

Identifikované morfortypy sme zatriedili k príslušným rodom ektomykoríznych húb (Tab. 4), podľa makro morfológických znakov opísaných v DEEMY – informačnom systéme pre charakterizáciu a stanovenie ektomykoríz (AGERER, RAMBOLD 2004–2018). Štatisticky významné rozdiely medzi substrátmi v abundancii EKM morfortypov, aj napriek výrazným rozdielom hodnôt zastúpenia EKM morfortypov, boli pozorované len v troch morfortypoch (*Cortinarius*1-like, *Cortinarius* 2-like, *Lactarius*-like) a medzi variantmi inokulácie iba v morfortype *Cortinarius*1-like (Tab. 5).

Tab. 2: Analýza variancie (F a P hodnoty) účinkov substrátu a ektomykoríznej inokulácie na rastové parametre, relatívnu abundanciu ektomykoríznych morfortypov, aktívnych a neaktívnych ektomykoríz (2+1, 2+2) voľnokorených sadeníc (2+1, 2+2) smreka obyčajného.

Tab. 2: Analysis of variance (F- and P-values) of substrate and ectomycorrhizal inoculation effects on the growth parameters, relative abundance of ectomycorrhizal morphotypes, active and inactive ectomycorrhizas of bareroot (2+1, 2+2) Norway spruce seedlings.

Premenná / variable	Substrát / substrate		Inokulácia / inoculation		Substrát × Inokulácia	
	F	P	F	P	F	P
Trojočné sadenice						
Výška stonky ¹	19,65	0,0085	1,70	0,2664	1,04	0,4587
Výškový prírastok ²	11,36	0,0224	1,62	0,2806	0,93	0,5176
Hrúbka koreňového krčka ³	8,77	0,0345	3,07	0,1123	0,53	0,7726
Hmotnosť sušiny nadzemnej časti ⁴	21,03	0,0075	4,52	0,0554	1,41	0,3078
Hmotnosť sušiny koreňov ⁵	9,92	0,0282	0,62	0,6296	3,71	0,0388
Celková hmotnosť sušiny ⁶	16,12	0,0122	2,53	0,1537	2,19	0,1394
Pomer hmotností sušiny ⁷	69,46	0,0008	1,51	0,3040	0,24	0,9513
Počet jemných korieňov na 1 cm ⁸	2,85	0,1703	2,41	0,1658	4,96	0,0165
Aktívne mykorízne korieňky ¹⁷	0,38	0,7069	1,65	0,2753	0,65	0,6883
Neaktívne mykorízne korieňky ¹⁸	33,17	0,0032	5,29	0,0403	0,54	0,7646
Nemykorízne korieňky ¹⁹	0,13	0,8779	1,71	0,2645	0,52	0,7833
Štvorročné sadenice						
Výška stonky ¹	9,62	0,0296	0,84	0,5200	7,70	0,0027
Výškový prírastok ²	8,33	0,0375	0,48	0,7109	0,54	0,5268
Hrúbka koreňového krčka ³	16,34	0,0119	1,23	0,3781	0,97	0,4723
Hmotnosť sušiny nadzemnej časti ⁴	2,54	0,1937	0,71	0,5797	0,58	0,7423
Hmotnosť sušiny koreňov ⁵	6,53	0,0549	0,46	0,7197	0,35	0,8963
Celková hmotnosť sušiny ⁶	1,96	0,2556	1,07	0,4299	1,72	0,2138
Pomer hmotností sušiny ⁷	0,80	0,5085	2,00	0,2156	1,91	0,1742
Počet jemných korieňov na 1 cm ⁸	2,22	0,2244	2,20	0,1889	1,73	0,2114
<i>Cortinarius</i> 1-like ⁹	7,80	0,0417	13,61	0,0044	1,13	0,4111
<i>Cortinarius</i> 2-like ¹⁰	6,95	0,0499	2,06	0,2064	8,06	0,0023
<i>Tricholoma</i> -like ¹¹	1,71	0,2910	0,38	0,7729	1,09	0,4307
<i>Laccaria</i> -like ¹²	1,10	0,4169	0,17	0,9099	0,61	0,7202
<i>Lactarius</i> -like ¹³	16,74	0,0114	1,50	0,3078	1,47	0,2822
<i>Piceirhiza</i> -like ¹⁴	0,43	0,6776	1,47	0,3150	0,47	0,8159
<i>Wilcoxina</i> 1-like ¹⁵	1,69	0,2941	0,10	0,9573	3,91	0,0284
<i>Wilcoxina</i> 2-like ¹⁶	0,60	0,5908	2,43	0,1631	2,75	0,0757
Aktívne mykorízne korieňky ¹⁷	1,08	0,4223	0,72	0,5768	1,24	0,3617
Neaktívne mykorízne korieňky ¹⁸	1,08	0,4208	0,70	0,5867	1,27	0,3527
Nemykorízne korieňky ¹⁹	1,44	0,3387	1,78	0,2516	1,98	0,1630
Shannonov index diverzity ²⁰	2,84	0,1705	1,93	0,2263	0,39	0,8707
Index druhovej rozmanitosti ²¹	2,70	0,1810	1,68	0,2684	0,57	0,7428

Poznámka: Stupne voľnosti: substrát 2, inokulácia 3, opakovania 2, substrát × inokulácia 6.

Note: Degrees of freedom: substrate 2, inoculation 3, block 2, substrate × inoculation 6.

¹stem height, ²annual height gain, ³root collar diameter, ⁴shoot dry weight, ⁵root dry weight, ⁶total dry weight, ⁷root/shoot dry weight ratio, ⁸number of root tips per cm, ⁹⁻¹⁶morphotypes, ¹⁷active mycorrhizal fine roots, ¹⁸inactive mycorrhizal fine roots, ¹⁹nonmycorrhizal fine roots, ²⁰shannon diversity index, ²¹species evenness index

Tab. 3: Rastové a hmotnostné ukazovatele (priemerné hodnoty \pm smerodajné odchýlky) voľnokorenných sadenic smreka obyčajného (2+1, 2+2) preškôlkovaných zo substrátov inokulovaných v laboratóriu pripraveným myceliovým granulovým inokulom a komerčným ektomykorizným inokulom Ectovit.

Tab. 3: Growth and weight characteristics (mean values \pm standard deviation) of bareroot Norway spruce seedlings (2+1, 2+2) transplanted from substrates inoculated with laboratory-produced ectomycorrhizal mycelium-bead inoculum and commercial ectomycorrhizal inoculum Ectovit.

Rok Variant year treatment	Výška stonky stem height [cm]	Výškový prírastok height increment [cm]	Hrúbka koreňového krčka root collar diameter [mm]	Hmotnosť sušiny nadzemnej časti (NČ) shoot dry weight [mg]	Hmotnosť sušiny koreňov root dry weight [mg]	Hmotnosť sušiny spolu total dry weight [mg]	Pomer hmotnosti korene/NČ ratio of root and shoot dry weight
3. rok / 3rd year							
Substrát / substrate							
Rašelina ¹	19,87 \pm 3,96 a	7,45 \pm 3,31 a	2,61 \pm 0,51 a	1637 \pm 605 a	595 \pm 252 a	2232 \pm 803 a	0,37 \pm 0,11 a
R + P 2:1	14,91 \pm 3,0 b	3,68 \pm 2,05 b	2,02 \pm 0,47 b	835 \pm 497 b	415 \pm 203 b	1251 \pm 666 b	0,55 \pm 0,22 b
R + P 1:1	17,01 \pm 0,82 b	5,82 \pm 2,8 ab	2,51 \pm 0,5 ab	1184 \pm 473 a	618 \pm 295 a	1802 \pm 707 ab	0,53 \pm 0,19 b
Inokulácia / inoculation							
Ectovit	18,47 \pm 3,87	6,53 \pm 3,49	2,61 \pm 0,59	1 517 \pm 640 a	624 \pm 276	2141 \pm 860	0,43 \pm 0,16
Inokulum ²	16,5 \pm 3,11	5,33 \pm 2,64	2,22 \pm 0,45	977 \pm 436 b	497 \pm 258	1475 \pm 621	0,55 \pm 0,25
Granule ³	18,38 \pm 4,66	6,19 \pm 3,75	2,43 \pm 0,57	1 259 \pm 677 ab	577 \pm 327	1837 \pm 967	0,48 \pm 0,16
Kontrola ⁴	16,6 \pm 3,63	5,17 \pm 2,81	2,38 \pm 0,53	1249 \pm 631 ab	510 \pm 202	1759 \pm 769	0,46 \pm 0,15
4. rok / 4th year							
Substrát / substrate							
Rašelina	24,15 \pm 4,71 a	8,94 \pm 2,99 ab	4,64 \pm 0,99 a	5184 \pm 2093	2328 \pm 1079 a	7150 \pm 2966	0,46 \pm 0,19
R + P 2:1	18,81 \pm 4,56 b	7,53 \pm 2,90 b	3,32 \pm 0,89 b	3075 \pm 1534	1566 \pm 681 b	4755 \pm 2056	0,55 \pm 0,19
R + P 1:1	22,61 \pm 5,22 ab	9,89 \pm 3,16 a	4,20 \pm 0,97 a	4477 \pm 2035	1978 \pm 803 ab	6559 \pm 2696	0,48 \pm 0,18
Inokulácia / inoculation							
Ectovit	22,72 \pm 5,04	9,23 \pm 3,08	4,28 \pm 1,10	4942 \pm 1810	2152 \pm 767	7156 \pm 2493	0,45 \pm 0,08
Inokulum	20,83 \pm 5,10	8,12 \pm 3,04	3,90 \pm 0,98	3812 \pm 1956	1879 \pm 855	5827 \pm 2642	0,54 \pm 0,22
Granule	22,70 \pm 5,57	9,09 \pm 3,07	4,23 \pm 1,11	4273 \pm 2234	2017 \pm 997	6336 \pm 3040	0,51 \pm 0,20
Kontrola	22,18 \pm 5,29	9,08 \pm 3,34	4,01 \pm 1,14	4317 \pm 2244	1893 \pm 1043	5767 \pm 2831	0,48 \pm 0,20

R – peat, P – perlite, ¹Peat, ²Inoculum, ³Beads, ⁴Control

Poznámka: V rámci variantu a parametra sú priemerné hodnoty označené rôznymi písmenami významne odlišné (Tukeyov test, $P < 0,05$).

Note: Within the treatment and parameter, the mean values followed by different letter are significantly different (Tukey test, $P < 0.05$).

Tab. 4: Opis ektomykorizných morfológických typov 4-ročných (2+2) voľnokorenných sadeníc smreka obyčajného pestovaných v minerálnej pôde, preškôlkovaných z rôznych substrátov inokulovaných myceliovým granulovým inokulom a komerčným ektomykorizným inokulom Ectovit.

Tab. 4: Description of ectomycorrhizal morphological types of 4-year-old (2+2) bareroot Norway spruce seedlings grown in mineral soil, transplanted from different substrates inoculated with laboratory-produced ectomycorrhizal mycelium-bead inoculum and commercial ectomycorrhizal inoculum Ectovit.

EKM morfortyp ¹	Popis / description
<i>Cortinarius</i> 1-like	Vetvenie monopodiálne-strapcovité; hojné rizomorfy; mykorízy ohnuté alebo vlnité;
<i>Cortinarius</i> 2-like	cylindrické; hnedej farby (<i>Cortinarius</i> sp.1-like), tmavohnedé (<i>Cortinarius</i> sp.2-like); hnedastá farba špičiek; nepriehľadný plášť; povrch plášťa striebřistý.
<i>Tricholoma</i> -like	Vetvenie monopodiálne-pyramidálne; zriedkavé rizomorfy; mykorízy priame; cylindrické; bielej farby, staršie časti žltohnedé; biela farba špičiek; plášť nepriehľadný; časté sú belavé alebo žltkasté hýfy.
<i>Laccaria</i> -like	Vetvenie monopodiálne-strapcovité alebo monopodiálne-pyramidálne; neprítomné rizomorfy; mykorízy ohnuté alebo vlnité; cylindrické; bielej farby; plášť nepriehľadný.
<i>Lactarius</i> -like	Zriedkavé rizomorfy; mykorízy priame alebo ohnuté; cylindrické; hnedej alebo oranžovej farby, staršie časti hnedé; farba špičiek hnedá; plášť nepriehľadný; hladký povrch plášťa; hýfy neprítomné.
<i>Piceirhiza</i> -like	Vetvenie monopodiálne-strapcovité alebo monopodiálne-pyramidálne; abundancia v malom počte; neprítomné rizomorfy; mykorízy priame alebo ohnuté; cylindrické; tmavohnedej farby, staršie časti čierne; farba špičiek hnedá; plášť nepriehľadný; hýfy sú zriedkavé.
<i>Wilcoxina</i> 1-like	Vetvenie neprítomné alebo monopodiálne-strapcovité; mykorízy priame, ohnuté alebo vlnité;
<i>Wilcoxina</i> 2-like	cylindrické alebo zhrubnuté; zužujúce sa smerom k špičke; hnedé (<i>Wilcoxina</i> sp.1-like), tmavohnedé (<i>Wilcoxina</i> sp.2-like); farba špičiek žltohnedá; plášť nepriehľadný; hladký povrch plášťa; hýfy a rizomorfy neprítomné.

¹ECM morphotype

Tab. 5: Relatívna abundancia ektomykorizných morfortypov (priemerné hodnoty) štvorročných (2+2) sadeníc smreka obyčajného.

Tab. 5: Relative abundancy of ectomycorrhizal morphotypes (mean values) of four-year-old (2+2) bareroot Norway spruce seedlings.

Rok ¹ variant ²	<i>Cortinarius</i> 1-like	<i>Cortinarius</i> 2-like	<i>Tricholoma</i> - -like	<i>Laccaria</i> - -like	<i>Lactarius</i> - -like	<i>Piceirhiza</i> - -like	<i>Wilcoxina</i> 1-like	<i>Wilcoxina</i> 2-like
Substrát / substrate								
Rašelina ³	4,46 b	16,09 b	0,08	1,56	2,21 ab	0,78	25,47	30,00
R+P 2:1	14,13 a	35,31 a	0,71	0,81	0,57 b	0,40	13,31	24,25
R+P 1:1	8,92 ab	22,46 ab	0,92	0,03	4,31 a	0,94	13,61	31,03
Inokulácia / inoculation								
Ectovit	2,74 b	17,56	0,74	0,65	3,22	1,76	16,78	34,54
Inokulum ⁴	8,63 ab	26,90	0,60	1,05	2,15	1,04	16,59	25,41
Granule ⁵	14,29 a	29,29	0,73	0,41	1,14	0,13	19,06	25,47
Kontrola ⁶	9,14 a	21,33	0,23	0,98	3,67	0,10	17,85	30,19

¹Year, ²Treatment, ³Peat, ⁴Inoculum, ⁵Beads, ⁶Control, R – peat, P – perlite

Poznámka: V rámci variantu a parametra sú priemerné hodnoty označené rôznymi písmenami významne rozdielne (Tukeyov test, $P < 0,05$).

Note: Within the treatment and parameter, the mean values followed by different letter are significantly different (Tukey test, $P < 0.05$).

Celkový rozsah aktívnych ektomykoríz sa po 3. roku pohyboval v rozmedzí 78–86 % vo variantoch substrátov a v rozmedzí 77–89 % vo variantoch inokulácií. Po 4. roku sa pohyboval rozsah aktívnych ektomykoríz vo variantoch substrátov od 78 % do 89 % a vo variantoch inokulácií od 79 % do 84 % (Tab. 6).

Tab. 6: Ektomykorízna kolonizácia, počet krátkych korieňkov na 1 cm, Shannonov index diversity a index druhovej vyrovnanosti (priemerné hodnoty \pm smerodajné odchytky) voľnokorenných sadeníc smreka obyčajného (2+1, 2+2), preškôlkovaných zo substrátov inokulovaných v laboratóriu pripraveným mycéliovým granulovým inokulom a komerčným ektomykoríznym inokulom Ectovit.

Tab. 6: *Ectomycorrhizal colonization, number of root tips per 1 cm, Shannon diversity index, Species evenness index (mean values \pm standard deviation) of inoculated bareroot Norway spruce seedlings (2+1, 2+2), transplanted from substrates inoculated with laboratory-produced ectomycorrhizal mycelium-bead inoculum and commercial ectomycorrhizal inoculum Ectovit.*

Rok – Variant <i>year – treatment</i>	Zastúpenie aktívnych ektomykoríznych korieňkov <i>abundancy of active ECM root tips [%]</i>	Zastúpenie neaktívnych ektomykoríznych korieňkov <i>abundancy of inactive ECM root tips [%]</i>	Počet krátkych korieňkov na 1 cm <i>number of root tips per 1 cm</i>	Shannonov index diversity <i>shannon index of diversity</i>	Index druhovej vyrovnanosti <i>species evenness index</i>
3. rok / 3rd year					
Substrát / substrate					
Rašelina / peat	78,16 \pm 16,39	5,2 \pm 4,41 a	9,9 \pm 3,31	n.d.	n.d.
R+P 2:1	85,79 \pm 21,13	2,55 \pm 3,32 b	9,26 \pm 3,02	n.d.	n.d.
R+P 1:1	83,99 \pm 21,75	2,37 \pm 3,26 b	10,43 \pm 3,89	n.d.	n.d.
Inokulácia / inoculation					
Ectovit	77,37 \pm 24,53	3,25 \pm 3,66 ab	10,97 \pm 3,29	n.d.	n.d.
Inokulum / inoculum	88,74 \pm 15,18	4,54 \pm 4,34 a	10,54 \pm 3,73	n.d.	n.d.
Granule / beads	87,49 \pm 11,82	2,39 \pm 3,79 b	9,04 \pm 3,26	n.d.	n.d.
Kontrola / control	76,62 \pm 22,26	3,33 \pm 3,69 ab	8,93 \pm 3,09	n.d.	n.d.
4. rok / 4th year					
Substrát / substrate					
Rašelina / peat	80,64 \pm 14,42	18,48 \pm 14,48	12,22 \pm 3,47	0,95 \pm 0,29	0,46 \pm 0,13
R+P 2:1	89,49 \pm 11,44	9,76 \pm 11,48	13,86 \pm 4,38	1,11 \pm 0,24	0,53 \pm 0,12
R+P 1:1	77,98 \pm 10,8	21,59 \pm 11,09	13,55 \pm 3,50	1,11 \pm 0,20	0,53 \pm 0,10
Inokulácia / inoculation					
Ectovit	77,98 \pm 14,19	21,39 \pm 14,35	13,62 \pm 3,39	0,97 \pm 0,24	0,48 \pm 0,08
Inokulum / inoculum	82,37 \pm 12,87	16,99 \pm 13,05	14,11 \pm 3,86	1,02 \pm 0,30	0,49 \pm 0,14
Granule / beads	84,42 \pm 13,33	15,06 \pm 13,47	12,10 \pm 3,86	1,15 \pm 0,24	0,55 \pm 0,12
Kontrola / control	83,48 \pm 11,86	15,60 \pm 12,00	12,95 \pm 3,89	1,08 \pm 0,22	0,52 \pm 0,10

R – peat, P – perlite, n.d. – neurčované/not determined

Poznámka: V rámci variantu a parametra sú priemerné hodnoty označené rôznymi písmenami významne rozdielne (Tukeyov test, $P < 0,05$).

Note: Within the treatment and parameter, the mean values followed by different letter are significantly different (Tukey test, $P < 0.05$).

Významný rozdiel sa vyskytol po 3. roku pri neaktívnych mykoríznych korenkoch. Najvyššie hodnoty boli pozorované v čistej rašelini a vo variante s granulovým inokulom. Je viditeľný výrazný pokles nemykoríznych korenkov po štvrtom vegetačnom období v porovnaní s tretím vegetačným obdobím. Taktiež je možné vidieť výrazný nárast neaktívnych mykoríznych korenkov. Je to možné interpretovať deaktiváciou ektomykoríznych korenkov pôvodne aktívnych v predchádzajúcich vegetačných obdobiach.

V experimente REPÁČA et al. (2015) hubová inokulácia nestimulovala tvorbu ektomykoríz z dôvodu vplyvu prirodzene sa vyskytujúcich EKM húb, voči ktorým sa aplikované huby nedokázali presadiť, čo je možné konštatovať aj pre tento experiment. Pri určovaní Shannonovho indexu heterogenity sme vychádzali s prítomných morfortypov, pričom nebol zistený významný rozdiel a diverzita sa pohybovala na strednej úrovni. Taktiež nebol zistený významný rozdiel pri indexe druhovej vyrovnanosti, pričom sa vyrovnanosť pohybovala na strednej úrovni. VAARIO et al. (2009) vo svojej práci uvádza v lesnej škôlke nižšie hodnoty indexu heterogenity ako my, najmä pri variantoch s použitím minerálneho hnojiva. Tiež uvádza vyššiu hodnotu indexu druhovej vyrovnanosti pri substrátoch, ktoré boli vytvorené z viacerých súčastí a boli prihnojované organickým hnojivom.

ZÁVER

Umelá mykorizácia sadbového materiálu lesných drevín má čoraz väčší význam. Aplikácia mykoríznych prípravkov má potenciál prispieť k vypestovaniu kvalitnejšieho sadbového materiálu, schopného lepšie sa prispôsobiť nepriaznivým podmienkam prostredia, znížiť mortalitu a urýchliť odrastanie kultúr, a tým minimalizovať opätovné zalesňovanie. Úspešne mykorizovaný sadbový materiál má totiž schopnosť efektívnejšie prijímať vodu a živiny a lepšie odolávať chorobám.

V tejto práci prezentovaný pokus pozostával z hodnotenia sadeníc smreka obyčajného 1 a 2 roky po preškôlkovaní do minerálnej pôdy. Sadenice boli pred škôlkovaním pestované v čistej rašelini a v zmesi rašeliny s agroperlitom v objemovom pomere 2 : 1 a 1 : 1. Rastové substráty boli inokulované komerčným ektomykorízny prípravkom Ectovit a mycéliovým granulovým inokulom, pripraveným v laboratóriu. Hodnotili sme rast sadeníc a rozsah ektomykoríz na koreňoch, ktoré sme zatriedovali do morfortypov na základe morfológických charakteristík. Po treťom vegetačnom období dosahovali najvyššie rastové parametre sadenice inokulované Ectovitom, po štvrtom vegetačnom období vplyv tohto prípravku nebol taký výrazný. Účinok granulového inokula nebol významný. Najvyššie hodnoty rastových parametrov dosiahli sadenice smreka pestované v štádiu semenáčikov čistej rašelini.

Výsledky tohto experimentu potvrdili dôležitosť rastového substrátu pre rast sadeníc, tiež naznačili význam vzájomných interakcií substrátov a ektomykoríznych húb. Pre vypestovanie kvalitného sadbového materiálu je dôležité použiť substrát, ktorý umožní dostatočný rast a vývin mykoríznej symbiózy. Očakávaným účinkom aplikácie ektomykoríznych prípravkov nemôže byť stimulácia rastu semenáčikov, aj keď je to vítaný prínos inokulácie, ale biologická ochrana a zlepšenie ich fyziologickej kvality. Tento experiment sme uskutočnili v snahe prispieť k výberu vhodných ektomykoríznych húb, metód inokulácie, rastových substrátov a testovaniu prevádzkových podmienok produkcie mykoríznych sadeníc smreka obyčajného.

LITERATÚRA

- AGERER R., RAMBOLD G. (2004–2018): DEEMY – an information system for characterization and determination of ectomycorrhizae. Ludwig-Maximilians-Universität, München. Dostupné na: <<http://www.deemy.de>>, [cit. 20-04-2018].
- CASTELLANO M. A. (1996): Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji, K.G. (ed.) Concepts in mycorrhizal research. Dordrech: Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-90-481-4660-4, s. 223–301.
- CORRÊA A., STRASSER R.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A. (2006): Are Mycorrhiza Always Beneficial? *Plant and Soil*, 279: 65–73.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS J., TORRES P., SÁNCHEZ-GÓMEZ E. (2003): Mycorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton seedlings in two commercial nurseries. *Annals of Forest Science*, 60: 43–48.
- HEISKANEN J. (1995): Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. *New Forests*, 9: 3: 181–195.
- HEISKANEN J. (2013): Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. *New Forests*, 44: 1: 101–18.
- LAMBERS H., CHAPIN III. F. S., PONS T. (2008): *Plant Physiological Ecology* (2nd edition). Springer-Verlag, New York, 604 s., ISBN 978-0-387-78340-6.
- MARX D. H. (1991): The practical significance of ectomycorrhizae in forest establishment. In: Hägglund B. (ed.): Proceedings of the 7th the Marcus Wallenberg Foundation Symposium, Grycksbo, September 1991, Sweden: Strållins Tryckeri AB, s. 54–90.
- PIELOU E.C. (1975): *Ecological diversity*, Willey, New York, 132 s., ISBN 0471689254.
- PROLL G., HIETZ P., DELANEY C., KATZENSTEINER K. (2016): Substrate influences ecophysiological performance of tree seedlings. *Tree Physiology*, 36: 1: 39–53.
- 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., BALANDA M., VENCURIK J., KMEŤ J., KRAJMEROVÁ D., PAULE L. (2015): Effects of substrate and ectomycorrhizal inoculation on the development of two-years-old container-grown Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings. *iForest*, 8: 4: 487–496.
- REPÁČ I., SENDECKÝ M. (2016a): Quality of one-year-old bareroot Norway spruce seedlings grown in perlite-peat substrates inoculated with ectomycorrhizal fungi. In: Durlo G.B. (eds.) International Scientific Conference “Reforestation Challenges”. Zborník abstraktov, Kraków, 27.–29. 6. 2016, University of Agriculture in Krakow, ISBN 978-83-64758-37-9, s. 55–58.
- REPÁČ, I., SENDECKÝ, M. (2016b): Effects of substrate and inoculation by symbiotic fungi on the development of two-year-old Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings. In: Kacálek D. et al. (eds.): Funkce lesa v měnících se podmínkách prostředí. Sborník původních vědeckých prací, Opočno, 30.–31. 8. 2016, VÚLHM – VS Opočno, ISBN 978-80-7417-112-3, s. 43–48.
- RUDAWSKA M., LESKI T., TROCHA L., GORNOWICZ R. (2006): Ectomycorrhizal status of Norway spruce seedlings from bare-root forest nurseries. *Forest Ecology and Management*, 236: 2–3: 375–384.
-

- SHANNON C.E. (1948): A mathematical theory of communications. The Bell System Technical Journal, 27: 3: 379–423, 623–656.
- SMITH S.E., READ, D.J. (2008): Mycorrhizal symbiosis (3th edition). Academic Press, London, 787 s., ISBN 978-0-12-370526-6.
- TAMMI H., TIMONEN S., SEN R. (2001): Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus and nursery Sphagnum peat microcosms. Canadian Journal of Forest Research, 31: 5: 746–756.
- VAARIO L. M., 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: 1: 64–75.

Pod'akovanie

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej a Ing. M. Belkovi za technické práce, za finančnú podporu projektu APVV-0744-12 a projektu IPA 5/2018.

Priestorová štruktúra vybraných bukových pralesov Slovenska

The spatial structure of selected old-growth beech forests in Slovakia

MILAN SANIGA, DENISA SEDMÁKOVÁ*

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *denisa.sedmakova@tuzvo.sk

Abstract

The paper presents the results of the available production space filling with tree crowns according to stand layers in the old-growth beech forests Kyjov (period of 40 years) and Havešová (37 years) at various stages of the development cycle. In the Kyjov old-growth beech forest, the highest values of the total canopy cover (374.2%) and the growing space utilization (67.0%) were recorded at the grow-up stage. In Havešová (National Nature Reserve), the highest values were found in the break-down stage. The value of the total canopy cover was 213.4% and the utilization of the available growing space by tree crowns was 30.5%. The analysis of the selected indicators confirmed that the process of trees' natural dieback in the Kyjov old-growth beech forest is very slow and that the old-growth forest is stable at this stage of its entire development cycle.

Keywords: *beech, old-growth forest, growing space, canopy cover, spatial relationships*

Abstrakt

Príspevok prezentuje výsledky vyplňovania produkčného disponibilného priestoru korunami stromov podľa vrstiev v bukovom pralesi Kyjov (obdobie 40 rokov) a Havešová (37 rokov) v jednotlivých štádiách vývojového cyklu. V bukovom pralesi Kyjov bola zaznamenaná najväčšia hodnota plošného zápoja (374,2 %) a najväčšia hodnota využitia produkčného rastového priestoru (67,0 %) v štádiu dorastania. V NPR Havešová boli zistené najvyššie hodnoty v štádiu rozpadu. Hodnota plošného zápoja bola 213,4 % a produkčné využitie rastového disponibilného priestoru korunami stromov predstavovalo hodnotu 30,5 %. Rozbor ukazovateľov využitia produkčného priestoru korunami stromov potvrdil, že proces odumierania stromov v prípade bukového pralesa Kyjov je veľmi pozvoľný a prales je v tejto etape svojho celého vývojového cyklu stabilný.

Kľúčové slová: buk, prales, rastový priestor, plošný zápoj, priestorové vzťahy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Dynamika lesného ekosystému je vo všeobecnosti idealizovaná ako striedanie gradujúcich a degradujúcich štádií. Toto striedanie je zabezpečené tromi, do určitej miery nadväznými procesmi. Jedná sa o rast stromov, vedúci k akumulácii objemu biomasy, ich následné odumieranie, chápané ako postupný úbytok živej biomasy v lesnom ekosystéme, a v konečnom dôsledku regeneračné procesy, ktoré zabezpečujú prepojenie predošlých dvoch systémov, tzn. vlastné striedanie generácií prírodného lesa (PALUCH 2007). Lesnícky výskum zameraný

na štúdium dynamiky štruktúry prírodných spoločenstiev zaznamenal od čias prvých priekopníckych prác, tzn. od popisu štruktúry po analýzu a vplyv disturbancií na ich chovanie, značný pokrok (WATT 1947; MUELLER-DOMBOIS, ELLENBERG 1974; KORPEL 1989, 1995; MUELLER-DOMBOIS 1987; PEET, CHRISTENSEN 1987; OLDEMANN 1990; VEBLEN 1992). Časo-priestorový vývoj lesného ekosystému je charakterizovaný zmenou v populácii jedincov spôsobenou ich zrodom, rastom a smrťou. Tento proces vedie k neustálej zmene a vývoju priestorovej štruktúry rastlinného spoločenstva v čase a má rozhodujúci význam pre pochopenie dynamiky ekosystému (GRATZER et al. 2004). Jeden z najvýznamnejších základných kameňov výskumu časo-priestorovej dynamiky ekosystému položila práca WATTA (1947). V súčasnom období sa na popis časo-priestorovej dynamiky prírodných lesov používajú dva typy sukcesných, resp. vývojových schém. Dynamika lesných ekosystémov podľa WATTA (1925, 1947) má inú špecifikáciu vývojových štádií. Model vývojového cyklu prírodného lesa autor popisuje ako neustále striedanie vzrastajúcich a degradujúcich vývojových štádií. KORPEL (1995) potvrdil, že pre ekologickú stabilitu lesných ekosystémov okrem biologickej diverzity, druhovej a genetickej variability je dôležitá aj veková a priestorová štruktúra prírodného lesa. Pri interpretácii časovo-priestorovej dynamiky lesných ekosystémov sa okrem pozičných vzťahov polohy jednotlivých stromov posudzuje a matematicky popisuje aj vzťah využitia ich rastového priestoru korunami stromov. Celý proces akumulácie a úbytku živej biomasy okrem fyzického dožívania stromov, resp. iniciovania disturbančnými procesmi je determinovaný konkurenciou korún stromov v produkčnom disponibilnom priestore pralesa. Dôležitým poznatkom je nutnosť dynamického prístupu k sledovaniu a hodnoteniu priestorovej štruktúry lesných ekosystémov vzhľadom k ekologickej stabilite a jej zložkám (ČABOUN 2000). Dynamika zmeny objemu korún stromov a rozdielne vyplňovanie rastového priestoru sú dané vývojovým štádiom pralesa a pôdnymi pomermi (SANIGA 2002, 2003; SANIGA, SKLENÁR 2003).

Cieľom príspevku je prezentácia poznatkov o zmene využitia disponibilného rastového priestoru korunami stromov v jednotlivých vývojových štádiách podľa vrstiev v bukových pralesoch Havešová a Kyjov vo vektore času.

MATERIÁL A METODIKA

Pralesová rezervácia Vihorlat-Kyjov s výmerou 53,4 ha sa nachádza v severozápadnej časti Vihorlatu pod vrcholom Kyjova v nadmorskej výške 700–820 m, na miernom svahu severnej a severozápadnej expozície. Priemerná ročná teplota je 6 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 750–800 mm, dĺžka vegetačnej doby 190–200 dní s priemernou teplotou 13,5 °C. Geologické podložie tvorí andezit. Pôdny typ je hnedá lesná pôda, pôda piesočnato-hlinitá, dobre zásobená základnými živinami, hlboká. Zo skupín lesných typov silne prevažuje *Fagetum pauper* (KORPEL 1989). V roku 1963 boli založené 3 trvalé výskumné plochy (TVP) s rozmermi 71 × 70 m (0,5 ha). TVP 1 sa nachádza v pokročilej fáze štádia rozpadu. TVP 2 sa nachádza v štádiu optima. TVP 3 je klasifikovaná ako plocha v počiatkovej fáze štádia dorastania. Na TVP boli stabilizované trazekty 10 × 70 m. Merania sa uskutočnili na trazektoch v roku 1973 a 2013.

Národná prírodná rezervácia Havešová s výmerou 171,32 ha sa nachádza v Bukovských vrchoch. Prales sa nachádza v nadmorskej výške 500–650 m, v pásme krosnenského flyšu v súvrství vrchného eocénu. Pôda je kambizem mezotrofná, stredne hlboká, skeletnatá, slabo humózna. Priemerný úhrn ročných zrážok je 700–800 mm, vo vegetačnej dobe 450–500 mm,

s priemernou ročnou teplotou 7 °C. Zo skupín lesných typov silne prevažuje *Fagetum pauper* (KORPEE 1989). V roku 1979 boli v pralese založené 3 trvalé výskumné plochy (TVP), každá s rozmermi 71 × 70 m (0,5 ha). TVP 1 sa nachádza v počiatočnej fáze štádia dorastania, TVP 2 v počiatočnej fáze štádia optima a TVP 3 v počiatočnej fáze štádia rozpadu. Na TVP boli stabilizované tranzekty 10 × 70 m. Merania v skúmaných pralesoch sa uskutočnili na tranzektoch v roku 1979 a 2016.

Biometrické znaky merané na tranzektoch:

- vektory rozmiestnenia stromov hrubších ako 7 cm x, y s presnosťou na 0,1 m,
- hrúbka $d_{1,3}$ živých stromov s presnosťou na 1 mm,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m,
- projekcia korún stromov x_1-x_4 s presnosťou na 0,1 m.

Pri výpočte produkčného využitia rastového disponibilného priestoru tranzektu sa vychádza z objemu kvádra, ktorý bol daný priemernou výškou 10 % najvyšších úrovňových stromov, plochou tranzektu 700 m² a objemom korún stromov na tranzekte. Podelením objemu korún stromov na tranzekte ku objemu kvádra tranzektu sa získala hodnota využitia disponibilného rastového priestoru. Z vertikálneho priemetu korún stromov na tranzekte, ktoré pokrývajú plochu tranzektu sa vypočítal stupeň clonenia.

Objem korún pre listnaté sa počítal podľa vzorca JURČA (1968):

$$C_K = \frac{\pi}{8} * b^2 * l$$

kde: b – je šírka koruny

l – dĺžka koruny

VÝSLEDKY

Bukový prales Kyjov

Dynamiku zmeny vyplňovania produkčného priestoru pralesa Kyjov za obdobie 40 rokov popisuje Tab. 1. Z hľadiska plošného zápoja pralesa na TVP 1, ktorá reprezentuje štádium rozpadu, možno konštatovať, že za sledované obdobie 40 rokov sa jeho celková hodnota bez prihliadania na vrstvy zvýšila viac než dvojnásobne. Hodnoty tohto ukazovateľa potvrdili, že v jednotlivých vrstvách došlo ku ich výraznému nárastu. Najvýznamnejší vzostup nastal v dolnej vrstve, kde hodnota 31,1 % (rok 1973) sa zvýšila v roku 2013 na 135,6 %. Zvýšila sa aj hodnota plošného zápoja v strednej vrstve prakticky o viac ako 100 %. Hodnota tohto ukazovateľa mierne stúpala aj v hornej vrstve pralesa. Zmena hodnôt v jednotlivých vrstvách potvrdila, že proces odumierania buka je veľmi pozvoľný a plynulý a vyplňovanie priestoru korunami stromov je pomerne dynamické. Podobnú tendenciu sme zaznamenali v otázke využitia produkčného disponibilného priestoru pralesa korunami stromov buka. V dolnej vrstve pralesa sa uvedená hodnota zvýšila viac ako štvornásobne. Ešte intenzívnejšie sa prejavilo vyplňovanie tohto priestoru v strednej vrstve pralesa. Jedince buka aj napriek svojmu vysokému veku zareagovali aj v hornej vrstve pralesa zvýšením objemu korún.

Tab. 1: Využitie disponibilného priestoru a plošný zápoj podľa vrstiev a rokov merania v NPR Kyjov.**Tab. 1:** Growing space utilization and total canopy cover according to tree layers and years of inventory in NNR Kyjov.

Rok merania year of inventory	Vrstva layer	TVP 1		TVP 2		TVP 3	
		PZ [%]	VDP [%]	PZ [%]	VDP [%]	PZ [%]	VDP [%]
1973	dolná / lower	31,1	1,8	5,8	0,3	64,2	4,6
	stredná / middle	15,7	2,4	57,0	6,6	17,8	2,9
	horná / upper	106,1	21,2	113,1	20,9	88,0	19,6
	spolu / total	152,9	25,4	176,0	27,7	170,0	27,1
2013	dolná	135,6	8,7	7,4	0,4	90,7	6,6
	stredná	65,6	12,4	10,2	1,2	120,4	17,0
	horná	128,7	38,3	131,0	32,9	163,0	43,4
	spolu	329,9	59,5	148,6	34,5	374,2	67,0

PZ – plošný zápoj / canopy cover, VDP – využitie disponibilného priestoru / growing space utilization

Štruktúra vyplňania disponibilného rastového priestoru na TVP 2, ktorá predstavuje vývojové štádium optima, má iný charakter (Tab. 1). Dolná vrstva pralesa na tejto TVP sa za obdobie 40 rokov z pohľadu plošného zápoja významne nezmenila. V roku 1973 bola hodnota tohto ukazovateľa 5,8 %. Za obdobie 40 rokov stúpila mierne na hodnotu 7,4 %. Príčina je výrazné zahustenie hornej vrstvy korunami stromov, čím sa mení svetelný režim v dolnej vrstve, ktorej jedince majú nepriaznivé podmienky na rastovú reakciu, ktorá je sprevádzaná aj ich mortalitou. Takáto ekologická situácia redukuje regeneračné procesy, rast a rozvoj jedincov v tejto vrstve. Nepriaznivá ekologická situácia je aj v strednej vrstve. Výsledkom nepriaznivých ekologických pomerov je mierne vyprázdňovanie tohto priestoru jedincami buka, s následným poklesom ich plošného zápoja. Pri hodnotení využitia produkčného priestoru pralesa korunami stromov sa táto tendencia prejavila ešte viac. Objem hornej vrstvy pralesa za obdobie 40 rokov bol vyplnený korunami stromov na 32,9 % v roku 2013, zatiaľ čo v roku 1973 bola táto hodnota na úrovni 20,9 %. Dynamika presunu jedincov buka a zahustenie hlavne hornej vrstvy pralesa na tejto pokusnej ploche potvrdzuje skutočnosť, že plocha sa nachádza vo vývojovom štádiu optima.

Dynamika zmien posudzovaných ukazovateľov je výrazná aj na TVP 3, ktorá reprezentuje vývojové štádium dorastania (tab. 1). Plošný zápoj sa v dolnej vrstve pralesa na tejto ploche zvýšil z hodnoty 64,2 % zistenej v roku 1973 na hodnotu 90,7 %. Pri porovnaní všetkých troch pokusných plôch, je tento ukazovateľ najvyšší. Ešte vyšší nárast plošného zápoja bol zaznamenaný v strednej vrstve. V roku 1973 mal hodnotu 17,8 %. V roku 2013 bola zistená hodnota tohto ukazovateľa 120,4 %, čo predstavuje nárast o viac ako 600 %. Zväčšenie tohto ukazovateľa bolo zaznamenané aj v hornej vrstve, kde sme v roku 2013 zistili hodnotu až 163 %. Pri hodnotení sumárneho objemu korún stromov v produkčnom priestore pralesa bolo zaznamenané najväčšie zvýšenie hodnôt v strednej a hornej vrstve. Celková hodnota využitia disponibilného priestoru korunami stromov sa zvýšila z hodnoty 27,1 % na 67,0 %. Ukazovatele produkčného využitia rastového priestoru potvrdili ich najväčší nárast vo vývojovom štádiu dorastania a rozpadu, čo korešponduje s ekologickými nárokmi buka na svetlo.

Bukový prales Havešová

Rozbor štruktúry ukazovateľov produkčného využitia disponibilného rastového priestoru v bukovom pralesi Havešová potvrdil nižšie hodnoty vo všetkých vývojových štádiách v porovnaní s NPR Kyjov (tab. 2). Na TVP 1, ktorá predstavuje vývojové štádium dorastania sa hodnoty plošného zápoja za obdobie 37 rokov v jednotlivých vrstvách rozdielne zmenili. Dolná vrstva pralesa zvýšila hodnotu plošného zápoja skoro o 100 %. Na strane druhej, jedince buka v strednej vrstve znížili hodnotu tohto ukazovateľa za sledované obdobie o 22,2 %. Mierny nárast hodnoty plošného zápoja bol zaznamenaný v hornej vrstve. Pri analýze celkovej hodnoty tohto ukazovateľa za obdobie 37 rokov sa jeho hodnota zvýšila na 213,4 %. Využitie produkčného disponibilného priestoru korunami stromov v tomto vývojovom štádiu zaznamenalo za sledované obdobie mierny pokles. Celková hodnota, ktorá v roku 1979 bola na úrovni 30,5 % poklesla v roku 2016 na hodnotu 29,4 %

Významný pokles v plošnom zápoji bol zaznamenaný na TVP 2, ktorá bola klasifikovaná ako vývojové štádium optima. Celková hodnota tejto veličiny bola v roku 1979 zistená 190,3 %, v roku 2016 klesla na hodnotu 143,0 %. Z hľadiska využitia jednotlivých vrstiev v produkčnom disponibilnom priestore bolo zaznamenané zvýšenie hodnoty v dolnej vrstve, stredná vrstva ostala približne na tej istej hodnote. Plošný zápoj v hornej vrstve sa v roku 2016 znížil na hodnotu 75 %. Stav štruktúry poukazuje na zmenu vývojového štádia smerom ku rozpadu. Na TVP 3 zmena hodnôt plošného zápoja a produkčného využitia disponibilného rastového priestoru predstavuje vývojové štádium rozpadu. Celková hodnota plošného zápoja za sledované obdobie poklesla z hodnoty 185,6 % na 138,8 %. Na jej znížení sa najviac podieľala horná vrstva. Podobná tendencia sa potvrdila pri využití produkčného priestoru pralesa korunami stromov. Hodnota celkového využitia rastového priestoru sa za 37 rokov znížila na 20,2 % s poklesom hodnôt vo všetkých vrstvách pralesa.

Tab. 2: Využitie disponibilného priestoru a plošný zápoj podľa vrstiev a rokov merania v NPR Havešová.

Tab. 2: *Growing space utilization and total canopy cover according to tree layers and years of inventory in NNR Havešová.*

Rok merania year of inventory	Vrstva layer	TVP 1		TVP 2		TVP 3	
		PZ [%]	VDP [%]	PZ [%]	VDP [%]	PZ [%]	VDP [%]
1973	dolná / lower	43,1	2,4	17,5	0,9	51,6	2,5
	stredná / middle	35,2	4,4	26,2	2,6	27,7	3,5
	horná / upper	110,8	23,8	146,6	31,2	106,3	21,4
	spolu / total	189,1	30,5	190,3	34,7	185,6	27,3
2013	dolná	80,6	1,7	40,8	1,2	48,2	1,6
	stredná	13,0	1,6	26,7	3,4	11,7	1,3
	horná	119,8	26,1	75,5	17,1	79,0	17,3
	spolu	213,4	29,4	143,0	21,7	138,8	20,2

PZ – plošný zápoj / canopy cover, VDP – využitie disponibilného priestoru / growing space utilization

DISKUSIA A ZÁVER

Dynamický prístup k zisťovaniu a hodnoteniu vertikálnej štruktúry lesných ekosystémov a jej vplyv na ich ekologickú stabilitu má svoj vzor v priestorovej štruktúre jednotlivých vývojových štádií a fáz vývojových cyklov prírodných lesov (ČABOUN 2000). Plošný zápoj a produkčné využitie disponibilného rastového priestoru pralesa korunami stromov sú

priestorové ukazovatele, ktoré charakterizujú nepriamo ekologické podmienky pre jeho regeneračné procesy, ekologickú stabilitu a zároveň indikujú podmienky pre dynamiku rastu, resp. poklesu objemu biomasy. Zmena týchto ukazovateľov v jednotlivých vývojových štádiách pralesa pri drevine buk, ktorá sa radí medzi svetlo výrazne tolerantné dreviny, môže byť vhodným indikátorom pre stanovenie hraničných hodnôt nielen pre dynamiku jeho regeneračných procesov, ale aj pre variačné rozpätie týchto hodnôt v rámci vývojových štádií. Hodnoty, ktoré boli v pralese Kyjov zistené, sú v porovnaní s bukovými pralesmi Rožok, Havešová (SANIGA 2002, 2003) a bukového pralesa Oblík (SANIGA, SKLENÁR 2003) vyššie. Podobný záver môžeme vysloviť ak porovnáme tieto ukazovatele s bukovým pralesom v NPR Skalná alpa, ktorý sa nachádza na hornej hranici jeho rozšírenia. Vo všetkých troch vývojových štádiách je najviac vyplnený korunami stromov priestor hornej vrstvy, pričom celková hodnota tohto ukazovateľa je významne nižšia ako pri bukových pralesoch Kyjov a Havešová (SANIGA et al. 2013). Dôvodom je hlavne podstatne kratšia vegetačná doba a krajne nepriaznivé podmienky pre drevinu buk, nakoľko sa jedná o hornú hranicu jeho rozšírenia. Ak porovnáme tieto hodnoty s hodnotami vo výberkových lesoch Slovenska, ktoré majú drevinové zloženie tvorené smrekom a jedľou, možno konštatovať podobné ukazovatele (SANIGA, SZANYI 1998).

LITERATÚRA

- ČABOUN V. (2000): Priestorová štruktúra lesa a jej vplyv na ekologickú stabilitu. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 46: 1: 15–36.
- GRATZER G., CANHAM C., DIECKMANN U., FISCHER A., IWASA Y., LAW R., LEXER M. J., SANDMANN H., SPIES T. A., SPLECHTNA B. E., SZWAGRZYK J. (2004): Spatio-temporal development of forests current trends in field methods and models. *Oikos*, 107: 3–15.
- JURČA J. (1968): Pěstební analytika. SPN, Praha, 304 s.
- KORPEL Š. (1989): Pralesy Slovenska. Veda SAV, Bratislava, 332 s., ISBN 80-224-0031-9.
- KORPEL Š. (1995): Die Ürwälder der Westenkarpaten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 330 s., ISBN 3-437-30702-9.
- MUELLER-DOMBOIS D. (1987): Natural dieback in forests. *Journal of Biosciences*, 37: 8: 575–583.
- MUELLER-DOMBOIS D., ELLENBERG H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York, 570 s., ISBN 0-471-62290-7.
- OLDEMANN R. A. A. (1990): Forests: Elements of Silvology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 624 s., ISBN 0-387-51883-5.
- PALUCH J. G. (2007): The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.) – silver fir (*Abies Alba* Mill.) forest: A patch – mosaic perspective. *Forest Ecology and Management*, 253: 161–171.
- PEET R. K., CHRISTENSEN N. L. (1987): Competition and tree death. *Journal of Biosciences*, 37: 8: 586–595.
- 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 v NPR Havešová. *Ochrana prírody*, 22: 131–140.

- SANIGA M., SZANYI O. (1998): Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska. Vedecké štúdie 4/1998, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 50 s.
- SANIGA M., SKLENÁR P. (2003): Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Oblík. In: Žihlavník Š. et al. Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia XLV-2003: Technická univerzita, Zvolen, s. 187–198.
- SANIGA M., ZRAK J., PITTNER J., BALANDA M. (2013): Štruktúra, produkcia, regeneračné procesy a disturbančný režim prírodného lesa v NPR Skalná Alpa. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 68 s., ISBN 978-80-228-2447-7.
- VEBLEN T.T. (1992): Regeneration dynamics. In: Glenn-Lewin, D.C. et al. (eds.): Plant Succession, Theory and Prediction. Chapman and Hall, London, s. 152–187., ISBN 0-412-26900-7.
- WATT A.S. (1925): On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. Part II, sections II and III: The development and structure of beech communities on the Sussex Downs (continued). *Journal of Ecology*, 13: 27–73.
- WATT A.S. (1947): Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 35: 1–22.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0014.

Topole (*Populus* sp.) – rastová charakteristika výsadiieb autochtónnych druhov v Arboréte Borová hora technickej univerzity vo zvolene

*Poplars (*Populus* sp.) – growth characteristic of autochthonous tree species in Arboretum Borová hora Technical University in Zvolen*

IVANA SARVAŠOVÁ*¹, IVAN LUKÁČIK²

¹Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene, Borovianska cesta 66, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, *ivana.sarvasova@tuzvo.sk

²Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa Technickej univerzity vo Zvolene, lukacik@tuzvo.sk

Abstract

*The paper assesses growth characteristics of *Populus alba* L., *Populus xcanescens* (Ait.) J. E. Sm., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L. They were evaluated 69 individual pieces of native origins different localities of Slovakia and Czech Republic.*

*Poplars plantations were evaluated in six stands formations (3b, 5a, 5b, 5d, 9b, 9e) with various ecological conditions for their growth. Origins of *Populus nigra* were achieved adequate height, diameter $d_{1,3}$ and height of crown placing in relation of tree individuals age and with their position in stand. The measurement results of dendrometrical characteristics were significant differences in height, diameter $d_{1,3}$ and height of crown placing mainly for poplars origins in the stand formation 5b. The highest average of height value was achieved white poplar origin (Lelská Sihot', 36.42 m). The largest average value $d_{1,3}$ was achieved gray poplar origin (Šamorín, 105.5 cm) and the highest average of height of crown placing was achieved gray poplar origin (Šul'any, 11.03 m). Healthy states of evaluated origins were acceptable. Only in case European aspen was large loss of assimilation organs observed.*

Key words: *Populus* sp., autochthonous tree species, ecological demands, Arboretum Borová hora

Abstrakt

V práci sú hodnotené rastové charakteristiky *Populus alba* L., *Populus xcanescens* (Ait.) J. E. Sm., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L. Hodnotených bolo 69 jedincov prirodzených pôvodov z rozličných lokalít Slovenska a Českej republiky, vysadených v arboréte.

Výsadby topoľov boli hodnotené v šiestich porastoch (3b, 5a, 5b, 5d, 9b, 9e) s rozličnými ekologickými podmienkami. Pôvody topoľa čierneho dosahovali zodpovedajúce výšky, hrúbky a priemety korún vzhľadom na ich vek a postavenie v poraste. Výsledky meraní dendrometrických znakov poukázali na významné rozdiely vo výške, hrúbke kmeňov stromov a výške nasadenia korún hlavne v poraste 5b. Najvyššiu priemernú hodnotu výšky dosiahol pôvod topoľa bieleho

z Lelskej Sihoti – 36,42 m, najhrubšiu priemernú hodnotu $d_{1,3}$ topoľ sivý zo Šamorína – 105,5 cm a najvyššiu priemernú výšku nasadenia koruny topoľ sivý zo Šulian – 11,03 m. Zdravotný stav hodnotených pôvodov je v uspokojivý s výnimkou pôvodov topoľa osikového, kde sme zaznamenali väčšiu stratu asimilačných orgánov.

Kľúčové slová: *Populus* sp., autochtónne druhy, ekologické nároky, Arboretum Borová hora

ÚVOD

Rod *Populus* sp. zahŕňa 35–40 druhov opadavých topoľov, vyskytujúcich sa pôvodne len na severnej pologuli (ROLOFF, BÄRTELS 1996). V Európe sú najviac zastúpené štyri pôvodné druhy: *Populus alba* L., *Populus ×canescens* (Ait.) J. E. Sm., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L. (PAGAN 1987). Topole patria medzi rýchlorastúce a krátkoveké dreviny, ktoré v určitých podmienkach plnia významnú priekopnícku úlohu. Vo vhodných ekologických podmienkach dosahujú na území Slovenska úctyhodné rozmery (topoľ biely v Strážskom, v povodí rieky Laborec mal vo veku 200 rokov obvod 12,60 m a priemer $d_{1,3}$ 401 cm, MAXIM 1998). Kvôli ich rýchlemu rastu sa už v 19. a 20. storočí vytvorili rozsiahle šľachtiteľské programy topoľov v mnohých európskych krajinách. Do pôvodného genómu európskych topoľov sa vnášali severoamerické druhy, predovšetkým *Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh. a *Populus balsamifera* L., z dôvodu zvýšenia prirastavosti, produkcie drevnej hmoty, ale tiež odolnosti k prísuškom a biotickým škodcom u novovzniknutých hybridov. Okrem vedecky riadených programov šľachtenia topoľov vzniklo aj množstvo spontánnych hybridov, ktoré sa nekontrolovateľne šírili a šíria v ekosystémoch vhodných pre autochtónne druhy topoľov (napr. *P. ×canadensis* Moench.).

Od roku 1994 prebieha program na záchranu pôvodných európskych topoľov EUFORGEN *Populus nigra* Network a EUFORGEN *Populus alba* Network, v rámci ktorých sa napr. v Českej republike zaevidovalo len 200 jedincov autochtónneho *Populus nigra* v siedmich identifikovaných oblastiach (BENETKA, DUBSKÝ 1998). Zber diaspór z autochtónnych topoľov bol zahájený vo viacerých európskych krajinách, s cieľom vytvorenia matečníc a klonových archívov, najmä topoľa čierneho za účelom porovnávania morfológických znakov druhu z rôznych územných celkov Európy. Veľký dôraz popri zachovávaní topoľov *ex situ* sa kladie na zachovanie autochtónnych druhov *Populus* sp. *in situ*. Ide najmä o záchranu pôvodných lužných ekosystémov, resp. ciele usmerňovanie, reguláciu a úpravu podmienok na stanovištiach, na ktorých je prirodzená regenerácia druhu obmedzená. V takýchto podmienkach sú nevyhnutné úpravy brehových ekosystémov tak, aby sa vytvorili možnosti pre prirodzené zmladenie. Zámerom spolupráce IPGRI (Medzinárodný ústav pre rastlinné genetické zdroje), lesníckej sekcie FAO a programu EUFORGEN je vytvoriť sieť prirodzených a obhospodarovaných jednotiek *in situ*, zahŕňajúcich prirodzené genetické zdroje v rámci pôvodného areálu rozšírenia topoľa čierneho (SLOVÁČEK 2004) tak, aby nedochádzalo k jeho genetickej erózií (ELIÁŠ, 2011).

Hoci topoľ biely (*Populus alba* L.) nepatrí k hospodársky významným druhom lesných drevín, jeho výskyt a úloha v ekosystémoch má multifunkčný význam. Zachytáva a zmiernuje pôsobenie exhalátov, reguláciu mikroklimy, zlepšovanie štruktúrálnej a biologickej diverzity v poľnohospodárskej krajine a v kontaktných (agro-lesných) spoločenstvách. Jeho populácie

sú kriticky ohrozené najmä destabilizáciou pôd a znižovaním hladiny podzemných vôd (CAUDULLO, DE RIGO 2016).

Topoľ čierny (*Populus nigra* L.) je významný hospodársky druh drevín, s podobným významom v lužných ekosystémoch ako topoľ biely. Je však vysoko cenený z pohľadu využitia v šľachtiteľských programoch ako jeden z rodičov (DE RIGO et al. 2016) vznikajúcich hybridných topoľov (*Populus ×euroamericana* (Dode) Guinier, syn. *P. ×canadensis* Moench.). Hybridy sú využívané v lignikultúrach, silvikultúrach a energetických porastoch, na Slovensku podľa určenej smernice na *Pestovanie topoľov a vrb* z roku 2002 (BARTKO 2011).

Topoľ osikový – osika (*Populus tremula* L.) je druh mierneho a boreálneho pásma Eurázie. Z pôvodných druhov topoľov sa dožíva najnižšieho veku, s maximálnym prírastkom kulminujúcim vo veku 30 rokov. Na pôdne podmienky je nenáročný, dobre znáša sucho a mráz, zvýšené nároky má na svetlo – je najsvetlomilnejší z topoľov. Prírodným hybridom topoľa osikového a bieleho je topoľ sivý (*Populus ×canescens* (Ait.) J. E. Sm.), ktorý je v raste najdynamickejší v porovnaní so základnými druhmi. Topoľ osikový a topoľ sivý sú východiskovými drevinami pre šľachtenie ďalších hybridných topoľov, najmä so severoamerickým (*Populus tremuloides* Michx.). Tieto sú využívané v širokej škále pestovania na plantážach práve pre svoju vitalitu a rýchly rast (CAUDULLO, DE RIGO 2016).

V Arboréte Borová hora je na rôznych miestach (porastoch) vysadených viacero pôvodov rodu *Populus* sp., ktoré neboli doteraz podrobnejšie hodnotené. Cieľom práce je porovnať základné rastové charakteristiky a posúdiť ich celkovú vitalitu v podmienkach arboréta.

MATERIÁL A METÓDY

Východiskový materiál v predkladanej práci sa získal hodnotením pôvodných druhov topoľov vysadených v areáli Arboréta Borová hora. Celkovo sa hodnotilo 69 jedincov, pričom každý z nich je predmetom samostatného vyhodnocovania a pozorovania. Klimatické charakteristiky lokality sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1: Klimatické údaje Arboréta Borová hora (LUKÁČIK et al. 2005).

Tab. 1: Climate data of Arboretum Borová hora (LUKÁČIK et al. 2005).

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

¹locality, ²altitude, ³annual temperature average, ⁴temperature average in vegetation period, ⁵annual precipitation average, ⁶precipitation average in vegetation period

Tab. 2: Základné údaje o vysadených pôvodoch topoľov (*Populus* sp.) vysadených v Arborete Borová hora.**Tab. 2:** Basic data of poplars (*Populus* sp.) origins planted in Arboretum Borová hora.

Druh ¹	Ev. č. ²	Porast ³	Výsadba ⁴	Pôvod ⁵	Nadmorská výška [m] ⁶	Koordináty ⁷	Pozn. ⁸
<i>Populus alba</i>	2506	3b	11/1981	Laborecká vrchovina	340	N 49° 02' 30" E 19° 09' 00"	pastvisko, semeno
	2342	5b	04/1979	Podunajská rovina ostrov Lelská Sihot'	110	N 47° 45' 00" E 17° 56' 00"	odrezky
	2343	5b	04/1979	Podunajská rovina Baka	117	N 47° 53' 00" E 17° 31' 00"	v. st. č. 4, odrezky
<i>Populus ×canescens</i>	2344	5b	04/1979	Podunajská rovina Šulány	119	N 47° 56' 00" E 17° 26' 00"	v. st. č. 6, odrezky
	2345	5b	04/1979	Borská nížina Vysoká pri Morave	144	N 48° 18' 30" E 16° 54' 30"	v. st. č. 10, odrezky
	2346	5b	04/1979	Latorická rovina Veľké Kapušany	105	N 48° 29' 00" E 22° 06' 00"	v. st. č. 12, odrezky
	2530	5b	05/1982	Podunajská rovina Šamorín	119	N 48° 00' 00" E 17° 17' 00"	v. st. č. 25, odrezky
	<i>Populus nigra</i>	2347	5b	04/1979	Liptovská kotlina Ivachnová	500	N 49° 04' 30" E 19° 24' 00"
2348		5b	04/1979	Nitrianska pahorkatina Vinohrady	110	N 48° 19' 00" E 17° 45' 00"	v. st. č. 75, odrezky
2349a		5b	04/1979	Podunajská rovina Baka	110	N 47° 53' 00" E 17° 31' 00"	v. st. č. 62, odrezky
2350		5b	04/1979	Podunajská rovina Baka	110	N 47° 53' 00" E 17° 31' 00"	v. st. č. 63, odrezky
2353		5b	04/1979	Brno, Lužánky	200	N 49° 12' 00" E 16° 37' 00"	odrezky
2354		5b	04/1979	Brno, Lužánky	200	N 49° 12' 00" E 16° 37' 00"	samičí j. odrezky
2355		5b	04/1979	Brno, Lužánky	200	N 49° 12' 00" E 16° 37' 00"	samičí j. odrezky
<i>Populus tremula</i>	2432	5a	03/1981	Volovské vrchy Štós, Pipitka	540	N 48° 40' 30" E 20° 47' 00"	očkovanie
	2433	5d	03/1981	Stolické vrchy Stolica, Švirgulová	610	N 48° 45' 00" E 20° 06' 00"	v. st. č. 37, očkovanie
	2434	9e	03/1981	Stolické vrchy Stolica	620	N 48° 45' 00" E 20° 06' 00"	očkovanie
	2359	9b	04/1979	Stolické vrchy Stolica, Švirgulová	610	N 48° 45' 00" E 20° 06' 00"	v. st. č. 50, očkovanie

¹tree species, 2) evidence number, 3) stand, 4) date of planting, 5) origin, 6) altitude, 7) coordinates, 8) note

* v. st. – výberový strom (selected tree)

Jednotlivé pôvody topoľov boli vysadené v šiestich porastoch (Tab. 2). Ich geologická a pedologická charakteristika je nasledovná:

Porast 3b – travertín a svahoviny travertínu, pararendziny.

Porast 5a – svahoviny tuftického materiálu so vsuvkami diatomických a montmorillonitických ílov s prímiesou sprašovej hliny, kambizeme, luvizeme.

Porast 5b – stredozrné aluviálne náplavy Hrona, fluvizeme.

Porast 5d – svahoviny tufitického materiálu so vsuvkami diatomických a montmorillonitických ílov s prímiesou sprašovej hliny, gleje a luzizeme.

Porast 9b – svahoviny tufitického materiálu s väčšou prímiesou kremitých štrkov, kambizeme.

Porast 9e – svahoviny tufitického materiálu a podložného kaolinizovaného andezitového tufu, kambizeme.

Hodnotenie a meranie jedincov topoľov prebiehalo v roku 2017, s výnimkou troch pôvodov (ev. č. 2347, 2348 a 2530), ktoré boli merané v roku 2014 z dôvodu ich nevyhnutnej sanácie (možné ohrozenie železničnej trate). Na vyhodnotenie premenlivosti a rastových charakteristík skúmaných jedincov boli použité nasledovné metodické postupy:

Hodnotenie habitu:

1. kvantitatívne charakteristiky:

- a) výška (m) s presnosťou na 0,1 m,
- b) hrúbka (cm) s presnosťou na 0,1 cm vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$), dve na seba kolmé merania,
- c) výšku nasadenia koruny (m) s presnosťou na 0,1 m.

2. stupeň defoliácie SAO (%), podľa PAVLENDÁ et al. (2014)

- stupeň 0: 0–10 % bez defoliácie
- stupeň 1: 11–25 % slabo defoliované
- stupeň 2: 26–60 % stredne defoliované
- stupeň 3: 61–99 % silne defoliované
- stupeň 4: 100 % odumierajúce a mŕtve stromy

Získané hodnoty biometrických znakov boli spracované základnými štatistickými metódami, kde sa vypočítali aritmetické priemery výšok, hrúbok ($d_{1,3}$) a výšky nasadenia korún, smerodajné odchýlky, variačné koeficienty pre vysadené pôvody druhov topoľov. Na posúdenie vplyvu pôvodu na rast jedincov *Populus* sp. v poraste 5b bola použitá jednofaktorová analýza variancie, rozdiely medzi biometrickými charakteristikami jednotlivých pôvodov boli overované Duncanovým testom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rastové charakteristiky získané meraním jedincov topoľov sú uvedené v Tab. 3. Ide o kontinuálne hodnotenie rastových charakteristík v arboréte, ktoré môže byť ovplyvnené umiestnením konkrétneho jedinca v rámci ostatných výsadiel v danom poraste.

Vek hodnotených druhov topoľov je približne rovnaký, keďže ich výsadby sa uskutočnili v rokoch 1979–1982. Za najmenej priaznivé stanovište z hľadiska obsahu živín možno považovať porast 5b, ktorý je tvorený štrkovými náplavami rieky Hron. Ide však súčasne o porast dobre zásobený podzemnou vodou s každoročne sa opakujúcimi jarnými záplavami (7–10 dní). V ostatných porastoch, v ktorých sú vysadené hodnotené jedince topoľov, sú pôdy suchšie, ale bohatšie na živiny. Najsuchším je porast 3b, kde hodnotené topole biele rastú na úpätí travertínovej kopy.

Tab. 3: Základné štatistické charakteristiky jednotlivých pôvodov topoľov (*Populus* sp.).**Tab. 3:** Basic statistical characteristics of poplars (*Populus* sp.) origins.

Druh ¹	Ev. čís. ²	Por. ³	Poč. jed. ⁴ [ks]	\bar{x} V ⁵ [m]	\bar{x} H ⁶ [cm]	\bar{x} N ⁷ [m]	sd ⁸			vc ⁹ [%]		
							V	H	N	V	H	N
<i>Populus alba</i>	2506	3b	2	21,40	58,58	3,20	1,20	9,93	1,84	16,94	5,61	57,45
	2342	5b	5	36,42	65,70	6,50	2,04	5,56	2,69	95,34	92,86	81,25
<i>Populus ×canescens</i>	2343	5b	4	35,10	65,71	6,68	0,96	9,67	2,26	2,73	14,72	33,87
	2344	5b	4	35,73	73,79	11,03	1,23	4,33	4,15	3,44	5,87	37,64
	2345	5b	4	25,75	47,66	2,90	4,89	8,04	1,18	18,98	16,86	40,81
	2346	5b	5	21,56	40,30	2,90	1,40	3,41	0,56	6,52	8,46	19,19
	2530*	5b	5	34,40	105,50	3,20	1,52	12,70	0,29	4,41	12,03	9,11
<i>Populus nigra</i>	2347*	5b	3	27,47	51,11	3,23	1,97	10,90	0,31	95,37	82,36	92,4
	2348*	5b	2	28,75	49,10	4,90	1,06	4,38	0,42	8,92	3,69	8,65
	2349	5b	2	33,60	61,85	3,50	6,08	21,21	0,56	18,09	34,30	16,16
	2350	5b	4	35,63	52,40	4,90	4,83	5,63	1,19	13,55	10,75	24,31
	2353	5b	4	32,43	51,25	3,45	1,56	9,14	0,46	4,81	17,84	13,49
	2354	5b	5	34,88	56,29	3,38	1,53	6,48	0,58	4,40	11,52	17,43
	2355	5b	5	35,92	56,83	2,66	2,81	6,14	0,80	7,83	10,81	29,91
<i>Populus tremula</i>	2359	9b	4	25,86	47,70	3,60	1,50	2,34	0,65	5,81	4,90	18,00
	2432	5a	3	26,73	39,67	3,66	2,46	7,64	0,32	9,23	19,26	8,77
	2433	5d	3	28,00	48,16	2,90	0,95	0,29	0,56	3,41	0,60	19,19
	2434	9e	3	20,30	42,05	2,06	2,14	2,13	0,15	10,53	5,05	7,39

¹tree species, ²registration number, ³stand, ⁴number of individuals ⁵height (V) average, ⁶diameter d_{1,3} (H) average, ⁷height of crown placing (N) average, ⁸standard deviation, ⁹variation coefficient

V – celková výška stromu, H – hrúbka d_{1,3}, N – výška nasadenia koruny

* jedince merané v roku 2014; individuals measured in the year 2014

tučne – priemerné hodnoty pozitívne sa odlišujúcich pôvodov od homogénnej skupiny testovaných pôvodov všetkých topoľov; in **bold** – average values for the appropriate origin significantly higher than the average value of the entire evaluated trees

kurzívou – priemerné hodnoty negatívne odlišujúcich sa pôvodov od homogénnej skupiny testovaných pôvodov všetkých topoľov; in *italic* – average values for the appropriate origin significantly lower than the average value of the entire evaluated trees

Pôvody topoľa bieleho boli v areáli arboréta vysadené na výrazne odlišných stanovištiach (výsušný porast 3b a typické lužné stanovište, porast 5b). Keďže z tohto druhu hodnotíme iba nízky počet jedincov ($n = 7$, priemerné hodnoty sú uvedené v Tab. 3) a na dvoch výrazne odlišných stanovištiach, môžeme konštatovať vysokú plasticitu (prispôsobivosť) druhu na extrémne stanovištné podmienky, čo korešponduje s údajmi, ktoré uvádzajú CAUDULLO a DE RIGO (2016). U oboch pôvodov, z Laboreckej vrchoviny a Podunajskej roviny, za 37, resp. 39 rokov rastu v arboréte sa potvrdil výborný zdravotný stav a stupeň defoliácie SAO je rovný 0.

Kvôli podobným stanovištným podmienkam v poraste 5b sme sa rozhodli porovnať jeden pôvod topoľa bieleho, päť pôvodov topoľa sivého a sedem pôvodov topoľa čierneho jednofaktorovou analýzou variancie. Všetky pochádzajú z lužných spoločností z nadmorských výšok v rozpätí 100–200 m, s výnimkou topoľa čierneho z Ivachnovej (ev. č. 2347, 500 m).

Tab. 4: Výsledky analýzy rozptylu rastových znakov jedincov topoľa bieleho, sivého a čierneho rastúcich v poraste 5b v Arborete Borová hora.

Tab. 4: The growth characteristics results one-way analysis of variance of white, gray and black poplars growing in 5b stand in Arboretum Borová hora.

Biometrická veličina ¹	SS	df	MS	F	p-level	Error		
						SS	df	MS
výška ²	1 190,5	12	99,21	13,88	0,000	278,75	39	7,15
hrúbka d _{1,3} ³	15 058,8	12	1254,9	18,01	0,000	2 717,50	39	69,70
výška nasadenia koruny ⁴	276,05	12	23,01	8,06	0,000	111,27	39	2,85

¹biometrical characteristic, ²height, ³diameter d_{1,3}, ⁴height of crown placing

SS – suma štvorcov odchylok, df – stupne voľnosti medzi úrovňami faktora, MS – rozptyl medzi úrovňami faktora, F – F-testovacie kritérium, p-level – hladina významnosti; SS – sum of squares, df – degree of freedom, MS – MS Effect, F – values of F-test, p-level – level of significance

Porovnaním kritických hodnôt F testu a testovacích kritérií sa s 95 % spoľahlivosťou potvrdil štatisticky významný vplyv pôvodu predmetných druhov topoľov na skúmané biometrické charakteristiky (Tab. 4). Vypočítané hodnoty F testu pri všetkých troch rastových charakteristikách výrazne prekročili tabuľkovú hodnotu ($F_{tab0.05(12, 39)} = 2,44$).

Následným testovaním rozdielov medzi jednotlivými pôvodmi Duncanovým testom boli zistené štatisticky významné rozdiely v ich rastových charakteristikách. Ako je vidieť z Tab. 3, hodnoty variability sú pri všetkých pôvodoch vyrovnané okrem topoľa bieleho z Lelskej Sihoti (ev. č. 2342) a topoľa čierneho z Ivachnovej (ev. č. 2347). Jedince topoľa bieleho z Lelskej Sihoti však dosiahli najvyššiu priemernú výšku zo všetkých vyhodnocovaných topoľov. Následným testovaním na hladine významnosti $p = 0,001$ sa však potvrdilo, že štatisticky významne sa vo výške odlišujú iba topole sivé ev. č. 2345 (z Vysokej pri Morave, priem. hodnota výšky = 25,75 m) a ev. č. 2346 (z Veľkých Kapušian, priem. hodnota výšky = 21,56 m), ktorých výška je oproti ostatným hodnoteným topoľom z porastu 5b výrazne nižšia. Ostatné pôvody topoľov z tohto porastu vytvárajú vo svojich výškach homogénnu skupinu, štatisticky významne sa od seba nelíšia. K pôvodom, ktorých priemerná výška kolíše okolo 35–36 m, môžeme zaradiť topoľ sivý zo Šulian (ev. č. 2344 priem. hodnota výšky = 35,73 m) a samičie klony ev. č. 2354, 2355 z Lužánek (Brno) s priem. hodnotami výšky = 34,88 m, resp. 35,92 m.

Duncanovým testom sa preukázali štatisticky významné rozdiely hrúbky kmeňov vo výške 1,3 m pri pôvodoch ev. č. 2530, 2345, 2346 a 2348. Jedince topoľa sivého zo Šamorína (ev. č. 2530 priem. hodnota d_{1,3} = 105,5 cm) sa štatisticky významne odlišujú od všetkých hodnotených pôvodov topoľov napriek tomu, že jedince tohto pôvodu boli v poraste 5b vysadené o štyri roky neskôr ako ostatné pôvody a hodnotené v roku 2014 (celkový rozdiel 7 rokov). Voči jedincom tohto pôvodu dosahujú sotva polovičné hodnoty priemerných hrúbok

pôvody topoľa sivého z Vysokej pri Morave a z Veľkých Kapušian, taktiež pôvod topoľa čierneho z Vinohradov (ev. č. 2348, Nitrianska pahorkatina). Štatisticky preukázateľnú odlišnosť od menovaných pôvodov s nízkymi priemernými hodnotami hrúbky preukázalo následné testovanie pre topoľ biely z Lelskej Sihoti a jedince topoľa sivého z Baky (ev. č. 2343, výberový strom 4) a Šulian (ev. č. 2344). Signifikantné rozdiely sú uvedené v Tab. 3, kde sú tučne vyznačené priemerné hodnoty pozitívne sa odlišujúcich pôvodov a kurzívou negatívne odlišujúcich sa pôvodov od homogénnej skupiny testovaných pôvodov všetkých topoľov.

Treťou hodnotenou biometrickou charakteristikou bola výška nasadenia korún. Jedince topoľov v poraste 5b rastú v radoch vzdialených od seba 6 m, v rade je vzdialenosť medzi jedincami 3–4 m. Vysoko nasadenou priemernou výškou koruny je charakteristický pôvod zo topoľa sivého zo Šulian (ev. č. 2344, 11 m), ktorý sa signifikantne odlišuje od všetkých hodnotených pôvodov topoľov. Najnižšie nasadené koruny majú pôvody topoľa sivého z Vysokej na Morave a Veľkých Kapušian (2,9 m) a topoľa čierneho ev. č. 2355 z Lužánek (2,66 m).

Z uvedených výsledkov hodnotených rastových charakteristík vyplýva značná výšková a hrúbková rozrôznenosť najmä pri pôvodoch *Populus ×canescens*, pričom pôvody z Podunajskej nížiny (ev. č. 2343, 2344, 2530) dosiahli vyššie priemerné hodnoty vo výške a hrúbke ako pôvody z povodia riek Moravy (ev. č. 2345) a Latorice (ev. č. 2346). Pri skupine pôvodov *Populus nigra* sa priemerné hodnoty celkovej výšky a hrúbky kmeňa tak výrazne neodlišujú ako pri topoli sivom. Rozdiel v hrúbke kmeňa $d_{1,3}$ pri topoli čiernom medzi najnižšou a najvyššou priemernou hodnotou je len 12,75 cm. Podobné výsledky uvádza aj ŠILER et al. (2014), ktorý poukazuje na vysokú variabilitu morfológických znakov topoľov v medzidruhovom krížení a na relatívnu vyrovnanosť znakov topoľa čierneho z jednotlivých skúmaných oblastí povodia rieky Dunaj (za Slovensko bola zastúpená oblasť Dunajské luhy).

Zdravotný stav jedincov topoľov sivého a čierneho môžeme považovať za uspokojivý, v stupňoch defoliácie SAO sme ich zaradili k stupňom 0 a 1 (0–25 % strata asimilačných orgánov). VARGA (2010) a BARTKO (2011) uvádzajú, že topole vhodné pre intenzívne pestovanie musia byť odolné voči bakteriálnym a hubovým chorobám (najmä voči *Chondroplea populea* Sacc. Briad., *Marssonina brunnea* Ell. Ev., *Melampsora larici-populina* Kleb.), vyznačovať sa rýchlym rastom, vytvárať rovný, alebo mierne prehnutý kmeň a mať vyhovujúce vlastnosti dreva. Pri hodnotení topoľov sivých a čiernych hodnotených v Arboréte Borová hora sme žiadne anomálie v ich raste, ani v napadnutí hubovými chorobami nezaznamenali, s výnimkou pôvodu topoľa čierneho ev. č. 2349 (Baka, výberový strom 62), ktorý mal pri oboch jedincoch výraznejšie vlnitý kmeň.

Vyhodnotenie rastových charakteristík topoľa osikového je uvedené v Tab. 3. Z výsledkov je zrejmé, že všetky pôvody *Populus tremula* v Arboréte Borová hora rastú relatívne vyrovnane, keď priemerné výšky jedincov sa pohybujú od 20–28 m, priemerné hrúbky kmeňa $d_{1,3}$ sa pohybujú v rozmedzí 40–48 cm a priemerná výška nasadenia korún od 2 do 3,7 m. Zdravotný stav, resp. defoliácia je u pôvodov ev. č. 2433 a 2359 (Švirgulová, Stolické vrchy, výberový strom č. 37 a 50, 610 m n. m.) veľmi dobrý, zaradili sme ich do stupňa 0 (bez defoliácie). Uspokojivý zdravotný stav (stupeň 2) vykazuje pôvod ev. č. 2432 zo Štósu (Volovské vrchy). Najhorší zdravotný stav (stupeň 4) vykazuje pôvod ev. č. 2434 zo Stolice (620 m n. m.), ktorého konáre sú olistené len na koncoch vetvičiek a koruna presychajúca. Makroskopickým pozorovaním neboli zistené žiadne hubové ochorenia. Porast 9e, kde daný

pôvod rastie, je situovaný v rámci arboréta v najvyšších častiach. V súčasných extrémne sa meniacich klimatických podmienkach, pri dlhých periódach sucha a dažďa, zrejme dochádza k pohybu podložia (svahovín), ktoré sa posúvajú smerom k nižším častiam arboréta, a vzniku viditeľných prasklín, čo mohlo spôsobiť poškodenie jemných častí koreňovej sústavy jedincov a zamedziť tak dostatočnému prísunu vody a živín. Predpokladáme, že opísaná skutočnosť je príčinou zhoršeného zdravotného stavu jedincov topoľa osikového zo Stolice.

ZÁVER

Topole (*Populus* sp.) sú nenahraditeľnou súčasťou ekosystémov lužných lesov. Ich porasty vytvárajú zraniteľné pásmo medzi riekou a lesom, sú postihované zmenami koryta, častými záplavami, poškodzované ľadom, pohybom nespevnených štrkových, alebo pieskových nánosov tvoriacich nestabilné podložie. Významným spôsobom chránia brehy tokov pred eróziou, preto časť lužných lesov považujeme za ochranné lesy. Všetky pôvody „lužných topoľov“ hodnotené v Arboréte Borová hora vykazovali veľmi dobrý zdravotný stav aj napriek tomu, že niektoré jedince topoľa bieleho rástli v suchších podmienkach. Priemerne najvyššie (topoľ biely z Lelskej Sihoti, 36,42 m), najhrubšie (topoľ sivý zo Šamorína, 105,5 cm) a jedince s najvyšším nasadením korún (topoľ sivý zo Šulian 11,03 m) pochádzali z Podunajskej roviny. Najvyrovnanejšie hodnoty rastových charakteristík mali jedince pôvodov topoľa čierneho. Najvýraznejšiu stratu olistenia sme zaznamenali pri dvoch pôvodoch topoľa osikového. Všetky vyhodnocované a v Arboréte Borová hora archivované pôvody štyroch autochtónnych topoľov však možno považovať za cenné genetické zdroje.

LITERATÚRA

- BARTKO M. (2011): Aktuálne výsledky testovania a nová rajonizácia topoľov na Slovensku. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 57: 4: 261–268.
- BENETKA V., DUBSKÝ M. (1998): Práce na zachovaní domáceho druhu *Populus nigra* L. uskutočnené ve VÚOZ Průhonice. Acta Průhoniciana, 65: 214–221.
- CAUDULLO G., DE RIGO D. (2016): *Populus alba* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J. et al. (eds.): Atlas of Forest tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, 197 s.: 134–135.
- CAUDULLO G., DE RIGO D. (2016): *Populus tremula* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel Ayanz J. et al. (eds.): Atlas of Forest tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, 197 s.: 138–139.
- DE RIGO D., ENESCU C., M., HOUSTON DURRANT T., CAUDULLO G. (2016): *Populus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel Ayanz J. et al. (eds.): Atlas of Forest tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, 197 s.: 136–137.
- ELIÁŠ P. (2011): Ohrozené druhy: príčiny, súčasný stav a ochrana. Threatened Species: Causes, current Status and Conservation. Životné prostredie, 45: 5: 227–234.
- LUKÁČIK I., ČÍŽOVÁ M., JEŽOVIČ V., ŠKVARENINOVÁ J. (2005): Arborétum Borová hora 1965–2005. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, Zvolen, ISBN 80-228-1479-2, 90 s.
- MAXIM L. (1998): Vzácné dreviny okresov Sobrance a Michalovce. Media Group, Michalovce, 56 s., ISBN 80-7090-498-4.
- PAGAN J., RANDUŠKA D. (1987): Atlas drevín 1 (pôvodné dreviny), Obzor, Bratislava, 360 s.

- PAVLENDÁ P., PAJTÍK J., PRIWITZER T. (2014): Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. Zvolen, NLC – LVÚ Zvolen, 138 s.
- ROLLOF A., BÄRTELS A. (1996): Gehölze. Ulmer Verlag, Stuttgart, 694 s.
- SLOVÁČEK M. (2004): Génové zdroje topolu černého a bílého v ČR. Lesnická práce, 83: 2: 22–28.
- ŠILER B., SKORIĆ M., MIŠIĆ D., KOVAČEVIĆ B., JELIĆ M., PATENKOVIĆ A., NOVIČIĆ K. Z. (2014): Variability of European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in the Danube basin. Public Enterprise „Vojvodina šume“, Beograd, 128 s. ISBN 978-86-906665-4-6.
- VARGA L. (2010): Optimalizácia zastúpenia uznaných klonov topoľov a stromovitých vrb v prírodných podmienkach Slovenska. In: Varga L., Hrenko J., (eds.): Rýchlorastúce dreviny – jeden z obnoviteľných zdrojov drevnej suroviny a energie. Zborník referátov, Sobrance, 25. 9. 2008, NLC, Zvolen, ISBN 978-80-8093-117-9, s. 29–43.

Podakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0149/15 a KEGA 06TUZ – 4/2017.

Dopad pěstebních opatření a stanoviště na vybrané vlastnosti dřeva borovice lesní z modelové lokality – abstrakt posteru

Impact of silvicultural measures and site on selected wood properties of Scots pine from model locality – poster abstract

ONDŘEJ SCHÖNFELDER, ALEŠ ZEIDLER*, VLASTIMIL BORŮVKA

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176,
165 00 Praha-Suchdol, Česká republika, *zeidler@fld.czu.cz

Abstrakt

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) patří mezi nejvýznamnější hospodářské dřeviny v Evropě. Povědomí o vlastnostech jejího dřeva, proměnlivosti vlastností a především možnostech jejich ovlivnění je v současnosti nedostatečné. Cílem této práce je posoudit vliv pěstebních opatření a charakteru stanoviště na hustotu a pevnostní charakteristiky dřeva z oblasti, která je pro růst borovice lesní na území České republiky reprezentativní. Na lokalitě Vysoké Chvojno (PLO 17 – Polabí) byly vyznačeny a smýceny vzorové stromy. Vzorníky stromů pocházejí ze tří porostů, které reprezentují dvě stanoviště a dva odlišné způsoby pěstování borovice lesní, tj. jeden porost podrovní obnovní postup a dva porosty holosečný obnovní postup. Testovali jsme konvenční hustotu dřeva. Z pevnostních charakteristik pak pevnost v tlaku, kdy nás zajímala především míra závislosti na hustotě. Všechny testy byly provedeny v souladu s platnými českými normami. Kromě vlivu stanoviště a výchovy nás ještě zajímal vliv horizontální pozice v kmeni. Vyšších hodnot hustoty dřeva bylo zjištěno u porostů obnovených holosečným způsobem hospodaření, i když tento rozdíl je z praktického hlediska zcela zanedbatelný. Hustota dřeva se ukázala být úzce spjata s pevnostními charakteristikami, což lze využít pro predikci pevnostních charakteristik dřeva borovice. Z lesnického hlediska lze konstatovat, že výsledné vlastnosti dřeva jsou ovlivněny jak stanovištěm, tak polohou dřeva v kmeni. Pro lesnickou praxi i pro zpracovatelský průmysl je důležitá informace, že porosty obnovené podrovním způsobem vykazují rovnoměrné rozložení vlastností dřeva po šířce kmene a pro využití dřeva není tedy tolik podstatné, ze které části kmene dřevo pochází.

Klíčová slova: podrovní způsob, borovice lesní, dřevo, vlastnosti, hustota

Keywords: *shelterwood regeneration method, Scots pine, wood, properties, density*

Doba přežívání jehlic na kleči v Krkonoších

Life span of Pinus mugo needles in Krkonoše Mts.

JIŘÍ SOUČEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika, soucek@vulhmop.cz

Abstract

A number of needle year classes of Pinus mugo needles in Krkonoše Mts. was studied on 4 plots since 1981, longevity of individual needle year classes was evaluated since 2007. Foliation of Pinus mugo was affected by imission situation and occurrence of needle pests. Mean foliation varies around 3 complete needle years in the last years, the oldest needles are 6 years old.

Keywords: *Pinus mugo, needle life span, Krkonoše Mts.*

Abstrakt

Olistění porostů kleče v Krkonoších je sledováno na 4 plochách od roku 1981, od roku 2007 je hodnoceno přežívání jednotlivých ročníků jehličí. Olistění kleče výrazně ovlivnila imisní situace i výskyt škůdců na jehličí. Střední olistění v posledních letech kolísá okolo 3 kompletních ročníků jehlic, nejstarší jehlice jsou až 6 leté.

Klíčová slova: borovice kleč, olistění, vitalita ročníků jehlic, Krkonoše

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Kleč horská (*Pinus mugo* Turra) je charakteristickým druhem společenstev ekosystémů nad horní hranicí lesa v Krkonoších tvořící unikátní arкто-alpínskou tundru obklopenou horským lesem (SOUKUPOVÁ et al. 2001). Celková výměra porostů nad horní hranicí lesa nepřesahuje 5000 ha. Charakter společenstev s klečí byl historicky výrazně ovlivněn lidskou činností spojenou s pastvou skotu (od 16. století). Koncem 19. století byla zahájena obnova klečových porostů na těchto stanovištích jako reakce na ničivé záplavy, další éra obnovy porostů nastává v letech 1952–1992 v souvislosti s realizací vysokohorského zalesnění. Kleč byla využívána i v nižších polohách jako vhodná dřevina pro obnovu lesa na imisních holinách (LOKVENC 2001). V 90. letech se do popředí zájmu dostávají studie zaměřené na unikátní společenstva vysokohorských poloh, u klečových porostů vzniklých umělou obnovou je zdůrazňováno zejména negativní působení na vysokohorská společenstva (SOUKUPOVÁ et al. 2001).

Poznatky o dlouhodobém vývoji zdravotního stavu, růstu a dalších charakteristikách klečových porostů jsou zatím pouze ojedinělé. Cílem příspěvku je zhodnotit dlouhodobý vývoj olistění a přežívání jednotlivých ročníků jehličí.

MATERIÁL A METODIKA

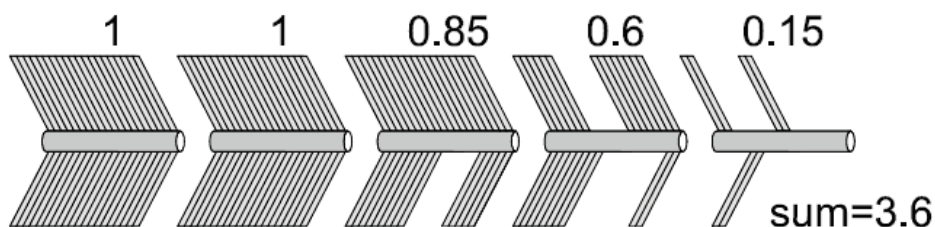
Šetření je realizováno v západních Krkonoších na 4 trvalých plochách založených ve spolupráci VÚLHM, VS Opočno a KRNAP (SOUČEK et al. 2001), plochy jsou situovány v porostech kleče různého původu a věku (Tab. 1). Na jednotlivých plochách bylo v době založení (1981) 25 keřů kleče. Vlivem mortality jednotlivých keřů na plochách počet sledovaných keřů postupně klesal, šetření po roce 2007 bylo realizováno na 84 jedincích. Klimatické podmínky ploch odpovídají stanovištním podmínkám, půdním typem jsou převážně podzoly na žulovém podkladu, typologicky byly plochy zařazeny do SLT 9Z (*Mughetum arctoalpinum*). U jednotlivých keřů je od roku 1981 opakovaně hodnocen zdravotní stav keřů, jejich růst, výskyt poškození jehličí (bejломorka borová, hřebenule ryšavá), zjišťována plodivost a obsah živin v jehličí. Všechna šetření jsou prováděna v podzimním období (září–říjen) tak, aby výhony a jehlice byly plně narostlé a zdřevnatělé, případné šišky plně zralé pro sběr a současně se již v plné míře projevilo případné poškození jehlic (sání bejломorkou borovou).

Tab. 1: Základní charakteristiky ploch.

Tab. 1: Basic characteristics of permanent plots.

Plocha / plot	P1	P2	P3	P4
Lokalita / locality	U Čtyř pánů	Labská louka	Harrachova louka	Krkonoš
Nadmořská výška altitude [m]	1350	1380	1370	1390
Sklon svahu / slope orientation	NNW	SW	N	NNE
Sklon / slope [°]	1	2	2	15
Přibližný věk porostu (2018) approximate stand age	85	85	60	10–120+
Původ / origin	Alochtonní allochthonous	Alochtonní allochthonous	Autochtonní z výsadby autochthonous from plantation	Autochtonní autochthonous

Hodnota olistění vyjádřená součtem dílčích olistění podle jednotlivých ročníků jehličí kleče je sledována opakovaně od založení ploch v roce 1981 na vzpřímených, plně osluněných výhonech (10–15 výhonů podle charakteru a velikosti keře). Odhad množství živých, vitálních jehlic bez známek poškození na jednotlivých ročních přírůstcích výhonů byl vyjádřen v procentech z výchozího stavu (0–100 %). Do roku 2007 bylo zaznamenáváno pouze celkové olistění, bez rozdělení na jednotlivé ročníky. Od roku 2007 je zaznamenáván podíl vitálních jehlic na výhonech podle jednotlivých ročníků, součtové olistění odpovídající celkovému olistění podle jednotlivých ročníků je srovnatelné s předchozím šetřením (Obr. 1). Použitá metodika sledování je srovnatelná s metodikou použitou na borovici lesní (např. SKUHRAVÝ 1987; LAMPPU, HUTTUNEN 2001 nebo NÁROVEC, NÁROVCOVÁ 2012). BORATYNSKI et al. 2009 hodnotili dobu přežívání jehlic kleče podle ročníků jako součet kompletních ročníků jehlic, pro zahrnutí zbytku ročníků starších jehlic přidávali k zjištěné hodnotě půl roku. U jednotlivých keřů je od roku 2007 měřen na shodných výhonech i roční výškový (délkový) přírůst.

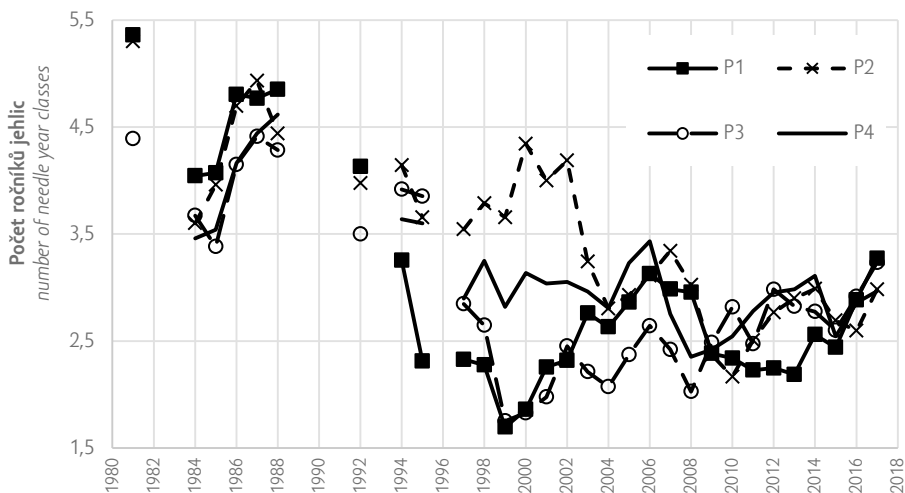


Obr. 1: Schéma výhonu podle jednotlivých ročníků jehlic se znázorněním počtu ročníků jehlic a hodnotou středního olistění – Lamppu 2002.

Fig. 1: Scheme of sample shoot according to needle year classes and value of mean foliation – Lamppu 2002.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Na počátku sledování počet ročníků jehlic keřů kleče kolísal v rozpětí 4,4–5,5 ročníků jehlic, pokles v dalších letech ovlivnily škody vlivem imisní zátěže i výskyt škůdců na jednotlivých plochách (Obr. 2). Vývoj počtu ročníků jehlic na sledovaných plochách byl obdobný až do roku 1994, rozdílný výskyt škod bejlomorkou v dalších letech na jednotlivých plochách se začínal výrazněji projevovat na středním olistění ploch. Nejvýraznější rozdíly v olistění mezi plochami byly zaznamenány na přelomu tisíciletí, na nejvíce postižených plochách se vyskytovaly škody bejlomorkou různé intenzity téměř na všech keřích. Omezené škody žírem hřebenulí ryšavou se vyskytovaly do roku 2000, v posledních letech nebyl na sledovaných plochách zaznamenán výskyt škod žírem hřebenule.

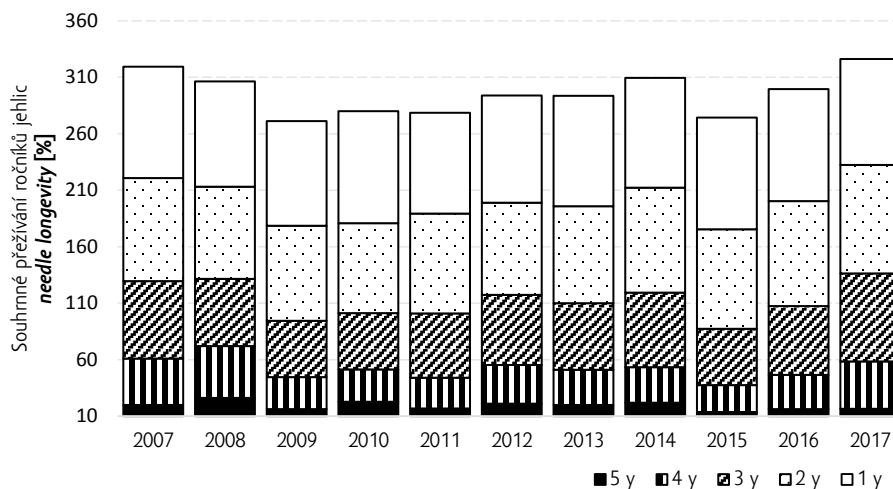


Obr. 2: Vývoj středního počtu ročníků jehličí podle ploch.

Fig. 2: Number of needle year classes development according to permanent plots.

V průběhu sledování olistění podle jednotlivých ročníků jehlic od roku 2007 bylo na plochách zaznamenáno až 6 ročníků jehličí, průměr kolísal v rozpětí 3,5–4,5 ročníků (nekompletních). Přežívání jehlic v prvním roce dosahovalo průměrně 96 % výchozího stavu

(rozpětí 89–99 % ve sledovaném období – Obr. 3), redukcí části jehlic již v prvním roce způsobilo nejčastěji jejich silné poškození bejломorkou. V 2. roku věku jehlic jejich redukce nepřesahovala 8 % z výchozího stavu, v dalších letech se vitalita jehlic snižovala lineárně s ročním poklesem okolo 25 %. Na konci 4 roku jehlic jich přežívalo již průměrně 33 % z výchozího stavu (rozpětí 24–46 % ve sledovaném období). U nejstarších ročníků jehlic přežívalo 10–30 % z původního počtu jehlic. Přežívání starších jehlic je omezené a závisí na konkrétních podmínkách. Využití ročníků jehlic pro asimilaci klesá s jejich rostoucím věkem.



Obr. 3: Přežívání ročníků jehlic (průměr ze 4 ploch).

Fig. 3: Needle longevity development (mean of 4 plots).

Přežívání jednotlivých ročníků jehlic závisí na široké škále parametrů, z vnějších vlivů zde působí zejména zeměpisné parametry, nadmořská výška, délka růstové sezóny, světelné, vláhové a výživové poměry, průběh počasí a výskyt negativních biotických a abiotických faktorů (souhrnně např. LAMPPU 2002). Vzdálenost jednotlivých ploch mezi sebou nepřesahuje 3 km, většina parametrů ovlivňujících přežívání jehlic na plochách je obdobná. V rámci ploch byla zjištěna značná variabilita v míře olistění a výskytu škůdců. Mezi sledovanými keři se vyskytují keře, které dlouhodobě vykazují maximálně 2 ročníky jehličí bez výrazných známek zhoršené vitality, zdravotního stavu, růstu nebo snížené plodivosti.

Opakované sledování olistění vyjádřené počtem ročníků jehlic umožňuje i hodnocení reakce keřů kleče na dlouhodobou redukci olistění (škody sáním bejломorkou). V době zvýšeného výskytu bejломorky došlo u některých keřů k snížení olistění až na součtové hodnoty pouze 1 kompletního ročníku jehlic a podíl jehlic v aktuálním ročníku nepřesahoval 50 %. Po odeznění zvýšeného výskytu bejломorky počet ročníků jehlic na keřích postupně narůstal a během 2–3 let původně silně defoliované keře dosáhly počtu ročníků jehličí srovnatelného s výchozím stavem před poškozením.

Literatura udává u kleče rostoucí v běžných podmínkách bez výrazného poškození 6–8 (10) ročníků jehlic (BUKOVČAN 1953, BORATYNSKI et al. 2009), těmito hodnotám se blíží i stav na počátku sledování. Současné hodnoty olistění jsou dlouhodobě výrazně nižší. Příčinu nižšího počtu ročníků jehlic nelze hledat jen v předchozí imisní zátěži území nebo

v opakovaném poškození jehlic. V rámci souboru se vyskytují keře s minimálním poškozením jehlic v delším časovém období a nebyly u nich zjištěny výrazně vyšší počty ročníků jehlic nebo jejich odlišné doby přežívání.

Výsledky olistění vyjádřené počtem ročníků jehlic prezentované kolektivem pod vedením Vacka (VACEK et al. 2013) ze stejných ploch nezahrnují celé sledované období, chybí zejména data z období přelomu tisíciletí s kulminací škod bejlomorkou borovou. Naproti tomu autoři (VACEK et al. 2013) v práci naopak uvádí historická data i pro roky, kdy sledování nebylo prováděno (srovnej SOUČEK et al. 2001).

BORATYNSKI et al. (2009) udávají pro oblast Sudet (Krkonoše a Jizerské hory) srovnatelnou životnost jehličí kleče 3–6 let s průměrem okolo 4,5 ročníků jehlic, podle jejich šetření se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšuje doba přežívání jehlic. Autoři také potvrzují rozdíly v přežívání jehlic mezi tatranskými a sudetskými populacemi uváděné v literatuře (např. SKALICKÁ, SKALICKÝ 1988).

Průměrný roční délkový přírůst výhonů dosahoval v sledovaném období 3–7 cm. Na počátku sledování (2007 a 2008) se přírůst mezi jednotlivými plochami lišil, v dalších letech se střední přírůsty na plochách vyrovnaly. Maximum ročních délkových přírůstů dosahovalo až 12 cm, minimální roční přírůst (1 cm) byl zaznamenán u opakovaně poškozených nebo potlačených jedinců. Odrůstání záviselo zejména na charakteristikách jednotlivých keřů, nebyl zjištěn významný vliv mezi výskytem nebo intenzitou poškození jehlic sáním bejlomorkou a délkovým přírůstem výhonu v následném roce.

ZÁVĚR

Sledování vývoje počtu ročníků jehlic v porostech kleče v horských polohách Krkonoš ukazuje značnou toleranci kleče k působení podmínek prostředí. Sledované porosty vykazují dlouhodobý pokles počtu ročníků jehlic ve srovnání s výchozím stavem, většina porostů však vykazuje odpovídající růst a plodivost. Počet ročníků jehličí se v posledních letech ustálil pod 3 kompletními ročníky, tato suma je tvořena 3–4 ročníky jehlic s různým zastoupením jednotlivých ročníků podle druhu a míry jejich poškození. Přežívání prvního a druhého ročníku jehlic přesahovalo 80 %, s rostoucím věkem jehlic se jejich přežívání snižovalo lineárně. Nejstarší ročníky jehlic dosahují 6 let. Opakovaný výskyt škod na jehlicích sáním larvami bejlomorkou borovou způsobuje sníženou vitalitu prvního ročníku jehlic, většina sledovaných keřů je schopna se s tímto poškozením vyrovnat. Zjištěné poznatky o olistění a počtech ročníků jsou v souladu se srovnatelnými literárními údaji.

LITERATURA

- BORATYŃSKI A. et al. (2009): Life span of needles of *Pinus mugo* Turra: Effect of altitude and species origin. *Polish Journal of Ecology*, 57: 567–572.
- BUKOVČAN V. (1953): *Kosodrevina*. Bratislava, 133 s.
- LAMPPU J., HUTTUNEN S. (2001): Scots pine needle longevity and gradation of needle shedding along pollution gradients. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 261–267.
- LAMPPU J. (2002): Scots Pine needle longevity and other shoot characteristics along pollution gradients. Oulu, 35 s.
- LOKVENC T. (2001): History of the Giants Mts' dwarf pine (*Pinus mugo* Turra ssp. *pumilio* Franco). *Opera Corcortica* 38: 21–42.

- NÁROVEC V., NÁROVCOVÁ J. (2012): Needle longevity as a criterion of response to a climatic fluctuation (so called heat wave) in Scots pine populations at early phases of ontogeny. *Journal of Forest Science*, 58: 27–34.
- SOUČEK J., LOKVENC T., VACEK S., ŠTURSA J. (2001): Site and stand conditions of dwarf pine stands. *Opera Corcontica* 38: 43–61.
- SOUKUPOVÁ et al. (2001): Grassland versus krumholz in arctic-alpine tundra of the Giant Mountains. *Opera Corcontica* 38: 63–76.
- SKUHRAVÝ V. (1987): Počet ročníků jehlic borovice lesní v různých oblastech ČR. *Lesnická práce*, 66: 19–24.
- SKALICKÁ A., SKALICKÝ V. (1988): *Pinus* L. In: Hejný, S., Slavík, B. (eds): Květena České socialistické republiky, Academia, Praha, 289–308.
- VACEK S. et al. (2013): Growth, healthy status and seed production of differently aged allochthonous and autochthonous *Pinus mugo* stands in the Giant Mts. over 30 years. *European Journal of Forest Research*, 132: 801–813.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118.

Vliv druhové skladby a růstové fáze na odtok z lesa podle lesního vegetačního stupně a ročního období

Influence of tree species composition and growing phase on runoff from a forest by altitudinal vegetation zone and annual season

FRANTIŠEK ŠACH, VLADIMÍR ČERNOŠOUS

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, Výzkumná stanice pěstování lesa Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstract

In the frame of silvicultural research, the effect of tree species composition on runoff from the forest stands was studied. Runoff from the young Bosnian (also Serbian) spruce and European (also common or silver) birch stand in the Krkonoše Mts Piedmont, and from the young Norway spruce stand, young conifer mixture one and from the mature Norway spruce stand in the Orlické hory Mts Piedmont was watched. In the Orlické hory Mts, the runoff from mature and young Norway spruce stand and from the mature and young European beech one was pursued. The runoff was measured by open infiltrometer as a vertical seepage on the bedrock. On the slopes, the runoff measurement was completed by measuring of surface runoff and lateral subsurface flow through soil profile. Water year runoff was greater from the broadleaved stands than from the conifer ones. However, runoff from conifer stands was more uniform in time. Runoff percentage of precipitation depended not only on tree species but also on the growth phase of a forest stand, on the altitudinal vegetation zone, and on the season of a hydrologic year.

Keywords: elementary runoff plots; runoff from forest; tree species; growing phase; altitudinal vegetation zone; annual season

Abstrakt

V rámci pěstebního výzkumu byl sledován vliv druhové skladby na odtokové poměry v lesních porostech. Vliv druhové skladby na odtokové poměry byl sledován u mladého porostu smrku omoriky a břízy bělokoré v podhůří Krkonoš a u mladého porostu smrku ztepilého, mladého smíšeného jehličnatého porostu a dospělého smrkového porostu v předhoří Orlických hor. V Orlických horách byl odtok sledován u dospělého i mladého smrkového a bukového porostu. Odtok byl měřen jako vertikální průsak na podloží do otevřených průsakoměrů, na svazích bylo měření doplněno o povrchový odtok a laterální tok půdním profilem. Odtok za hydrologický rok byl vyšší z listnatých než z jehličnatých porostů. Z porostů jehličnatých však byl odtok rovnoměrnější v čase. Velikost odtoku závisela vedle dřeviny také na růstové fázi porostu, lesním vegetačním stupni a období hydrologického roku.

Klíčová slova: elementární odtokové plochy; odtok z lesa; dřevinná skladba; růstová fáze; lesní vegetační stupeň; roční období

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V rámci pěstebního výzkumu byl ve VÚLHM VS Opočno sledován vliv druhové skladby na odtokové poměry v lesních porostech. V České a Slovenské republice se druhovou skladbou, jejím vlivem na vodní bilanci a potažmo na odtok zabývali v monografiích PEŘINA et al. (1973); POBEDINSKIJ, KREČMER1984; KREČMER et al. (2003); TUŽINSKÝ (2004); VALTÝNI (1986) či v rozsáhlých člancích KANTOR (1990), v Evropě pak např. BRECHTEL (1976) a VORONKOV (1993).

MATERIÁL A METODIKA

Vliv druhové skladby na odtokové poměry v lesních porostech byl sledován na experimentálních vodně-bilančních plochách u mladého porostu smrku omoriky a břízy bělokoré v podhůří Krkonoš (ŠACH et al. 1994), u mladého porostu smrku ztepilého, mladého smíšeného jehličnatého porostu (SM 50, MD 35, BO 15, BŘ, BK) a dospělého smrkového porostu v předhoří Orlických hor (ŠACH, ČERNOHOUS 2010). V Orlických horách byl odtok sledován u dospělého i mladého smrkového a dospělého i mladého bukového porostu (KANTOR 1994). Odtok byl měřen jako vertikální průsak do otevřených lyzimetřů (průsakoměrů), na svazích pak bylo měření ještě doplněno o povrchový odtok a laterální tok půdním profilem (řádově pouze jednotky procent).

VÝSLEDKY A DISKUSE

V Tab. 1 jsou představeny dlouhodobé 5, 10 až 30leté průměry z let 1976–2017 za období mimovegetační (listopad – duben), vegetační (květen – říjen) a za celý konvenční hydrologický rok (1. listopad až 31. říjen následujícího roku). Výše odtoku dále závisela vedle dřeviny také na růstové fázi porostu a lesním vegetačním stupni (LVS).

Odtok dvakrát vyšší přicházel z lesních porostů v mimovegetačním (73 %) než ve vegetačním období (37 % ze srážek volné plochy) – Obr. 1.

Ze smrkových kultur odtékalo za hydrologický rok v 5. LVS 56 %, v 6. LVS 76 % srážek. Ze smrkových mlazin až tyčkovin odtékalo v 5. LVS 26 – 30 %, v 6. LVS 67 – 70 % srážek. Ze smrkových kmenovin odtékalo v 5. LVS 26 %, v 6. LVS 62 % srážek.

Z březové zabuřenělé holiny v 5. LVS odtékalo 45 % srážek, z březové tyčkoviny odtékalo 37 % srážek. Z bukové kultury v 6. LVS odtéklo 72 %, z mlaziny až tyčkoviny 71 % a z bukové kmenoviny 73 % srážek.

Vyšší odtok v 5. LVS pocházel z březové tyčkoviny než z tyčkovin smrkových. Vyšší odtok byl v 6. LVS z bukové kmenoviny než z kmenoviny smrkové, mladé porosty buku a smrku se v odtoku za hydrologický rok prakticky nelišily. Celkem byl vyšší odtok z kultur (62 %), odtok z mlazin až tyčkovin se prakticky nelišil od odtoku z kmenovin (obě hodnoty se rovnaly cca 50 %).

V 5. LVS vzhledem k nižším srážkám a vyšším teplotám a tudíž i vyššímu celkovému výparu byl odtok nižší (35 % srážek). Ze 6. LVS se generoval díky vyšším srážkám a nižším teplotám a tudíž nižšímu celkovému výparu IET (intercepce a evapotranspirace dohromady) odtok dvakrát vyšší (70 % ze srážek).

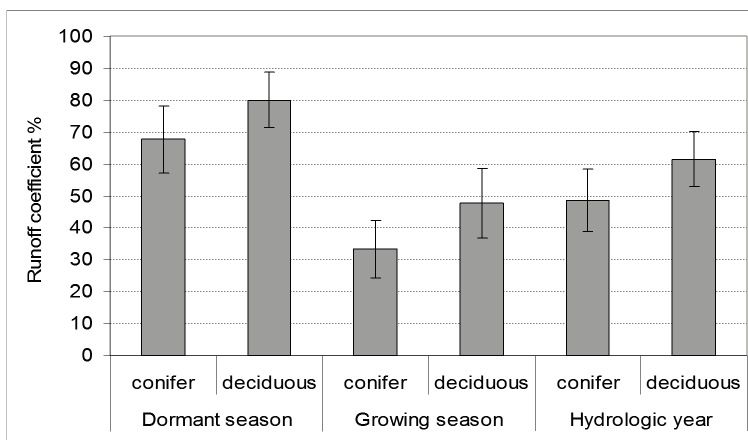
Tab. 1: Dřevinná skladba, růstová fáze a odtok z lesa podle lesního vegetačního stupně a ročního období.**Tab. 1:** Tree species composition, growing phase and runoff from a forest by altitudinal vegetation zone and annual season.

Dřevina tree species	Růstová fáze growing phase	LVS ¹	Mimovegetační období dormant season		Vegetační období growing season		Hydrologický rok hydrologic year	
			srážky ² [mm]	odtok ³ [%]	srážky [mm]	odtok [%]	srážky [mm]	odtok [%]
bříza ⁴	zabuřenělá holina ⁹	5	373,0	62,0	384,0	28,0	757,0	45,0
smrk ⁵	kultura ¹⁰	5	345,7	82,8	624,1	41,5	969,8	56,2
smrk	kultura	6	609,8	90,6	630,0	61,4	1 239,8	75,8
buk ⁶	kultura	6	609,8	89,3	630,0	55,1	1 239,8	71,9
smrk	mlazina ¹¹	6	555,4	89,9	531,0	43,7	1 086,4	67,3
buk	mlazina	6	555,4	95,9	531,0	45,9	1 086,4	71,4
omorika ⁷	tyčkovina ¹²	5	373,0	44,0	384,0	8,0	757,0	26,0
bříza	tyčkovina	5	373,0	57,0	384,0	18,0	757,0	37,0
smrk	tyčkovina	5	378,8	36,8	586,7	17,5	965,5	25,1
směs ⁸	tyčkovina	5	378,8	50,9	586,7	16,1	965,5	29,8
smrk	tyčkovina	6	635,8	85,9	713,5	54,9	1 349,3	69,5
buk	tyčkovina	6	635,8	88,5	713,5	55,4	1 349,3	70,6
smrk	kmenovina ¹³	5	434,1	43,8	524,3	12,1	958,4	26,4
smrk	kmenovina	6	569,3	84,6	727,1	44,5	1 296,4	62,1
buk	kmenovina	6	569,3	87,7	727,1	58,5	1 296,4	73,3

Vysvětlivky – explanatory notes:

¹lesní vegetační stupeň – forest vegetation zone, ²precipitation, ³runoff

⁴bířka – *Betula pendula*, ⁵spruce – *Picea abies*, ⁶beech – *Fagus sylvatica*, ⁷smrk omorika – Bosnian (Serbian) *Picea omorika*, ⁸jehličnatá směs (smrk 50 %, modřín 35 %, borovice 15 %) – conifer mixture (spruce 50 %, larch 35 %, pine 15%), ⁹weedy clear-cut, ¹⁰plantation, ¹¹thicket, ¹²pole stage, ¹³high forest



Obr. 1: Odtok z listnatých a z jehličnatých porostů za mimovegetační a vegetační období a za celý hydrologický rok (intervaly spolehlivosti vyhovují na hladině přijatelné významnosti 0,15).

Fig. 1: Runoff from deciduous and conifer stands in dormant and growing seasons and in whole hydrologic years (confidence intervals comply with 0.15 level of acceptable importance).

Porovnáme-li naše výsledky s výsledky obdobnými, pak např. KANTOR (1990) uvádí poměrně velké rozpětí odtoku, který je závislý především na srážkách. V listnatých porostech je pak roční odtok o 30 až 145 mm vyšší než v porostech jehličnatých. Metodicky i číselně nejbližší srovnatelné hodnoty uvádějí pro naše nejběžnější dřeviny KANTOR, KLÍMA (1997), TUŽINSKÝ (2004) ze Slovenska, BRECHTEL (1976) z Německa a VORONKOV (1993) z Ruska.

ZÁVĚR

Odtok za hydrologický rok byl ve stejném LVS vyšší z listnatých než z jehličnatých porostů (Obr. 1). Jehličnaté, zejména smrkové porosty tak mohou v nižších LVS (od 5. LVS níže) trpět suchem. Z porostů jehličnatých však byl odtok rozložen v čase rovnoměrněji. Proto častější a vyšší povodňové odtoky s vyššími kulminacemi budou pravděpodobně tlumeny výrazněji porosty jehličnanů než porosty listnáčů. Hydrické vlastnosti na úrovni plně zakmeněných dospělých lesních porostů se stabilizují nejspíše během 2. (nižší LVS) až 3. věkového stupně (vyšší LVS).

Výše odtoku závisela nejen na dřevině, ale také na růstové fázi porostu, lesním vegetačním stupni (LVS) a na období hydrologického roku. Praktické výsledky byly promítnuty do Metodických postupů obhospodařování lesů s vodohospodářskými funkcemi (ŠACH et al. 2007) a do Metodických postupů optimalizace vodního režimu uspořádáním kultur v krajině (ŠVIHLA et al. 2014).

LITERATURA

- BRECHTEL H.M. (1976): Influence of species and age of forest stands on evapotranspiration and ground water recharge in the Rhine-Main-Valley. In: XVI IUFRO World-Congress. Div. I. Oslo, IUFRO, 33 s.
- KANTOR P. (1990): Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových porostů. [Basic relationships between total evaporation and runoff from Norway spruce and beech forests]. Vodohospodářský časopis (Bratislava), 38: 3: 327–348.
- KANTOR P. (1994): Hydrological regime of montane spruce and beech stands following their regeneration by the clear-felling system. In: Acta Universitatis agriculturae, Facultas silviculturae, series C, 63: 2–4: 99–110. Brno, Vysoká škola zemědělská, Brno.
- KANTOR P., KLÍMA S. (1997): Mikroklima a vodní bilance jedlo-bukového porostu v pahorkatině [Microclimate and water balance of a Silver fir / European beech stand in uplands]. Lesnictví-Forestry, 43: 8: 333–346.
- KREČMER V., KANTOR P., ŠACH F., ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V. (2003): Lesy a povodně [Forests and floods]. Souhrnná studie. Zpracovali: P. Kantor, V. Krečmer, F. Šach, V. Švihla, V. Černohous. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 48 s., ISBN 80-7212-255-X.
- PEŘINA V., KREČMER V., KADLUS Z., BĚLE J. (1973). Možnosti víceúčelového hospodaření s cíli produkčními a vodohospodářskými na příkladu Orlických hor [Possibilities of multiple use of forests with production and hydrologic destination on the example of the Eagle Mountains]. Práce VÚLHM, 43: 69–117.
- POBEDINSKIJ A. V., KREČMER V. (1984): Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 247 s.

- ŠACH F., KANTOR P., ČERNOHOUS V. (1994): Water budget in young stands of substitute tree species in immission region of the Trutnov Piedmont in the Czech Republic. *Lesnictví-Forestry*, 40: 5: 211–216.
- ŠACH F., KANTOR P., ČERNOHOUS V. (2007): Metodické postupy obhospodařování lesů s vodohospodářskými funkcemi [Guidelines on management of forests with water management functions]. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Recenzované metodiky pro praxi. *Lesnický průvodce 1/2007*, 25 s., ISBN 978-80-86461-84-7.
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. (2010): Nebezpečí povrchového odtoku a následné eroze ve smrkových porostech na prudkém jižním svahu při různých postupech obnovy lesa [Risk of overland flow and following erosion in Norway spruce stands on a steep south slope using different forest reproduction methods]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 4: 282–292.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F., KANTOR P. (2014): Metodické postupy optimalizace vodního režimu uspořádáním kultur v krajině [Method procedure using optimization of water regime through arrangement of mixed culture in landscape]. *Certifikovaná metodika*. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, *Lesnický průvodce 9/2014*, 31 s., ISBN 978-80-7417-086-7.
- TUŽINSKÝ L. (2004): Vodný režim lesných pôd. *Technická univerzita, Zvolen*, 101 s.
- VALTÝNI J. (1986): Vodohospodársky a vodoochranný význam lesa. *Lesnícke štúdie*, 38. *Príroda*, Bratislava, 68 s.
- VORONKOV N.A. (1993): O gidrologičeskoj roli počv i nekotorych ekologičeskich metodach upravlenija vodnymi resursami. *Počvovedenje*, 9: 55–63.

Poděkování

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0118 a z podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZe projektu NAZV QK1810415 „Vliv dřevinné skladby a struktury lesních porostů na mikroklima a hydrologické poměry v krajině“.

Hydrické poměry na stanovišti chudého boru – založení experimentu a první výsledky

Water conditions at nutrient-poor Scots pine site – experiment establishment and first results

ONDŘEJ ŠPULÁK*, DUŠAN KACÁLEK, JAN LEUGNER

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Stranady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika, *spulak@vulhmop.cz

Abstract

Effects of forest stand and clear-cutting on throughfall, soil moisture and infiltrating water were studied in Scots pine stands. The study site design and the first results are presented. Soil moisture in three depths varied with precipitation and decreased with depth. Drought in topsoil occurred due to low precipitation. The moisture responded quickly to heavy rainfalls. Precipitation totalled 688 mm in the open area while throughfall was 577 mm; excepting one storm excess, open-area values exceeded the throughfall ones. Up to 95% of throughfall infiltrated to topsoil, however only max. 6% of infiltrating water reached the soil layers deeper than 70 cm. Higher sums of precipitation together with lower transpiration needs increased infiltration in dormant period. Winter clear-cutting increased infiltration to the deepest layer. In spring, both clear-cut treatments showed 25 and 19 mm while below-stand control showed only 4 mm infiltrated below 70 cm depth. The difference was attributable to ceased evapotranspiration by Scots pine trees.

Key words: Scots pine, rainfall, soil water, soil moisture, infiltration, clear-cutting

Abstrakt

Vlivy lesního porostu a holoseče na podkorunové srážky, vlhkost půdy a průsak byly sledovány v porostech borovice. Příspěvek popisuje koncepci experimentu a první výsledky měření. Vlhkost půdy reagovala na průběh srážek, nárůst vlhkosti při silných srážkách byl takřka okamžitý, celkově však byl vždy zachován gradient poklesu vlhkosti s narůstající hloubkou. Na holině suma srážek dosáhla 688 mm, pod porostem to bylo pouze 577 mm; s výjimkou jedné bouřkové události byla periodická suma srážek na holině vyšší. Na povrch minerální půdy prosáklo až 95 % srážek, avšak do hloubky větší, než 70 cm to bylo pouze max. 6 % infiltrující vody. Vyšší sumy srážek mimo vegetační dobu spolu se sníženou transpirací navýšily infiltraci. Na holoseči došlo k zvýšení infiltrace do hlubších vrstev půdy. V jarním období byla suma vody prosakující do vrstev hlubších než 70 cm na obou holinách 25 a 19 mm, zatímco pod porostem to bylo pouze 4 mm. Rozdíl lze připisovat chybějící evapotranspiraci borovic na holinách.

Klíčová slova: borovice lesní, srážky, půdní voda, vlhkost půdy, průsak, holoseč

ÚVOD

Dřeviny svou intercepci a evapotranspiraci hrají významnou úlohu v koloběhu vody v krajině. Průběh intercepce a evapotranspirace porostu na konkrétním stanovišti závisí zejména na charakteru dřeviny (neopadavé jehličnany vs. listnaté dřeviny, habitus, hladkost/drsnost borky atp.), věku, hustotě a vertikální struktuře porostu (např. REYNOLDS, HENDERSON 1967; PECK, MEYER 1996; HRIBIK et al. 2012). Porosty vlhkost půdy ovlivňují jak nepřímo redukcí množství podkorunové srážkové vody, tak přímo čerpáním vody na transpiraci (desítky procent srážek) a půdního roztoku pro svou výživu (jednotky procent srážek), (KUTÍLEK, NIELSEN 1994). Množství a dostupnost vody v lesním ekosystému jsou klíčovými faktory ovlivňujícími čistou primární produkci a další biologické procesy (ILVESNIEMI et al. 2010).

Při vytěžení nebo při kalamitním odumření porostů v důsledku disturbancí dochází nejen ke změnám v podílu jednotlivých složek hydrologického cyklu porostu. Současně je vlivem zvýšeného přístupu světla zrychlena mineralizace povrchového humusu. Holosečný způsob hospodaření tak bývá spojován s negativním vlivem na kvalitu podzemních vod zvýšením vyplavování reaktivních forem dusíku. Studií analyzujících změny v chemismu podzemní vody v důsledku lesnického hospodaření je však minimum.

Studie porovnávací úhrny porostních srážek a jejich rozložení v půdě, ale i vliv těžby na množství či chemismus vody v půdě jsou soustředěny zejména do porostů modelových dřevin smrk a buk převážně ve vyšších polohách. Holosečný způsob hospodaření je však typický zejména pro borovici na přirozených borových stanovištích. Mimo to písčité půdy těchto stanovišť dávají předpoklad rychlého průsaku půdou v případě intenzivnějších srážek a tudíž rychlejšího kontaktu srážkové vody s podzemní vodou. Z tohoto důvodu byly pro založení objektu na sledování vlivu holosečného hospodaření na srážky a půdní vodu vybrány borové porosty na stanovišti 1M – chudý dubový bor.

Cílem příspěvku je popsat založení experimentu a analyzovat první výsledky sledování vybraných prvků koloběhu vody v porostu.

METODIKA

Výzkumný objekt Suchý chobot byl založen na jaře 2017 na majetku spravovaném Městskými lesy Hradec Králové, a. s., v oblasti v přírodní lesní oblasti (PLO) Polabí na stanovišti 1M – chudý (dubový) bor. Půdy jsou písčité, terasovité nánosy sahají až do výšky několika metrů nad hladinu podzemní vody.

Trojice výzkumných ploch nazvaných Kontrola, Holina 1 a Holina 2 se nachází v nadmořské výšce cca 255 m. Byly založeny ve třech sousedících lesních porostech o věku 85 (Kontrola) až 98 let (Holina 1) a hustotě horní stromové etáže okolo 670 jedinců na hektar. Na plochách dominovala borovice lesní, smrk byl zastoupen v podúrovni, přimíšená byla i borovice vejmutovka (Tab. 1).

Tab. 1: Základní charakteristika výzkumných ploch.**Tab. 1:** Study site treatments.

Plocha / plot	Věk [roky] age [years]	Výměra area [ha]	Zastoupení dřevin dle G species according to G [%]	Borovice lesní scots pine	
				D _{1,3} / DBH [cm]	h [m]
Kontrola / control	85	1,3	BO 93, SM 6, VJ 1	26,7	27,0
Holina 1 / clearing 1	98	1,1	BO 93, SM 7	27,0	25,1
Holina 2 / clearing 2	90	0,6	BO 91, SM 5, VJ 4	26,7	26,4

Note: BO – Scots pine, SM – Norway spruce, VJ – Weymouth pine

Během dubna a května 2017 byly uprostřed jednotlivých ploch výzkumného objektu vykopány a vypaženy lyzimetrické sondy o rozměrech (délka, šířka, hloubka) 4 × 1 × 1,5 m pro sledování průsaku srážkové vody. Sondy byly na všech lokalitách liniově osazeny 10 sběrnými lyzimetry o celkové ploše 1 m² instalovanými v rostlém půdním profilu v hloubce 70 cm. Lyzimetrická sestava na ploše Kontrola byla doplněna o lyzimetry (sběrná plocha 0,30 m²) umístěné přímo pod nadložním humusem (na povrchu minerální půdy). Vody protékající jednotlivými skupinami lyzimetrů byly kumulativně zachytávány.

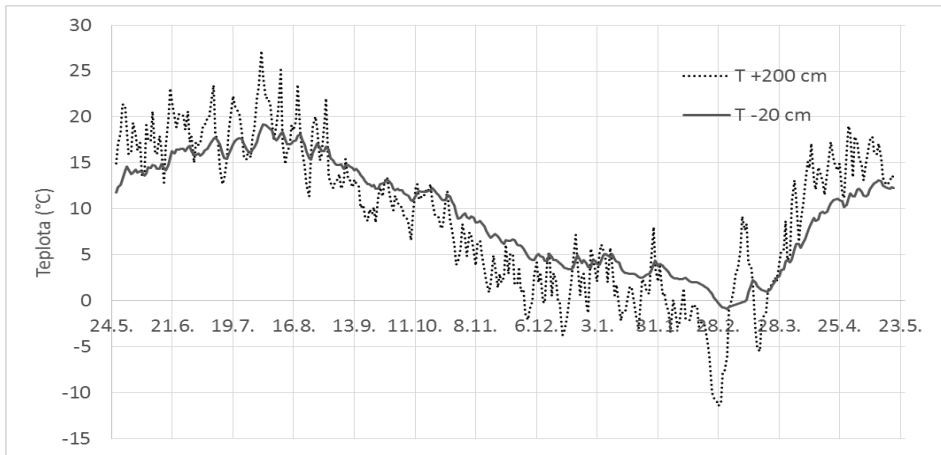
Na výzkumné ploše Kontrola a na blízké holině byly instalovány manuální srážkoměry pro zachytávání podkorunových srážek a srážek volné plochy. Dále byla na výzkumné ploše Kontrola instalována meteorologická stanička měřící teplotu vzduchu, půdy, záření, vlhkost půdy a podkorunové srážky. Hodnoty vlhkosti půdy nebyly rekalibrovány na tamní půdní typ.

V první polovině listopadu 2017 byla harvestorovou technologií realizována těžba porostů na plochách Holina 1 a Holina 2. Na ploše Holina 1 následně proběhlo vyklizení klestu a povrchová příprava půdy pomocí rotačních disků, na ploše Holina 2 byly těžební zbytky sнесeny do valů. Prostor kolem lyzimetrických sond nebyl narušen pojezdem mechanizace; povrch půdy v jejich okolí byl následně do požadovaného stavu upraven ručně. Na jaře 2018 byly lyzimetrické sondy na plochách Holina 1 a 2 dovybaveny lyzimetry umístěnými pod nadložním humusem.

Odběry srážkové i půdní vody byly prováděny v maximálně 3týdenních intervalech, byl stanoven objem, přepočten na ekvivalent srážek (mm) a vzorky předány na chemickou analýzu. Bylo hodnoceno období od 26. 5. 2017 do 18. 5. 2018.

VÝSLEDKY

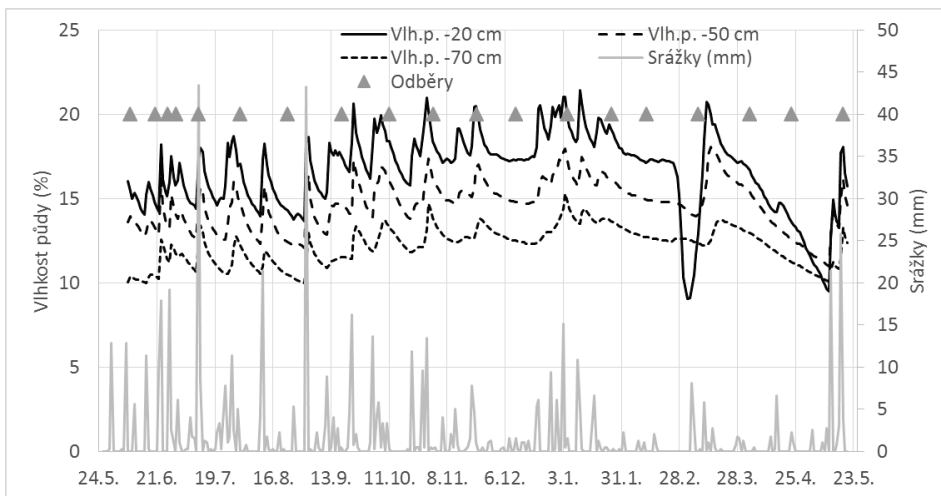
Pod porostem (na ploše Kontrola) se průměrná denní teplota vzduchu ve výšce 200 cm nad zemí v průběhu sledovaného období pohybovala mezi hodnotami –11,4 a +27,2 °C. Teplota půdy poklesla na začátku března pod bod mrazu (na minimum –0,9 °C; Obr. 2).



Obr. 1: Teplota půdy (T -20 cm) a teplota vzduchu (T +200 cm) pod porostem (kontrola) za sledované období.

Fig. 1: Below-ground soil (T -20 cm) and above-ground air (T +200 cm) temperatures under pine stand (Control plot) over observation period; y axis is temperature.

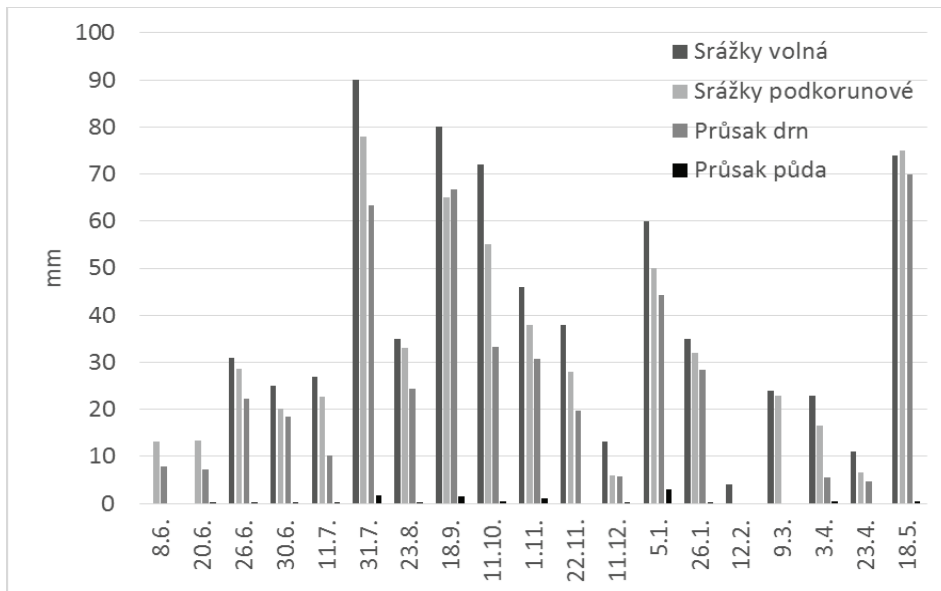
Maximální denní suma srážek dosáhla 43,4 mm, průměrná denní srážka byla 1,7 mm. Vlhkost půdy klesala s narůstající hloubkou půdního profilu. Pokles hodnot vlhkosti půdy v hloubce 20 cm na začátku března až na hodnotu 9,1 % souvisí přes nízké srážky převážně se zámrazem půdy (v hlubších vrstvách nebyl pokles tak výrazný). Naproti tomu pokračující nízké srážkové úhrny v jarním období až téměř do poloviny května vedly k snížení vlhkosti půdy svrchní vrstvy na 9,4 %, pokles se projevil v celém hodnoceném profilu (Obr. 2).



Obr. 2: Vlhkost půdy a denní suma srážek pod porostem (kontrola) a termíny odběrů za sledované období.

Fig. 2: Soil moisture and daily sum of precipitation under pine stand (Control plot) and dates of sampling; Vlhkost půdy, Vlh. p. – soil moisture; Srážky – precipitation; Odběry – sampling.

Suma srážek na volné ploše dosáhla za sledované období o délce téměř rok (26. 5. 2017 až 18. 5. 2018) 688,2 mm, podkorunových srážek bylo 577,4 mm. Až na výjimku posledního odběru, kterému předcházely bouřkové přívalové deště, byly v našem experimentu srážky volné plochy vždy vyšší než srážky podkorunové (Obr. 3).

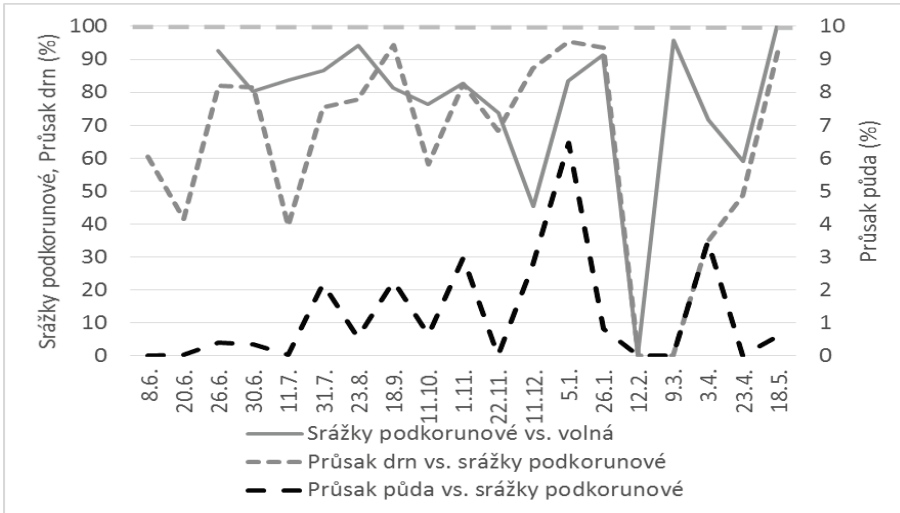


Obr. 3: Suma srážek na volné ploše a podkorunových srážek a průsaků na ploše Kontrola v intervalech odběrů vod; Průsak drn – množství prosakující vody na povrch minerální půdy; průsak půda – prosakující hlouběji než 70 cm do půdy.

Fig. 3: Sum of precipitation in open and sum of throughfall precipitation and infiltration on Control plot in sampling periods; Srážky volná – open area precipitation; Srážky podkorunové – throughfall; Průsak drn – infiltrating water in topsoil; Průsak půda – infiltrating water below 70 cm in soil.

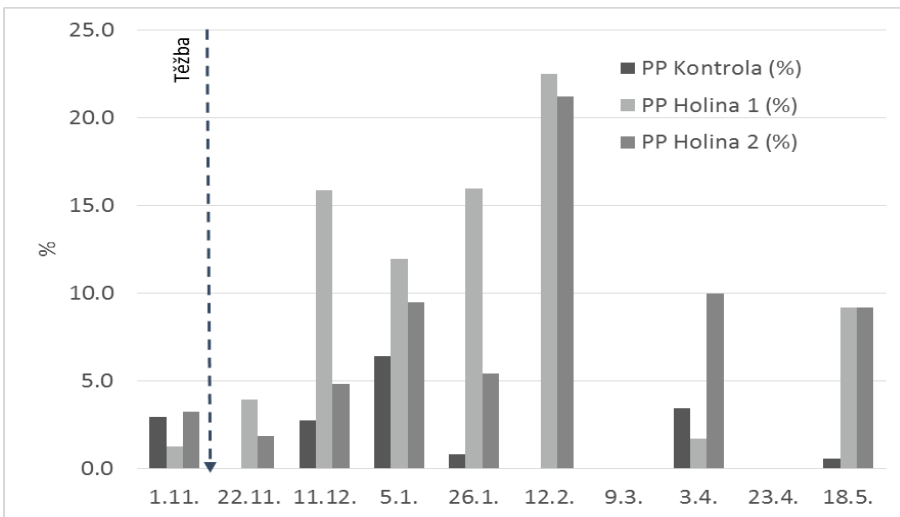
Přes výrazný podíl průsaku pod nadložní humus na povrch minerální půdy (až 95 % podkorunových srážek) do hloubky větší než 70 cm v půdě proniklo maximálně 6 % srážek. Při vyšších srážkových úhrnech mimo vegetační dobu byl podíl srážek protékajících půdou vyšší, než v době vegetační (Obr. 4).

Po těžbě porostů na plochách Holina 1 a 2 došlo k zvýšení podílu srážkové vody pronikající do půdy hlouběji než 70 cm (Obr. 5). Zatímco na ploše Kontrola proteklo od těžby do 18. 5. 2018 pouze 4,4 mm, na Holině 1 to bylo 24,5 mm a na Holině 2 pak 18,9 mm.



Obr. 4: Podíl podkorunových srážek na ploše Kontrola vůči srážkám volné plochy a podíl průsaku pod drnem a průsaku v půdě vůči podkorunovým srážkám; Průsak drn – množství prosakující vody na povrch minerální půdy; Průsak půda – prosakující hlouběji než 70 cm do půdy.

Fig. 4: Relative share of throughfall precipitation on Control plot versus open-area precipitation (solid grey line) and share of infiltration versus throughfall precipitation (dashed lines); Srážky podkorunové – subcanopy precipitation; Průsak drn – infiltration water in topsoil; Průsak půda – infiltration water below 70 cm in soil.



Obr. 5: Podíl průsaku do půdy (do hloubky větší než 70 cm) z podkorunových srážek na ploše Kontrola a ze srážek z volné plochy na plochách Holina 1 a 2 po těžbě porostů; První termín je posledním měřením před těžbou porostů (všechny tři plochy ještě pokryty lesem).

Fig. 5: Share of seepage below 70 cm in soil to subcanopy precipitation on Control plot and to precipitation in open on Clearing 1 and Clearing 2 plots after felling; First date represents last sampling prior harvest; Kontrola – Control plot; Holina – Clearing.

DISKUSE A ZÁVĚR

Podíl srážek vstupujících do půdy závisí nejen na jejich množství (GIELEN et al. 2010), ale i rozložení. Při nízkých srážkových úhrnech je jejich velká část transformována do intercepce a evapotranspirace; do půdy pak vstupuje jejich menší část. Svou úlohu hraje také rychlost a charakter větru, který vysušuje, ale může působit i setřes zachycených srážek. ILVESNIEMI et al. (2010) uvádějí pro borový porost podkorunové srážky na úrovni 67 % ročního srážkového úhrnu. Jejich údaj zahrnuje na rozdíl od našich prvních výsledků devítileté sledování celoročního průběhu bilance (ILVESNIEMI et al. 2010). V půdě boreálního porostu borovice byly vyšší objemové vlhkosti v hlubších horizontech (ILVESNIEMI et al. 2010). POBĚDINSKII, KREČMER (1984) uvádějí, že borové porosty v nížinných a chlumních podmínkách propouštěly 72 % srážek volné plochy k povrchu půdy. V naší studii činilo toto množství téměř 84 % srážek volné plochy. Odtok do hlubších vrstev půdy byl pod borovým porostem průměrně na úrovni pouhých 1,1 % srážek volné plochy za období od poloviny listopadu 2017 do 18. května 2018 v porovnání s modelovými 17 % stanovenými MOLČANOVEM (1952), jak je uvádějí POBĚDINSKII, KREČMER (1984); na obou variantách se holosečí se odtok do hlubších vrstev zvýšil cca 6–8krát.

Dalším aspektem upravujícím pronikání srážek do půdy je i fáze vegetační doby. Zatímco v zimě je intenzita čerpání vody vegetací minimální, na počátku vegetační doby je potřeba vody vysoká. Nepominutelný je také podíl přizemní vegetace. Na holině lze v následujících letech předpokládat její postupný rozvoj, a tím postupné zvětšování evapotranspirace. Její význam a význam lesnických obnovních opatření (orba, vyklizení klestu) bude moci být hodnocen v následujících letech.

Předběžné výsledky z počátků měření potvrdily klíčovou úlohu stromové složky borového lesa v redukcii vody protékající půdou, vliv vegetační doby na podíl této vody i nepříznivý vývoj srážek v průběhu jara 2018. Zatímco pod nadložní humus porostu borovice se dostalo cca 40–95 % srážek, i přes písčité charakter půdy byl pozorovaný podíl vody protékající půdou velice nízký (do hloubky větší než 70 cm se většinou dostalo méně než 3 % srážkové vody). Po těžbě stouplo množství vody protékající do hlubších půdních horizontů, ale i v mimovegetační době nepřekročilo množství z jednotlivých měření 23 % (Obr. 5). 19–25 mm prosakující vody na obou variantách od provedení holoseče do května 2018 lze považovat za vítané nadlepšení množství vody infiltrující do hlubších vrstev půdy. Dospělý porost snižoval infiltraci. Část vody je také součástí biomasy: WARING et al. (1979) odhadli její množství v nadzemní biomase cca 40 letého porostu borovice lesní na cca 12–21 mm. Odvozem dřeva vzniká z přísně lokálního pohledu ztrátová položka, která z hlediska celkové bilance ztrátou není; voda se při zpracování dřeva vypaří také, pouze jinde. Další období přinesou ověření a zpřesnění výsledků.

LITERATURA

- GIELEN B., VERBEECK H., NEIRYNCK J., SAMPSON D.A., VERMEIREN F., JANSSENS I.A. (2010): Decadal water balance of a temperate Scots pine forest (*Pinus sylvestris* L.) based on measurements and modelling. *Biogeosciences*, 7: 1247–1261.
- HRIBIK M., VIDA T., SKVARENINA J., SKVARENINOVA J., IVAN L. (2012): Hydrological Effects of Norway Spruce and European Beech on Snow Cover in a Mid-Mountain Region of the Polana Mts., Slovakia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 60: 4: 319–332.

- ILVESNIEMI H., PUMPANEN J., DUURSMA R., HARI P., KERONEN P., KOLARI P., KULMALA M., MAMMARELLA I., NIKINMAA E., RANNIK Ü, POHJA T., SIIVOLA E., VESALA T. (2010): Water balance of a boreal Scots pine forest. *Boreal Environment Research*, 15: 375–396.
- KUTÍLEK M., NIELSEN D.R. (1994): Soil hydrology. Cremlingen-Destedt, Catena, 370 s.
- PECK A., MAYER H. (1996): Influence of stand parameters on evaporation in forests. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 115: 1: 1–9.
- POBĚDINSKIĀ A. V., KREČMER V. (1984): Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 256 s.
- REYNOLDS E.R.C., HENDERSON C.S. (1967): Rainfall Interception by Beech, Larch and Norway Spruce. *Forestry*, 40: 165–184.
- WARING R.H., WHITEHEAD D., JARVIS P.G. (1979): The contribution of stored water to transpiration in Scots pine. *Plant, Cell and Environment*, 2: 4: 309–317.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu TH02030823 „Vývoj metodicko-technických postupů minimalizace dopadů lesního hospodářství na kvalitu podzemních vod v důsledku nadbytečné migrace reaktivních forem dusíku a fosforu“ a prostředků Ministerstva zemědělství v rámci institucionální podpory MZE-RO0118.

Porovnanie rastu duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) vo vybraných porastoch na Slovensku

*Comparison of the growth of Northern red oak (*Quercus rubra* L.) and durmast oak (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) in selected stands of Slovakia*

IGOR ŠTEFANČÍK

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, Masarykova 22,
960 92 Zvolen, Slovenská republika, stefancik@nlcsk.org

Abstract

The paper compares selected quantitative characteristics (mean diameter at breast height, mean height, number of trees, basal area, merchantable volume, basal area and volume increment) in red oak stand at the age of 49 years with two stands of durmast oak (age of 57 and 58 years) under comparable site conditions. The results showed higher values for red oak stands in comparison with durmast oak ones in all investigated quantitative parameters. The same results were also found for trees of selective quality (promising, crop) trees. Additionally, it was confirmed that quantitative production of red oak stand is higher in comparison to durmast oak stands.

Keywords: Northern red oak, durmast oak, quantitative production, crop trees

Abstrakt

Príspevok porovnáva vybrané kvantitatívne charakteristiky (strednú hrúbku $d_{1,3}$ a výšku, počet stromov, kruhovú základňu, objem hrubiny, prírastok na kruhovej základni a objemový prírastok) v poraste duba červeného vo veku 49 rokov a dvoch porastov duba zimného (vek 57 a 58 rokov) v porovnateľných stanovištných podmienkach. Výsledky ukázali vyššie hodnoty v poraste duba červeného vo všetkých sledovaných kvantitatívnych parametroch v porovnaní s porastmi duba zimného. Rovnaké výsledky sa dosiahli aj pre kategóriu stromov výberovej kvality (nádejné, cieľové) stromy. Potvrdila sa známa skutočnosť o vyššej kvantitatívnej produkcii duba červeného v porovnaní s dubom zimným.

Kľúčové slová: dub červený, dub zimný, kvantitatívna produkcia, cieľové stromy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Dub červený (*Quercus rubra* L.) bol do Európy introdukovaný zo severnej Ameriky už v 17. storočí (KUBÁT 2002), pričom na Slovensko v polovici 19. storočia (BENČAĽ et al. 1984). Najskôr bol vysádzaný do parkov a v 20. storočí aj do lesných porastov ako hospodárska drevina (RÉH, RÉH 1997). Na Slovensku v súčasnosti zaberá rozlohu 2 193 ha s podielom 0,11 % z celkového drevinového zloženia (ŠEBEŇ 2017). Z produkčného hľadiska sú možnosti pestovania duba červeného hlavne v južných oblastiach Slovenska, pričom podľa HANČINSKÉHO (1984) sú preň vhodné prírodné podmienky v hospodárskom súbore lesných

typov (HSLT) 108 – sprášové hrabové dúbavy a HSLT 111 – živné hrabové dúbavy, resp. v hospodárskom súbore 25 – živné bukové dúbavy. Obvykle sa vysádzal v skupine lesných typov *Carpineto-Quercetum*, ale napr. TOKÁR (1985) uvádza, že v oblasti Malých Karpát sa najčastejšie vysádzoval do skupiny lesných typov *Corneto-Quercetum*, v nadmorských výškach do 200 m. Podobne tomu bolo aj v Čechách, kde sú údaje o jeho výsadbe do 300 m (KUPKA et al. 2018). Naproti tomu v Rumunsku sa vysádzal do vyšších nadmorských výšok až do 780 m (SANDI, NICOLESCU 2011).

Dub červený sa považuje v mnohých krajinách za významnú introdukovanú drevinu (RÉH 1999; SANDI, NICOLESCU 2011; GUBKA, PITTNER 2014; MILTNER et al. 2016; KUPKA et al. 2018). Okrem toho sa považuje za drevinu odolnú voči pôsobeniu znečisteného ovzdušia a v 80. rokoch 20. storočia aj ako drevinu s minimálnym poškodením v dôsledku tracheomykózneho ochorenia (RÉH, RÉH 1997; KUPKA, MILTNER 2017), známejším pod názvom „hromadné hynutie duba“. Podľa niektorých autorov (ŠTEFANČÍK 1992; RÉH 1999) má táto drevina svoje odôvodnenie aj v lesoch osobitného určenia s rekreačnou, resp. kúpeľno-liečebnou a estetickou funkciou lesa. Veľmi známa je tiež svojim dobrým využitím v drevárskom priemysle (RÉH, RÉH 1997). V súvislosti so zmenou ekologických podmienok v dôsledku klimatickej zmeny sa tiež počíta s dubom červeným ako veľmi perspektívnou drevinou (THOMASIUŠ 1991).

Problematika sledovania rastu a vývoja duba červeného na Slovensku sa výskumne začala riešiť už v 60. a 70. rokoch 20. storočia (RÉH 1976; TOKÁR 1979). Vďaka rýchlemu rastu v mladom veku a vyššej objemovej produkcii v porovnaní s domácimi druhmi dubov (KOUBA, ZAHRADNÍK 2011; PODRÁZSKÝ et al. 2014), pomerne malej náročnosti na pôdne podmienky (HOLUBÍK et al. 2014), pozitívny vplyv na pôdne prostredie (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2010), dobrej prirodzenej obnovy (MYCZKO et al. 2014; MILTNER, KUPKA 2016) sa táto introdukovaná drevina stala predmetom záujmu a intenzívneho výskumu z rôznych aspektov (RÉH, RÉH 1997; TOKÁR 1998; GUBKA, SKLENÁR 2006; SANDI, NICOLESCU 2011; SLÁVIK, ŠTEFANČÍK 2015; VIEWEGH et al. 2016; KUPKA et al. 2018).

Cieľom tohto príspevku je zhodnotiť a porovnať vybrané kvantitatívne charakteristiky a niektoré parametre cieľových stromov v porastoch duba červeného a duba zimného v porovnateľných podmienkach Slovenska.

MATERIÁL A METODIKA

Podkladový materiál pochádza zo série trvalých výskumných plôch (TVP) na troch lokalitách (Dudince, Veľká Stráž a Novačany) v poraste duba červeného (*Quercus rubra* L.), ktorý vznikol z umelej obnovy radovou sadbou 2ročných sadenic pri vzdialenosti radov 1 m a v rozstupe v radoch 0,75 m, resp. dvoch porastov duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) z prirodzenej obnovy. Predmetné TVP boli založené v rokoch 1972 až 1984 a doteraz sa na nich vykonalo v pravidelných 5 ročných intervaloch viacero meraní. V tomto príspevku kvôli objektívnosti porovnávame iba merania vykonané v približne rovnakom veku. Základné údaje uvádza Tab. 1, podrobnejší popis je v prácach (ŠTEFANČÍK 2011, 2012, 2012a).

Tab. 1: Prehľad trvalých výskumných plôch.**Tab. 1:** Basic info on permanent research plots.

Lokalita ¹	Plocha ²	Vek ³	Skupina lesných typov ⁴	Nadmorská výška ⁵ [m]	Lesný vegetačný stupeň ⁶	Stredná hrúbka ⁷ d _{1,3} [cm]	Stredná výška ⁸ [m]	Drevina ⁹
Dudince	I-1	49	CQ	170	2. bukovo-dubový ¹⁰	17,8	24,5	dub
	I-2					17,5	24,3	červený ¹¹
	I-0					18,9	25,4	
Veľká Stráž	P-1	57	FQ	360	2. bukovo-dubový	14,4	17,7	
	P-2					15,5	18,2	
	P-3					15,4	17,7	dub
	N					15,6	17,9	zimný ¹²
	0 _C					15,1	18,4	
	0 _N					16,4	18,9	
Novačany	N-1	58	FQ	300	2. bukovo-dubový	14,7	18,7	dub
	N-2					16,1	19,3	zimný
	N-0					16,8	19,1	

Vysvetlivky (xplanatory notes):

¹locality, ²plot, ³age, ⁴forest type group, ⁵altitude, ⁶forest altitudinal zone, ⁷mean dbh, ⁸mean height, ⁹tree species, ¹⁰2nd beech-oak, ¹¹red oak, ¹²durmast oak

I-1, I-2, P-1, P-2, P-3, N, N-1, N-2: plochy, kde sa aplikuje úrovňová voľná prebierka; I-0, 0_C, 0_N, N-0: kontrolné plochy bez zásahu

I-1, I-2, P-1, P-2, P-3, N, N-1, N-2: plots with the free crown thinning; I-0, 0_C, 0_N, N-0: control plots with no intervention

Do založenia TVP sa v predmetných porastoch neuskutočnili nijaké úmyselné zásahy. Od založenia výskumných plôch sa na nich sleduje vplyv úrovňovej voľnej prebierky (ŠTEFANČÍK 1984) a bezzásahového režimu na ich kvantitatívnu a kvalitatívnu produkciu.

Na všetkých plochách sa uskutočnili štandardné biometrické merania, v rámci ktorých sa okrem kvantitatívnych parametrov (hrúbka d_{1,3}, výška stromov) klasifikovali stromy aj podľa vzrastových tried (relatívne výškové postavenie) so zameraním na stromy výberovej kvality (nádejné a cieľové stromy).

Klasifikácia podľa vzrastových tried (ŠTEFANČÍK 1984) zahŕňa:

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

Výškové krivky boli vyrovnané Michailoffovou funkciou (MICHAILOFF 1943) a objem hrubiny sa vypočítal podľa rovníc PETRAŠA a PAJTÍKA (1991). Podkladový materiál bol spracovaný štandardnými biometrickými a štatistickými metódami s použitím softvérového balíka QC Expert (Verzia 3.3) a tiež bežných vzorcov pre výpočet parametrov kvantitatívnej produkcie (ŠMELKO et al. 2003; SCHEER, SEDMÁK 2014).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V Tab. 2 sú uvedené vybrané kvantitatívne charakteristiky porovnávaných porastov duba červeného a duba zimného. Napriek nepatrnému rozdielnemu veku sa prejavili výraznejšie rozdiely v sledovaných parametroch. Najnižší počet stromov na hektár bol na lokalite Novačany (dub zimný) najmä v dôsledku skutočnosti, že v 80. rokoch 20. storočia bol tento porast postihnutý tracheomykóznym ochorením hubového pôvodu (hromadným hynutím dubov). Následkom toho došlo k značnému úbytku jedincov na tejto lokalite (ŠTEFANČÍK, STRMEŇ 2012). Vyšší počet stromov sme zaregistrovali v 57ročnom poraste duba zimného na lokalite Veľká Stráž, kde sa na zasahovaných plochách pohyboval v rozpätí 1586 až 2079 ks·ha⁻¹ a na kontrolných plochách 2106 a 2267 ks·ha⁻¹ (ŠTEFANČÍK 2012a). Podobne aj CHROUST (2007) zistil v 58ročnom dubovom poraste na kontrolnej ploche 1537 jedincov na hektár, čo je vyšší počet oproti našim údajom v rovnakom veku (1090 ks·ha⁻¹), ktorý potvrdzuje zvýšenú mortalitu jedincov na tejto lokalite v dôsledku hromadného hynutia v minulosti. V poraste duba červeného na lokalite Dudince bol počet stromov od 1444 do 1757 ks·ha⁻¹, čo je síce menej ako na lokalite Veľká Stráž (dub zimný), ale viacej v porovnaní s Novačanmi (dub zimný), napriek tomu, že ide o porast z umelej obnovy, t.z. s oveľa nižším počiatočným stavom. Kvantitatívne charakteristiky duba zimného s dubom červeným porovnávali aj GUBKA, SKLENÁR (2006), ktorí zistili vo veku 47 rokov 1960 jedincov na hektár duba červeného a 1920 ks·ha⁻¹ duba zimného. Oveľa nižšie počty duba červeného v rovnakom veku 47 rokov, po takmer 10ročnej intenzívnej výchove (po troch prebierkach) zistili RÉH, RÉH (1997), keď na plochách s akostnou úrovňovou prebierkou (podľa Schädolina) to bolo iba 417 až 454 ks·ha⁻¹, resp. na plochách s úrovňovou prebierkou s negatívnym výberom 323 a 333 ks·ha⁻¹. Napr. TOKÁR (1998) zistil v 39ročnom rovnorodom poraste duba červeného (TVP Ivanka pri Nitre) 1136 ks·ha⁻¹, resp. 1360 a 2404 ks·ha⁻¹ v zmiešanom poraste s orechom čiernym, čo sú nižšie počty ako sa v rovnakom veku zistili na TVP Dudince (ŠTEFANČÍK 2011).

Tab. 2: Kvantitatívne charakteristiky na trvalých výskumných plochách.

Tab. 2: *Mensuration characteristics on permanent research plots.*

Plocha <i>plot</i>	Vek <i>age</i> [roky <i>years</i>]	Počet stromov <i>number of trees</i> [ks·ha ⁻¹ <i>tree·ha⁻¹</i>]	Kruhovú základňu <i>basal area</i> [m ² ·ha ⁻¹]	Objem hrubiny <i>merchantable</i> <i>volume</i> [m ³ ·ha ⁻¹]	Priemerný periodický prírastok <i>mean periodical increment</i>	
					<i>i_G</i> [m ² ·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]	<i>i_{V7b}</i> [m ³ ·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
I-1	49	1 588	39,1	491	1,061	20,576
I-2		1 444	34,7	437	1,053	19,326
I-0		1 757	49,1	641	1,227	24,329
P-1	57	2 079	31,0	270	0,759	6,091
P-2		1 760	31,3	289	0,503	6,274
P-3		1 586	27,4	241	0,385	4,993
N		2 027	29,8	259	0,456	5,430
O _c		2 267	37,5	336	0,456	9,599
O _N		2 106	39,1	357	0,517	9,621
N-1		58	1 491	25,4	230	0,423
N-2	1 186		24,2	228	0,527	9,956
N-0	1 090		24,1	226	0,234	7,121

Vysvetlivky: ako pri Tab.1. For explanation see Table 1

Pri porovnávaní hodnôt kruhovej základne a objemu hrubiny sme napriek o málo nižšiemu veku porastu duba červeného zistili vyššie hodnoty v porovnaní s dubom zimným (Tab. 2). V prípade objemu hrubiny dokonca výrazne vyššie. Je to v dôsledku hodnoty stredných veličín (hrúbky $d_{1,3}$ a výšky), z ktorých sa uvedené parametre počítajú. Tieto boli vždy vyššie v poraste duba červeného v porovnaní s dubom zimným (Tab. 1). RÉH, RÉH (1997) uvádzajú v poraste duba červeného vo veku 62 rokov hodnoty kruhovej základne od 26,1 do 36,4 $m^2 \cdot ha^{-1}$ na vychovávaných plochách a 47,2 $m^2 \cdot ha^{-1}$, čo sú nižšie hodnoty v porovnaní s našimi, aj keď sú o 13 rokov staršie. Rovnako tomu bolo aj pri objeme hrubiny, keď sa hodnoty uvedených autorov pohybovali v rozpätí od 295 do 416 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Naopak, naše hodnoty dosiahnuté vo veku 39 rokov (ŠTEFANČÍK 2011) boli takmer totožné s údajmi TOKÁRA (1998), ktorý zistil na TVP Ivanka pri Nitre kruhovú základňu 30,8 $m^2 \cdot ha^{-1}$ a objem hrubiny 310 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Nami zistené hodnoty boli v rovnakom veku 31,0 a 29,8 $m^2 \cdot ha^{-1}$, resp. 304 a 317 $m^2 \cdot ha^{-1}$ (ŠTEFANČÍK 2011). Zaujímavá je skutočnosť, že hodnoty zistené na lokalite Dudince (plochy I-1 a I-2) uvedené v Tab. 2 sú dokonca o málo vyššie v porovnaní s hodnotami zistenými GUBKOM, SKLENÁROM (2006), ktorí v 82 ročnom poraste duba červeného zistili kruhovú základňu 33,4 $m^2 \cdot ha^{-1}$ a objem hrubiny 455 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

Rovnako aj hodnoty priemerného periodického prírastku na kruhovej základni (i_G) a objeme hrubiny (i_{V7b}) zistené v poraste duba červeného výrazne prevyšovali tie v porastoch duba zimného (Tab. 2). TOKÁR (1998) uvádza hodnoty prírastku 0,689 $m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ v nezmiešanom poraste a 0,709 a 0,895 $m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ v 39ročnom zmiešanom poraste s orechom čiernym. Hodnoty prírastku objemu hrubiny sa pohybovali v rozpätí 7,0 až 10,4 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. RÉH, RÉH (1997) zistili vo veku 62 rokov v poraste duba červeného hodnoty i_G v rozpätí 0,865 až 1,099 $m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ a hodnoty i_{V7b} v rozpätí 10,264 až 18,300 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$, čo sú hodnoty veľmi blízke našim. SANDI, NICOLESCU (2011) zistili iba v 10ročnom poraste duba červeného i_{V7b} 4,75–6,14 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$.

Porovnanie kategórie stromov výberovej kvality (nádejných, cieľových), ktoré sú najkvalitnejšími zložkami porastu (ŠTEFANČÍK 1984) potvrdilo výsledky dosiahnuté pre celý porast (Tab. 3).

Stromy výberovej kvality (nádejné, cieľové) porastu duba červeného (plochy I-1, I-2 a I-0) prevyšovali hodnotami kruhovej základne, objemu hrubiny ako aj stredných porastových veličín (d_g a h_g) zistené hodnoty pre porasty duba zimného. GUBKA, SKLENÁR (2006) uvádzajú vo veku 82 rokov v poraste duba červeného 164 $ks \cdot ha^{-1}$ cieľových stromov s priemernou hrúbkou $d_{1,3}$ 37,6 cm a výškou 26,2 m. Pri predpoklade ročného hrúbkového prírastku iba 0,5 cm, čo je reálne (SANDI, NICOLESCU 2011), by vo veku 82 rokov mali byť hodnoty na lokalite Dudince vyššie, ako uvádzajú citovaní autori, ktorí zistili pre potenciálne cieľové stromy hrúbkový prírastok 0,81 cm za rok. TOKÁR (1998) uvádza v 39 ročnom poraste duba červeného počet nádejných stromov 328 $ks \cdot ha^{-1}$ s kruhovou základňou 9,7 $m^2 \cdot ha^{-1}$ a objemom hrubiny 103 $m^3 \cdot ha^{-1}$, čo sú hodnoty blízke našim na lokalite Dudince vo veku 39 rokov (ŠTEFANČÍK 2011). Nižšie počty nádejných stromov (čakateľov v zmysle Schädeline) zistili vo veku 62 rokov v poraste duba červeného RÉH, RÉH (1997), ktorí uvádzajú 128 až 156 $ks \cdot ha^{-1}$ s kruhovou základňou 13,4 až 15,1 $m^2 \cdot ha^{-1}$ a objemom hrubiny 159 až 164 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

Tab. 3: Kvantitatívne charakteristiky stromov výberovej kvality (nádejných a cieľových) stromov.**Tab. 3:** Measurement characteristics of the trees of selective quality (promising and crop trees).

Plocha ¹	Vek ² [roky]	Počet stromov ³ [ks·ha ⁻¹]	Kruhovú základňu ⁴		Objem hrubiny ⁵		Stredná hrúbka ⁶ výška ⁷	
			[m ² ·ha ⁻¹]	[% z hl. porastu ⁸]	[m ³ ·ha ⁻¹]	[% z hl. porastu ⁸]	d _{1,3} [cm] (d _g)	[m] (h _g)
I-1	49	285	14,5	37,5	207	42,7	25,4	28,7
I-2		222	12,0	34,5	175	40,0	26,2	29,5
I-0		243	13,8	28,1	207	32,3	26,9	30,2
P-1	57	173	6,2	20,0	65	24,1	21,4	21,2
P-2		160	6,3	20,0	69	23,7	22,3	21,9
P-3		120	4,7	17,0	49	20,2	22,3	20,8
N		300	11,6	38,8	121	46,9	22,2	20,9
O _c	58	160	5,8	15,4	63	18,7	21,4	21,7
O _N		387	13,0	33,2	135	37,8	20,7	20,9
N-1		124	3,8	14,9	37	16,2	19,7	19,7
N-2		86	2,9	11,9	28	12,4	20,6	19,9
N-0		67	2,6	10,9	26	11,6	22,2	20,0

¹plot, ²age (years), ³number of trees, ⁴basal area, ⁵merchantable volume, ⁶mean diameter dbh, ⁷mean height, ⁸percentage out of the main stand

ZÁVER

Porovnanie vybraných kvantitatívnych charakteristík 49ročného porastu duba červeného s dvomi porastmi duba zimného (57 a 58ročného) v porovnateľných stanovištných podmienkach poukázalo na vyššie hodnoty strednej hrúbky $d_{1,3}$, strednej výšky, kruhovej základne a objemu hrubiny pre dub červený. Rovnako aj hodnoty priemerného periodického prírastku (objemového i na kruhovej základni) výrazne prevyšovali tie, ktoré sme zistili v porastoch duba zimného. Podobne vyššie hodnoty uvedených kvantitatívnych veličín boli aj pre kategóriu stromov výberovej kvality (nádejné, cieľové), ktoré sú najkvalitnejšími stromami porastov. Výsledky potvrdili známu skutočnosť o vyššej kvantitatívnej produkcii duba červeného v porovnaní s dubom zimným.

LITERATÚRA

- BENČAĽ F. et al. (1984): Rozšírenie drevín v záujmovom území Dunajského diela. Acta dendrobiologica, č. 6/84. Bratislava, Veda, 168 s.
- GUBKA K., SKLENÁR P. (2006): Porovnanie niektorých znakov štruktúry porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch) Liebl.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 48: 183–196.
- GUBKA K., PITTNER J. (2014): Analýza početnosti a znakov ovplyvňujúcich kvalitu jedincov duba červeného (*Quercus rubra* L.) v obnovovanom poraste. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 60: 109–115.
- HANČINSKÝ L. (1984): Možnosti pestovania smreka a introdukovaných drevín v 2. a 3. vegetačnom lesnom stupni. Les, 40: 3: 107–110.

- HOLUBÍK O., PODRÁZSKÝ V., VOPRAVIL J., KHEL T., REMEŠ J. (2014): Effect of agricultural lands afforestation and tree species composition on the soil reaction, total organic carbon and nitrogen content in the uppermost mineral soil profile. *Soil and Water Research*, 9: 192–200.
- CHROUST L. (2007): Quality selection in young oak stands. *Journal of Forest Science*, 53: 210–221.
- KOUBA J., ZAHRADNÍK D. (2011): Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: Prknová H. (ed.): Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice. Sborník příspěvků z konference, Kostelec nad Černými lesy, 25. 11. 2011, Praha, ČZU, ISBN 978-80-213-2222-6, s. 52–66.
- KUBÁT K. (ed.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. Praha, Academia, 927 s.
- KUPKA I., MILTNER S. (2017): Kvantitativní a kvalitativní parametry dubu červeného v aridních oblastech Čech – předběžné sdělení. In: Jaloviar, P., Saniga, M. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture, Zvolen, TU, ISBN 978-80-228-2979-3, s. 61–68.
- KUPKA I., BALÁŠ M., MILTNER S. (2018): Quantitative and qualitative evaluation of Northern red oak (*Quercus rubra* L.) in arid areas of North-Western Bohemia. *Journal of Forest Science*, 64: 2: 53–58.
- MICHAIOFF I. (1943): Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven. *Forstwissenschaftliches Centralblatt und Tharandter Forstliches Jahrbuch*, 6: 273–279.
- MILTNER S., KUPKA I., TŘEŠTÍK M. (2016): Effects of Northern red oak (*Quercus rubra* L.) and Sessile oak (*Quercus petraea* (Matusch.) Liebl.) on forest soil chemical properties. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 62: 169–172.
- MILTNER S., KUPKA I. (2016): Silvicultural potential of northern red oak and its regeneration – Review. *Journal of Forest Science*, 62: 145–152.
- MYCZKO Ł., DYLEWSKI Ł., ZDUNIAK P., SPARKS T.H., TRYJANOWSKI P. (2014): Predation and dispersal of acorns by European Jay (*Garrulus glandarius*) differs between a native Pedunculate Oak (*Quercus robur*) and an introduced oak species Northern Red Oak (*Quercus rubra*) in Europe. *Forest Ecology and Management*, 331: 35–39.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 1: 49–56.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., REMEŠ J. (2014): Potential consequences of tree species and age structure changes of forests in the Czech Republic – review of forest inventory data. *Wood Research*, 59: 483–490.
- 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: 71–77.
- RÉH J. (1976): Štúdium štruktúry a vývoja žrdoviny duba červeného. In: Zborník vedeckých prác LF VŠLD vo Zvolene, 9: 1: 85–104.
- RÉH J., (1999): Vývoj kvantitatívnej produkcie žrdoviny duba červeného vychovávanej metódou cieľových stromov pri rôznej sile zásahov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 41: 135–152.
- RÉH J., RÉH R. (1997): Dub červený (*Quercus rubra* L.), jeho vývoj štruktúra a rastové procesy vplyvom prebierok a možnosti využitia jeho dreva v drevospracujúcom priemysle. *Vedecké štúdie TU vo Zvolene*, č. 12/1997/A. Zvolen, TU, 71 s.

- SANDI M., NICOLESCU V.N. (2011): Early biometrical performances of northern red oak (*Quercus rubra* L.) in the south-east of Transylvania (Romania): a case-study. Spanish Journal of Rural Development: 63–70.
- SCHEER L., SEDMÁK R. (2014): Biometria. Zvolen, Technická univerzita, 310 s., ISBN 978-80-228-2682-2.
- SLÁVIK M., ŠTEFANČÍK I. (2015): Porovnání vybraných kvalitativních znaků kmene dubových porostů při různém vlivu pomocných dřevin. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 61: 1: 31–36.
- ŠEBEŇ V. (2017): Národná inventarizácia a monitoring lesov SR 2015–2016. Informácie, metódy, výsledky. Lesnícke štúdie 65, Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 255 s., ISBN 978-80-8093-234-3.
- ŠMELKO Š., SCHEER L., PETRÁŠ R., ĎURSKÝ J., FABRIKA M. (2003): Meranie lesa a dreva. Zvolen, ÚVVP LVH SR, 240 s., ISBN 80-89100-14-7.
- ŠTEFANČÍK I. (2011): Štruktúra a vývoj porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) s rozdielnym funkčným zameraním. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 57: 1: 32–41.
- ŠTEFANČÍK I. (2012): Growth characteristics of oak (*Quercus petraea* [Mattusch.] Liebl.) stand under different thinning regimes. Journal of Forest Science, 58: 2: 67–78.
- ŠTEFANČÍK I. (2012a): Vývoj kvantitatívnej produkcie porastu duba zimného (*Quercus petraea* [Mattusch.] Liebl.) s rozdielnym režimom výchovy. In: Saniga M. et al. (eds.): Pestovanie lesa v strednej Európe. Zborník recenzovaných vedeckých prác. Technická univerzita Zvolen, ISBN 978-80-228-2369-2, s. 212–220.
- ŠTEFANČÍK I., STRMEŇ S. (2012): Zhodnotenie štruktúry, rastu a vývoja dubového porastu (*Quercus petraea* Mattusch. [Liebl.]) postihnutého v minulosti hromadným hynutím. Lesnícky Časopis – Forestry Journal, 58: 1: 10–21.
- 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. (1992): Vplyv výchovného zásahu na porast duba červeného (*Quercus rubra* L.) s kúpeľnoliečebnou a produkčnou funkciou. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 38: 3: 253–268.
- THOMASIU H. (1991): Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 110: 4: 305–330.
- TOKÁR F. (1979): Zhodnotenie vybraných cudzokrajných listnatých drevín na Slovensku z hľadiska ich rastu a možnosti pestovania. Acta Dendrobiologica, 1–2, 119–146.
- TOKÁR F. (1985): Rozšírenie cudzokrajných drevín v lesných porastoch Malých Karpát a ekologicko-produkčná analýza ich hlavných druhov. Lesníctví, 31: 6: 501–518.
- TOKÁR F. (1998): Fytotechnika a produkcia dendromasy porastov vybraných cudzokrajných drevín na Slovensku. Acta dendrobiologica, Bratislava, Veda, 157 s., ISBN 80-224-0515-9.
- VIEWEGH J., MILTNER S., MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V. (2016): Comparison of the herb layer composition in stands of several tree species in the Louny region. Beskydy, 9: 1–2: 41–48.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky na základe zmluvy č. APVV-15-0032 a úlohy výskumu a vývoja MPRV SR (2016–2018) „Výskum, inovácie a podpora konkurencieschopnosti lesnícko-drevárskeho komplexu“.

Rekonštrukcie smrečín na Kysuciach s použitím umelej obnovy buka rôznymi technológiami

Reconstruction of Norway spruce forest using various techniques of artificial regeneration of European beech in Kysuce region

ANNA TUČEKOVÁ*, ELENA TAKÁČOVÁ, MIRIAM MALOVÁ, VALÉRIA LONGAUEROVÁ

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, Masarykova 22,
960 92 Zvolen, Slovenská republika, *tucekova@nlcsk.org

Abstract

The paper presents findings from artificial regeneration of European beech by seeding (classical seed plots and the vegetative cells plots) and planting (bare-root and containerized seedlings) during five vegetation periods on the demonstration object Husárik, the Kysuce region, Slovakia. Beech seeds germinated significantly better in "vegetative cells" than on classical plots. Seedlings from both modes of seeding survived without major problems and damages, mostly in good health. Already after the first year, containerized seedlings reached significantly higher values of growth parameters of the above-ground part than bare-root ones. Containerized seedlings also better adapted to site conditions and survived; mortality of the bare-root seedlings was about 10% higher after the second vegetation period (growing season).

Key words: *demonstration object Husárik, reconstruction, artificial regeneration, planting, sowing, beech*

Abstrakt

Príspevok uvádza poznatky z umelej obnovy buka lesného sejbou (klasická a mikrovýsevy vo vegetačných bunkách) a sadbou (voľnokorenné a krytokorenné sadenice) v priebehu 5 vegetačných období na demonštračnom objekte Husárik. Pri sejbe významne lepšie vyklíčili semená buka vo „vegetačných bunkách“ ako na klasických ploškách. Semenáčky z oboch spôsobov sejby prežívajú bez väčších problémov, poškodení, prevažne v dobrom zdravotnom stave. Jedince zo sadby voľnokorenných a krytokorenných typov sadeníc už po 1. roku preukázali štatisticky významné rozdiely rastových parametrov nadzemnej časti v prospech krytokorenných. Krytokorenné sadenice buka mali vyššiu ujatosť a aj sa lepšie po výsadbe adaptovali. Voľnokorenné sadenice mali po šoku po výsadbe po prvých dvoch vegetačných obdobiach vyššie straty o cca 10 %.

Kľúčové slová: demonštračný objekt Husárik, rekonštrukcie, umelá obnova, sadba, sejba, buk

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Klimatologické pozorovania za posledné desaťročia naznačujú zmenu viacerých klimatických prvkov, najmä nárast teploty vzduchu od konca 19. storočia približne o 0,8 °C

a zmenu rozloženia zrážok v roku smerom k suchším letám. Projekcie vývoja klímy pre strednú Európu predpokladajú do roku 2100 oteplenie o 3 až 4 °C v porovnaní s klímou 1961–1990, a úbytok zrážok najmä po roku 2050 približne o 10 % (CHRISTENSEN et al. 2007). Takáto zmena môže na Slovensku spôsobiť posun podmienok určujúcich výskyt a produkciu drevín o niekoľko vegetačných stupňov nahor. Smrek je v súvislosti s klimatickou zmenou považovaný za našu najohrozenejšiu drevinu. Výsledky simulácií produkčného potenciálu však nie sú až také jednoznačné (HLÁSNY et al. 2011).

V posledných desaťročiach sú predovšetkým nepôvodné smrečiny na Slovensku sústavne postihované kalamitami, spôsobujúcimi rozsiahle ekologické aj ekonomické škody. Očakávané anomálie počasia, predovšetkým teplotné extrémny a prísušky pravdepodobne ďalej vystupňujú ohrozenie budúcich smrekových porastov, či už priame cez fyziológiu stromov alebo nepriame, zvýšenou agresivitou patogénov, napr. podpňoviek (*Armillaria* sp.) (TUČEKOVÁ, LONGAUEROVÁ 2008).

V oblasti Západných Beskýd (Kysuce a Orava) masívna vlna podkôrnikovej kalamity pomešne sprevádzanej podpňovkou gradovala v rokoch 2008–2012 a zanechala za sebou rozsiahle holiny a narušené porasty, ktoré je nutné rekonštruovať. Požiadavka na spoločné plnenie ekologických, sociálnych a ekonomických funkcií vyžaduje odklon od pestovania ihličnatých monokultúr. Transformácia lesa je značne dlhodobý proces, zmeny zastúpenia drevín sú pozvoľné a výraznejšie výsledky sa prejavajú až v priebehu niekoľko lesníckych generácií.

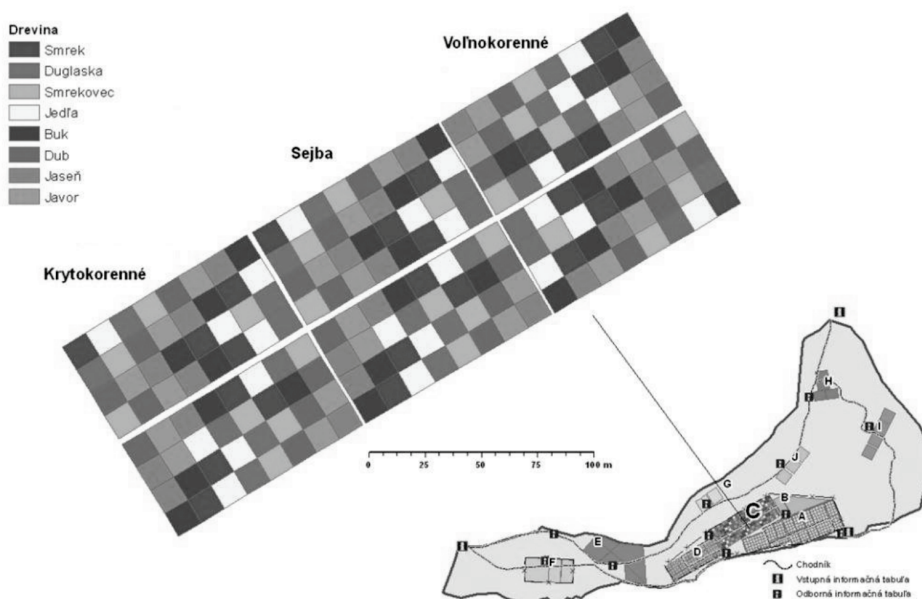
Cieľom nášho príspevku je prezentácia vývoja 5ročných výsledkov rôznych technologických postupov umelej obnovy buka v rámci demonštračného objektu rekonštrukcií smrečín (DORS) na Kysuciach. Demonštračný objekt (DO) Husárik sa vybudoval v rámci projektu „*Demonštračný objekt premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy*“ na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rokoch 2009–2012 na pozemkoch spravovaných Lesy SR, š. p., OZ Čadca. Účelom jeho zriadenia je aj praktická ukážka, overenie a nadväzujúci systematický výskum rôznych alternatív obnovy lesa na kalamitných holiňach pri rekonštrukciách odumierajúcich smrečín. Výskumno-demonštračný objekt Kysuce reprezentuje hynutím smreka významne zasiahnutý región severného Slovenska. Stanovištné podmienky sú relatívne homogénne, typické pre vonkajšie flyšové pásmo Západných Karpát (KULLA 2010).

METODIKA A MATERIÁL

Lokalita Husárik, s výmerou 609 ha, reprezentuje nižšie polohy na rozhraní 4. a 5. vegetačného stupňa s prevahou živných stanovišť. V posledných rokoch je akútne zasiahnutá biotickým typom rozpadu najmä v dôsledku ataku podkôrneho hmyzu. Hlavným cieľom DO Husárik je vývoj, overenie a praktická demonštrácia progresívnych technológií premeny odumierajúcich smrečín na stabilnejšie multifunkčné lesy. Objekt má súčasne dlhodobo slúžiť na efektívny a kontinuálny prenos súčasných aj budúcich poznatkov týkajúcich sa danej problematiky do praxe lesného hospodárstva.

Jeden z 10 založených experimentov DO Husárik je experiment „C“ – porovnanie alternatív umelej obnovy (sejba klasická a mikrosejba, sadba voľnokorenné a krytokorenné sadenice 8 drevín). Pokusné plochy v experimente „C“ sú usporiadané formou znáhodnených blokov s opakovaním, čo umožňuje štatistické vyhodnocovanie rozdielov medzi overovanými

variantmi (TUČEKOVÁ 2012). Zjednocujúcim metodologickým prvkom pri priestorovom projektovaní dizajnu všetkých experimentov je porovnanie rôznych alternatív technológií umelej obnovy metódou znáhodnených poľných pokusov s opakovaním (latinských štvorcov), prispôbeným pre štatistické vyhodnotenie metódou analýzy variancie.



Obr. 1: Schéma experimentu „rôzne technológie sejby a sadby“ v rámci demonstračného objektu rekonštrukcii smrečín Husárik na Kysuciach (ŠEBEŇ et al. 2011).

Fig. 1: Spatial scheme of the experiment "Various seeding and planting technologies" (ŠEBEŇ et al. 2011).

Cieľom experimentu (Obr. 1), na ktorý v príspevku upriamujeme pozornosť, je porovnať technologické postupy sadby a sejby buka na holinách po rozpade monokultúry smreka. Umelá obnova sa uskutočnila štyrmi spôsobmi:

- sejba – klasická (plôšky 30 × 30 cm): 2–4 semená na plôšku;
- sejba – mikrovýsevy (vegetačné bunky – VB): 2–3 semená do VB;
- sadba – krytokorené sadenice (K1+0);
- sadba – voľnokorené sadenice (1+1).

Pri oboch spôsoboch sejby sa použil výsevový substrát, perlit, hydrogel aj pôdny kondicionér BactoFil B. Sejba aj sadba buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) je v pravidelných sponoch – (1,2 × 1,2 m). Základné informácie o sadbovom materiáli sú uvedené v Tab. 1. Pri výbere sadbového materiálu sa dodržali genetické, morfológické aj fyziologické hľadiská kvality sadeníc a pri transporte, manipulácii a samotnej výsadbe technologická disciplína. Sejba sa uskutočnila v roku 2011 v jarnom období a sadba v jarnom (voľnokorené) a jesennom (krytokorené) termíne.

Tab. 1: Základná charakteristika krytokorenného (KK) a voľnokorenného (VK) sadbového materiálu buka vysadeného v experimente pre porovnanie technologických postupov sadby a sejby buka na holiňách po rozpade monokultúry smreka

Tab. 1: The basic characteristic of containerized plants (KK) and bare-rooted (VK) seed material of European beech planted in experiment "C".

Drevina <i>tree species</i>	Typ <i>type</i>	Evidenčný kód <i>registration code</i>	Semenárska oblasť <i>seed zone</i>	Vek <i>age</i>	Obal <i>container</i>
buk lesný	KK	26525BJ-269	2 – Severo-východoslovenská	K1	Jiffy 7 Forestry
buk lesný	VK	26525BJ-269	2 – Severo-východoslovenská	1/1	-

Počas prvých 5 vegetačných období sa kontinuálne vyhodnocoval vývoj bukových kultúr, ujatosť, ich straty, prežívanie, zdravotný stav, poškodenie a porovnávali sa rastové parametre jedincov buka založených rôznymi technologickými postupmi (sejby a sadby). Biometrické údaje boli spracované jednofaktorovou analýzou rozptylu a významnosť rozdielov hodnotených parametrov bola posúdená Duncanovým testom ($P < 0,05$) (PC program Qcexpert).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Dosiahnutie zmiešaných porastov je prioritou pri rekonštrukciách odumierajúcich smrečín. Rekonštrukcia odumierajúcich smrekových lesov na zmiešané lesy predpokladá dlhodobé systematické vnášanie chýbajúcich drevín umelou obnovou. K týmto cieľovým drevinám v oblasti kysuckých rozpadajúcich sa smrečín patrí aj buk. Buk sa v poľadovom období do strednej Európy vrátane Západných Karpát rozšíril z južných predhorí Álp a severu Dinárskej oblasti. Dokazuje dobrú adaptáciu na miestne klimatické podmienky, čo preukazuje jeho rašenie, trvanie rastu a ukončenie vegetácie, čo ovplyvňuje aj kombinácia teploty (suma teplôt) a dĺžky dňa. Tieto charakteristiky potvrdzujú aj výsledky nášho výskumu na demonštračnom objekte Husárik. V Tab. 2 sú prezentované výsledky sejby – vyklíčenia buka vo vegetačných bunkách (mikrosejba) a na plôškach (klasická sejba) po 1. vegetačnom období.

Významne lepšie vyklíčili semená pod krytom, t.j. vo vegetačných bunkách, ako na klasických plôškach. V priebehu nasledujúcich štyroch rokov sme po sejbe nezaznamenali ďalšie významnejšie straty ani poškodenia spôsobené rôznymi faktormi (zver, hľadavce, nadmerné sucho, sneh apod.) (Tab. 2).

Tab. 2: Percentá vyklíčených semenáčikov buka v jednotlivých variantoch experimentu po 1. vegetačnom období „C“.

Tab. 2: Percentage of beech seedlings germinated in individual blocks of experiment "C".

Drevina <i>tree species</i>	Vyklíčené semenáčiky [%] <i>germinated seedlings [%]</i>									
	Mikrosejba (vegetačné bunky – VB) <i>microseeding (vegetative cells – VC)</i>					Klasická sejba (plôšky) <i>classical seeding (spot)</i>				
Blok <i>block</i>	I	II	III	IV	Priemer <i>average</i>	V	VI	VII	VIII	Priemer <i>average</i>
Buk <i>beech</i>	88	83	80	94	86,3	73	69	72	58	68,0

Ak porovnáваме ujatost' obidvoch spôsobov umelej obnovy (sejba, sadba), môžeme konštatovať, že sa pri jednotlivých variantoch významne líši. Sejba vo vegetačných bunkách a krytokorenné výsadby dosiahli v priemere v jednotlivých blokoch percentá ujatosti (vyklíčenia) 80–94 %, potom nasledovali 67–86 % ujatia voľnokorenných výsadbí a najnižšie priemerné percentá ujatosti (vyklíčenia) mali buky z klasickej sejby na plôšky (58–73 %). Najvyššie percentá ujatosti v priemere dosiahli krytokorenné výsadby – 88,3 %, za nimi nasledovali sejba vo vegetačných bunkách – 86,3 %, voľnokorenné výsadby – 77,1 % a najnižšie percento dosiahli sejby klasickej na plôšky – 68 % (Tab. 2 a 3). Ďalšie straty v štyroch nasledujúcich rokoch sme zaznamenali len na voľnokorenných výsadbách (zvýšene cca o 10 %). Obdobné výsledky pri voľnokorennom smreku v porastoch ohrozovaných imisiami 2 roky po výsadbe pozoroval aj LOKVENC (1990), pričom úhyn bol o 18 % vyšší u voľnokorenných sadeníc ako u krytokorenných. Lepšiu ujímavosť krytokorenných smrekových sadeníc v porovnaní s voľnokorennými 4 roky po výsadbe popisujú aj SKOUPÝ (1979) a PELLISIER (1992). Na krytokorenných výsadbách ďalšie straty nepozorujeme. Rovnako aj REPÁČ et al. (2012) zistili na výskumnej ploche v Kremnických vrchoch po 2. vegetačnom období vyššie straty voľnokorenného sadbového materiálu buka na hodnoty 71,8 %. V Kysuckej oblasti na výskumnej ploche LS Makov zistil aj SLAVIK (2013) po 3. vegetačnom období nižšie priemerné prežívanie voľnokorenných bukových výsadbí na úrovni 68 %.

Ak porovnáваме poškodenie bukových jedincov zo sejby a sadby, môžeme konštatovať, že najvýznamnejšie poškodenie sme zaznamenali na voľnokorenných výsadbách, ktoré boli spôsobené v 1. roku šokom po výsadbe (suchý terminálny výhonok – 16 %) a v nasledujúcich 2 rokoch to bolo poškodenie terminálov zverou (zajac –16 %), mrazom a mechanicky pri vyžínaní (8 %). Pri krytokorenných výsadbách boli poškodenia menej významné, pričom na jedincoch zo sejby sme nepozorovali žiadne z týchto poškodení.

Tab. 3: Percentá ujatosti krytokorenných a voľnokorenných sadeníc buka a ich poškodenie v jednotlivých blokoch experimentu „C“.

Tab. 3: Percentage of survival of containerized and bare-root beech seedlings and its damage in individual blocks of experiment "C".

Drevina tree	Ujatost' [%] survival [%]									Poškodenie [%] damage [%]			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Priemer average	Suchý terminál dry (leading) shoot	Zver wild game	Hmyz insects	Iné* other*
Krytokorenné výsadby containerized plants													
Buk beech	85	88	90	90	84	94	82	93	88,3	13	2	-	6
Voľnokorenné výsadby bare-root plants													
Buk beech	67	83	73	67	69	87	85	86	77,1	16	16	-	8

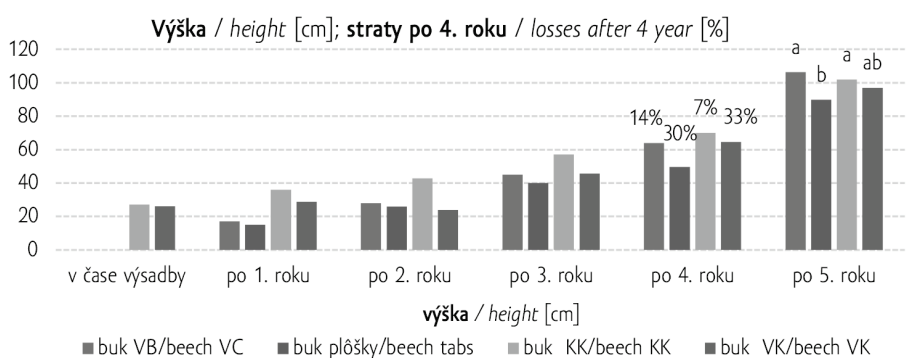
* poškodenie výsadbí (náhradný terminál, zlom ohyb tlakom snehu, mráz apod.)

* damage to plantings (replacement terminal, bending of snow pressure, frost etc.)

Aj keď najbližšia metóda k prirodzenej obnove je sejba, na Slovensku nemá doteraz širšie prevádzkové uplatnenie. Aspoň čiastočne eliminovať negatívne faktory vysokých strát biotickými a abiotickými činiteľmi, príp. problematickú ochranu kľúčnych rastlín proti tlaku buriny, navrhuje prezentovaný spôsob „sejby vo vegetačných bunkách“ („vegetačné bunky“: substrát, semeno, hydrogel, pôdny kondicionér vo vegetačnom kryte) (TUČEKOVÁ 2007).

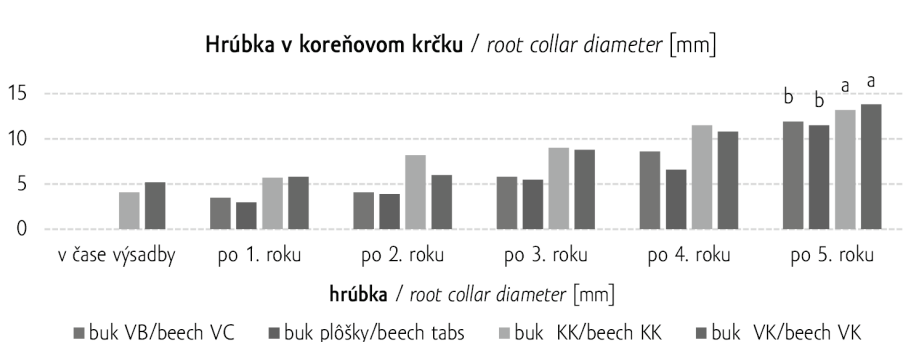
Technológia obnovy lesa sejbou „vo vegetačných bunkách“ potvrdila nielen vhodné fyzikálne a chemické podmienky, ale aj vhodný hydrotermálny režim pre rozvoj kľúčiacich semien a semenáčikov tak, ako to prezentovali aj MAUER et al. (2005). Podporné látky typu hydroabsorbent, práve z dôvodu opakovaných významných klimatických vlahových a teplotných výkyvov počas vegetačnej periódy, zadržovali v priestore kľúčišťa vlahu a zároveň priaznivo vplývali na novovytváraný koreňový systém buka (TUČEKOVÁ 2009).

Na Obr. 2 a 3 je prezentovaný 5ročný vývoj rastových parametrov (výška, hrúbka v koreňovom krčku) jedincov zo sejby a sadby, ich straty v % po 4. vegetačnom období a štatisticky významné rozdiely vo výške po 5. vegetačnom období (značenie písmenom malej abecedy). Najvyššie parametre výšok po 5. roku dosahujú jedince zo sejby vo vegetačných bunkách (výška 106,3 cm s hrúbkou 11,9 mm), najnižšie zo sejby na klasické plôšky (výška 89,9 cm s hrúbkou 11,5 mm). Semenáčiky vo vegetačných bunkách a krytokorenné výsadby preukazovali počas 5 vegetačných období pravidelné prírastky a lepšie rastové parametre nadzemnej časti ako na voľných klasických plôškach a výsadby voľnokorenné, ktoré mali v 1. vegetačnom období šok po výsadbe a ťažšie sa adaptovali (Obr. 2, 3). V 2. roku po výsadbe sme zaznamenali na voľnokorenných výsadbách aj zníženie výškového prírastku a po zasychaní terminálov aj najnižšiu priemernú výšku. Vyššie straty po 1. a 2. roku sa u nich preukázali na vyšších a silnejších jedincoch častejšie ako na jedincoch s menej rozvinutou nadzemnou časťou. Tento jav súvisí aj s pomerom veľkosti nadzemnej časti k veľkosti koreňového systému voľnokorenných sadeníc.



Obr. 2: Vývoj priemernej výšky buka zo sejby (vo vegetačných bunkách – VB, klasická sejba na plôšky) a sadby (krytokorenné – KK, voľnokorenné – VK) počas 5 vegetačných období a percentá strát po 4. roku (rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely ($p < 0,05$; $n = 50$)).

Fig. 2: Development of average height of beech seedlings from seeding (in vegetative cells – VC, classic sowing) and planting (containerized – KK and bare-root plants – VK) during the 5 vegetation periods and the percentage of losses after the 4th year (the same letters mean statistically insignificant differences ($p < 0.05$; $n = 50$)).



Obr. 3: Vývoj priemernej hrúbky buka zo sejby (vo vegetačných bunkách – VB, klasická sejba na plôšky) a sadby (krytokorenné – KK, voľnokorenné – VK) počas 5 vegetačných období (rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na $p < 0,05$; $n = 50$).

Fig. 3: The development of the average thickness of beech seedlings from seeding (in vegetative cells – VC, classical seeding-tabs) and planting (containerized-KK and bare-rooted plants – VK) during the 5 vegetation periods (the same letters mean statistically insignificant differences in $p < 0.05$; $n = 50$).

Hodnotenie rastových parametrov nadzemnej časti jedincov zo sejby a sadby voľnokorenného a krytokorenného typu sadeníc preukázalo štatisticky významné rozdiely (výškové a hrúbkové prírastky) už po 1. roku (Tab. 4). Krytokorenné výsadby buka mali nielen vyššiu ujatosť, ale sa aj lepšie po výsadbe adaptovali, mali ročný výškový prírastok počas prvých štyroch rokov v priemere vyšší ako voľnokorenné. Rovnako aj buky zo sejby vo vegetačných bunkách mali počas hodnoteného obdobia 4 rokov cca 11–42 cm priemerné ročné výškové prírastky. Najnižšie ročné výškové prírastky dosahovali voľnokorenné výsadby (od 0,4 do 32 cm). Vysvetľuje to už spomínaný jav, že po 1. vegetačnom období odumreli najmä vyššie voľnokorenné výsadby buka a aj výškové prírastky voľnokorenných bukov boli v tomto roku minimálne (cca do 0,5 cm), preto sa aj ich celková priemerná výška oproti výške v čase výsadby znížila (Obr. 2). Navyše 1. a 2. vegetačné obdobie po výsadbe bolo výrazne ovplyvnené nerovnomernosťou a nedostatkom zrážok.

Nižšie sadenice s menšou nadzemnou časťou a priaznivejším pomerom nadzemnej a koreňovej časti nedostatok vlhky znášali lepšie. Kvalitný sadbový materiál sa ukazuje ako jeden z najdôležitejších faktorov pri ujatí a adaptačnom procese. Aj JALOVIAR, SARVAŠOVÁ (2007), REPÁČ et al. (2011), TUČEKOVÁ (2006) uvádzajú, že kvalita sadbového materiálu predstavuje jeden z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich mieru ujatosti sadeníc na konkrétnom stanovišti. Následne nedôslednou sadbou vyvolávajúcou deformácie koreňového systému, alebo použitím sadbového materiálu s deformovaným koreňovým systémom, strom vždy vytvára len malý koreňový systém s neprirodzenou architektúrou. Deformácie koreňového systému sú ireverzibilné, v ďalšom raste je potom strom málo vitálny, je negatívne ovplyvňovaný akýmkoľvek stresorom, napádaný parazitickými hubami a je mechanicky veľmi nestabilný (MAUER 2013). Aj keď deformácie koreňového systému môžu byť vyvolané aj po dôslednej výsadbe, vo väčšine prípadov sú spôsobené nevhodnou biotechnikou výsadby (MAUER, MAUEROVÁ 2010). Nepriaznivé klimatické podmienky to už len znásobujú.

Tab. 4: Priemerné rastové parametre (výška, hrúbka v koreňovom krčku v čase výsadby, výškový a hrúbkový prírastok) výsevov a výsadiel buka v 1. až 4. vegetačnom období.

Tab. 4: Average growth parameters (height, root collar diameter at the time of planting), height increment and thickness increase (with statistical significance) of the beech plantings from 1st to 4th vegetation period.

Variant Variant	Výška (výškový prírastok – VP) stonky height (height increment – HI) stems [cm]						Hrúbka koreň. krčka (hrúbkový prírastok – HP) root collar diam. (diam. increment – HP) [mm]					
	V čase výsadby	VP/HI v 1. r.	VP/HI v 2. r.	VP/HI v 3. r.	VP/HI v 4. r.	VP/HI v 5. r.	V čase výsadby	HP v 1. r.	HP v 2. r.	HP v 3. r.	HP v 4. r.	HP v 5. r.
Buk – sejba beech – seeding												
Veg. bunky	0	17 ^a	11 ^a	17 ^a	18,9 ^a	42,4 ^a	0	1,6 ^a	2,5 ^a	0,8 ^b	2,5 ^a	5,0 ^a
Plôšky	0	15 ^b	11 ^a	14 ^b	9,6 ^b	40,3 ^a	0	0,6 ^b	1,0 ^b	4,0 ^a	3,0 ^a	1,7 ^b
Buk – sadba beech – planting												
Krytokorenné	27,1	8,9 ^a	6,9 ^a	14,1 ^a	13,0 ^b	31,9 ^a	4,1	1,6 ^a	2,5 ^a	0,8 ^b	2,5 ^a	5,0 ^a
Voľnokorenné	26,1	2,6 ^b	0,4 ^b	11,8 ^b	19,0 ^a	32,4 ^a	5,2	0,6 ^b	1,0 ^b	4,0 ^a	3,0 ^a	1,7 ^b

Rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na $p < 0,05$ ($n = 50$).

The same letters mean statistically insignificant differences in $p < 0.05$ ($n = 50$).

ZÁVER

Úlohou výskumu je prinášať nové poznatky, zavádzať nové technológie a odporúčať najvhodnejšie riešenia pre prax. Závety výskumu rekonštrukcií smrekových monokultúr nespočítavajú vždy iba v odporúčaní úspešnej technológie či výhodných poznatkoch, ale často aj vo vylúčení negatívnych výsledkov pre prax. Preverenie nových technológií v praxi by si totiž vyžiadalo mnohonásobne vyššie náklady a efekt ich zbytočného vynaloženia by sa prejavil najmä pri neúspešných výsledkoch. Jedným spôsobom ako pretaviť poznatky je zriaďovanie a prevádzkovanie spoločných výskumno-demonštračných objektov (VDO), kde sa výskum a prax stretávajú priamo v lese. Základným poslaním VDO je praktické uplatňovanie realizačných výstupov výskumných úloh. V súčasnosti sa v systematickom výskume DO Husárik na Kysuciach pokračuje a je zabezpečená kontinuita za obdobie rokov 2010–2018.

V experimente umelej obnovy pri sejbe buka významne lepšie vyklíčili semená pod krytom, t.j. vo „vegetačných bunkách“, ako na klasických plôškach. Vyklíčené semenáčky buka prežívajú po 5. rokoch bez väčších problémov, poškodení, v dobrom zdravotnom stave. Najvyššie parametre výšok po 5. roku dosahujú buky zo sejby vo vegetačných bunkách (výška 106,3 cm s hrúbkou 11,9 mm), najnižšie zo sejby na klasické plôšky (výška 89,9 cm s hrúbkou 11,5 mm). Semenáčky vo vegetačných bunkách a krytokorenné výsadby preukazovali počas 5 vegetačných období pravidelné prírastky a lepšie rastové parametre nadzemnej časti ako na voľných klasických plôškach alebo voľnokorenné výsadby.

Výškové a hrúbkové prírastky bukov zo sadby už po 1. roku preukázali štatisticky významné rozdiely medzi voľnokorenným a krytokorenným typom sadeníc. Ujatosť obidvoch spôsobov umelej obnovy (sejba, sadba) sa pri jednotlivých variantoch významne líši. Buk preukázal najvyššie percentá ujatosti pri výsadbe krytokorenných sadeníc (88 %). Potvrďilo sa opakovaně, že krytokorenné sadenice buka mali nielen vyššiu ujatosť, lepšie sa po výsadbe adaptovali ale mali aj počas prvých rokov v priemere vyšší výškový prírastok ako voľnokorenné. Voľnokorenné výsadby mali v 1. vegetačnom období šok po výsadbe, zasychal

im terminál, pričom sa ťažšie adaptovali, o čom svedčí aj ich nižší priemerný ročný výškový prírastok.

Technológia obnovy „sejbou vo vegetačných bunkách“ sa ukazuje ako jeden z vhodných postupov umelej obnovy buka najmä pri nedostatku kvalitného sadbového materiálu pri rozsiahlych kalamitných holinách. Táto technológia obnovy je menej náročnejšia a nie je tak nákladná ako samotná výsadba. Na VDO Kysuce, DO Husárik chceme názorne demonštrovať, čo pre obnovu kalamitných plôch jednotlivé postupy a riešenia znamenajú. Výstupom z experimentu by mala byť overená technológia používania progresívnych postupov umelej obnovy na veľkoplošných holinách po rozpade monokultúr smreka.

LITERATÚRA

- HLÁSNY T., TURČANI M., FABRIKA M., BALÁŽ P., SEDMÁK R. (2011): Očakávané dopady zmeny klímy na bukové porasty na Slovensku. In: Barna M., Kulfan J., Bublinec E. (eds.): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. VEDA, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, s. 621–634.
- CHRISTENSEN J.H. et al. (2007): Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- JALOVIAK P., SARVAŠOVÁ I. (2007): Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 49: 1: 77–86.
- KULLA L. (2010): Demonštračné objekty rekonštrukcií smrečín. In: Kulla L., Sitková Z. (eds.): Hynutie a rekonštrukcie smrečín na Slovensku. Recenzovaný zborník odborných prác vydaný na DVD, NLC–LVÚ Zvolen, ISBN 978-80-8093-129-2, s. 186–193
- LOKVENEC T. (1990): Poznatky se zaváděním obalené sadby, zejména typu Jiffy pots v ČR. In: Technika obalované sadby. Mezinárodní konference Jiffy Research and Service. Špindlerův Mlýn, 18.–19. 9. 1990. Východočeské státní lesy, Hradec Králové, 9 s.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E., RYCHNOVSKÁ A. (2005): Umělá obnova lesa sítí – síje do vegetačních buněk. In: Saniga M., Jaloviar P. (eds.): Súčasná otázky pestovania lesa. Zvolen, 6–7. 9. 2005, 39–44.
- MAUER O., MAUEROVÁ P. (2010): Vliv kvality užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostu. In: Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy. Zborník referátov, NLC Zvolen, s. 117–122.
- MAUER O. (2013): Výsadba krytokorenného sadebního materiálu lesních dřevin. In: Krytokorenný sadební materiál. Sborník referátů, ČLS, ISBN 978-80-02-02444-6, s. 40–43.
- PELLISSIER F. (1992): Reboisement expérimental dans une pessière subalpine a régénération natupelle déficiente. Revue Forestiere Francoise, 44: 54–61.
- REPÁČ I., VENCÚRIK J., BALANDA M. (2011): Účinky substrátu, mykorizácie a hnojenia na rastové a fyziologické parametre jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). In: Kacálek D. et al. (eds): Stabilizace funkcí lesa v antropogenne narušených a menících se podmínkách prostředí. VÚLHM Strnady – VS Opočno, s. 81–90.

- REPÁČ I., KMEŤ J., BALANDA M., VENCÚRIK J., MACKOVÁ M. (2012): Fyziologická odozva sadeníc smreka a buka na výsadbovej ploche v Kremnických vrchoch na aplikáciu komerčných prípravkov. In: Aktuálne problémy lesného semenárstva, škôlkárstva a umelej obnovy lesa. Zvolen, NLC–LVÚ, ISBN 978-80-8093-167-4, s. 72–80.
- SKOUPÝ J. (1979): Růst kultur založených sazenicemi obalenými a prostokořennými. In: Sborník VŽS v Brně. Vědecká konference, biol. sekce. Brno, s. 112–118.
- SLAVIK P. (2013): Prežívanie a rast lesných kultúr buka lesného a smreka obyčajného po aplikácii pôdnych kondicionérov na kalamitnej ploche v oblasti Kysúc. Diplomová práca, TU LF Zvolen, 65 s.
- ŠEBEŇ V., KULLA L., FOFFOVÁ E., KAMENSKÝ M., LONGAUER R., PÔBIŠ I., STRMEŇ S., ŠTEFANČÍK I., TUČEKOVÁ A. (2011): Realizačný projekt demonštračného objektu Husárik. NLC–LVÚ Zvolen, 25 s.
- TUČEKOVÁ A. (2006): Analýza adaptačného procesu a zdravotného stavu novozakladaných porastov na kalamitných holinách Kysúc. In: Medzinárodná vedecká konferencia „Stabilization of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity. Opočno 5.–6. 9. 2006, s. 181–197.
- TUČEKOVÁ A. (2007): Umelá obnova kalamitných holín sejbou do „vegetačných buniek“. Zborník referátov z medzinár. seminára: Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2007. NLC Zvolen, s. 116–123.
- TUČEKOVÁ A., LONGAUEROVÁ V. (2008): Vplyv ekologických a mikrobiologických prípravkov na zdravotný stav a rast drevín v juvenilnom štádiu v oblasti kalamitných holín Kysúc. In: Pěstování lesů na počátku 21. století: Sborník rec. příspěvků z konference, Kostelec nad Černými lesy, 9.–10. 9. 2008, Praha, ČZU, ISBN 978-80-213-1805-2.
- TUČEKOVÁ A. (2009): Umelá obnova kalamitných holín sejbou. In: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2009. NLC Zvolen, s. 132–139 (CD).
- TUČEKOVÁ A. (2012): Demonštračný objekt rekonštrukcie smrečín na Kysuciach. In: Debnárová D. (ed.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2012. Zborník referátov, 18. 10. 2012, Zvolen, NLC Zvolen, s. 101–110.
- Zákon 326/2005 Z.z., o lesoch.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja projektu APVV-0889-11 a projektu DORS.

Jakým způsobem ovlivňuje prořezávka a snížené podkorunové srážky vývoj dubo-habrové pařeziny?

How low thinning and reduced throughfall influence the development of oak-hornbeam coppice?

BARBORA UHERKOVÁ*¹, JAN KADAVÝ¹, ZDENĚK ADAMEC¹, ROBERT KNOTT², MICHAL KNEIFL¹

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, *xfedorov@node.mendelu.cz

²Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

Abstract

On the research area in the south-eastern part of the Czech Republic, where the conversion of a high forest with a dominant representation of sessile oak to a simple coppice forest was done, the effect of cleaning and reduced precipitation was studied. The low thinning reduced half of the basal area of each stool, with remaining 1 to 4 stronger oak sprouts. Reduction of vertical precipitation was done by drainage channels. The thinning had a statistically significant effect on the diameter relative growth rate of sessile oak and European hornbeam. The height relative growth rate of oak and hornbeam was unaffected by studied factors – thinning and reduction of precipitation. Reduced precipitation had no statistically significant effect on oak and hornbeam growth. Soil moisture was statistically significantly affected only by thinning.

Keywords: coppice forest; soil moisture; precipitation; growth; historical forest management

Abstrakt

Na výzkumné ploše v jihovýchodní části České republiky, kde proběhl převod lesa vysokého s dominantním zastoupením dubu zimního na les nízký, byl studován vliv prořezávky a redukováných podkorunových srážek. Prořezávka zredukovala kruhovou výčetní základnu polykormonů na polovinu s tím, že u dubu zimního zůstaly 1 až 4 nejsilnější výmladky. Redukce vertikálních srážek byla provedena sběrnými kanálky. Provedený těžební zásah měl statisticky významný vliv na relativní rychlost růstu tloušťky dubu zimního a habru obecného. Relativní rychlost růstu výšky dubu a habru nebyla ovlivněna ani jedním ze studovaných faktorů – prořezávkou a redukcí srážek. Snížené podkorunové srážky neměly žádný statisticky významný vliv na růst dubu a habru. Půdní vlhkost byla statisticky významně ovlivněna pouze prořezávkou.

Klíčová slova: les nízký; půdní vlhkost; srážky; růst; historický způsob obhospodařování lesa

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Les nízký (neboli pařezina) je označován jako nejjednodušší a nejstarší doložený způsob hospodaření v lese. Tento hospodářský tvar lesa můžeme považovat za tradiční způsob obhospodařování lesa, využívající vegetativní schopnosti reprodukce listnatých dřevin.

V podmínkách České republiky, ale i střední a jižní Evropy se historicky pro obhospodařování pařezin využíval hospodářský způsob holosečný, bez uplatnění výchovných zásahů a s obmýtím okolo 7–40 let. V současných měnících se klimatických podmínkách se však zdá být vhodné aplikovat jeden až dva výchovné zásahy v průběhu obmýtí pařeziny.

Výchovné zásahy na úrovni polykormonu mohou působit stimulačně pro růst ponechaných výmladků. Rozvolnění korunového patra, které způsobí výběr z polykormonu, vede ke zvětšení životního prostoru ponechaných výmladků, větší dostupnosti vody a živin. V případě snížení množství srážek (období sucha) mohou takto vychovávané pařeziny přirůstat více než pařeziny bez zásahu (COTILLAS et al. 2009).

Nutno konstatovat, že duby jsou hlavní hospodářskou dřevinou nejnižších položených, a tedy nejsušších oblastí České republiky. Pro duby je charakteristickým rysem významný vliv podzimního (popř. i zimního) počasí. Vytváření jarního dřeva je u dubu ovlivněno vnitřními faktory a klimatickými podmínkami v předchozím roce a zimě; letní dřevo je citlivější na vnější faktory – zejména je ovlivňováno dostupností vody v půdě v dané vegetační sezóně (BRÁZDIL et al. 2015). Právě faktorem dostupnosti vody se zabývá jedna část předkládaného příspěvku.

Les nízký může být jedna ze slibných alternativ v rámci adaptability lesů na probíhající klimatickou změnu. Výsledky ukazují na lepší adaptivní strategii pařezin na extrémních stanovištích, zejména v adaptaci na nedostatek vody, což je velmi aktuální problém pro celou krajinu v České republice, ale i ve světovém měřítku (PIETRAS et al. 2016; HERRERO et al. 2017).

Předkládaným tématem se zabývají především studie z jihu Evropy – vliv redukovaných podkorunových srážek v pařezinách s dominantním zastoupením *Quercus ilex* L., *Q. pyrenaica* Willd., *Q. faginea* Lam., ale i *Q. petraea* (Mattuscha) Liebl. Ve střední Evropě tedy nebyl dosud zkoumán vliv snížených podkorunových srážek na růst pařeziny. Prezentované výsledky pro *Q. petraea* a *Carpinus betulus* L. mohou být považovány za jedinečné pro Českou republiku.

Hlavními cíli tohoto příspěvku bylo prezentovat vliv prořezávky a redukovaných podkorunových srážek na (a) tloušťkový přírůst dubu a habru, (b) výškový přírůst dubu a habru a (c) půdní vlhkost.

MATERIÁL A METODIKA

Pro experiment byl v roce 2008 vybrán 45letý dubový porost na ŠLP Křtiny – polesí Bílovice, kde proběhla holá seč. Následně byla výzkumná plocha o velikosti 125 × 40 m oplocena. Za účelem zjišťování popisných kvantitativních a kvalitativních dat bylo v rámci výzkumné plochy vymezeno osm obdélníků a v nich osm kruhových ploch o poloměru 5 m. Z dřevin je nejvýznamněji zastoupen dub zimní, habr obecný a bříza bělokora. Průměrný roční úhrn srážek dosahuje 550–650 mm. Průměrná roční teplota je 7,5 °C. Výzkumná plocha se nachází v nadmořské výšce 323 metrů nad mořem, převážně na západní expozici. Z hlediska

geologického se plocha nachází na granodioritu, půdní typ tvoří kambizem (subtyp typická, varieta oligomezotrofní), typologicky plochu charakterizuje lesní typ svěží buková doubrava.

V zájmových částech výzkumné plochy proběhla v zimě 2014/15 prořezávka. Přičemž byly ponechány pouze dominantní výmladky, naopak slabé a potlačené výmladky byly odstraněny. Dle vytvořeného těžebního modelu pro výzkumnou plochu proběhla 50 % redukce kruhové výčetní základny každého zastoupeného polykormonu. Pro dub bylo vždy ponecháno 1–5 dominantních výmladků v polykormonu, pro habr vždy 1–3 výmladky.

Redukce podkorunových srážek proběhla pomocí paralelních odvodňovacích kanálků, které byly umístěny jak do části těžené, tak do části bezzásahové. Kanálky s profilem "V" byly umístěny 50–70 cm nad půdním povrchem a zaujímaly 30 % plochy. Veškerá zachycená voda byla odváděna pryč z ploch o velikosti 10 × 15 m.

Inventarizace stavu výzkumné plochy proběhla na začátku a konci vegetačního období roku 2015. Měření tloušťek se provádělo pomocí digitálního posuvného měřidla pro každý výmladek ve výši 50 cm nad povrchem půdy (přičemž měřiště bylo permanentně vyznačeno), a to s přesností na 1 mm. Tloušťka se u každého výmladku měřila dvakrát a byla následně zpřůměrována. Výšky byly měřeny pomocí výškoměrné latě pouze pro nejtlustší výmladek polykormonu, a to s přesností na 1 cm.

Tloušťkové a výškové přírůsty byly přepočítány na relativní rychlost růstu (RGR), pro lepší vzájemné porovnání jedinců, dle následujícího vzorce:

$$RGR_{x_i-x_{i-1}} = \frac{x_i-x_{i-1}}{x_{i-1}} * 100 [\%], \quad (1)$$

kde x_i je hodnota vybrané proměnné na konci vegetační sezóny a x_{i-1} je hodnota vybrané proměnné na začátku vegetační sezóny.

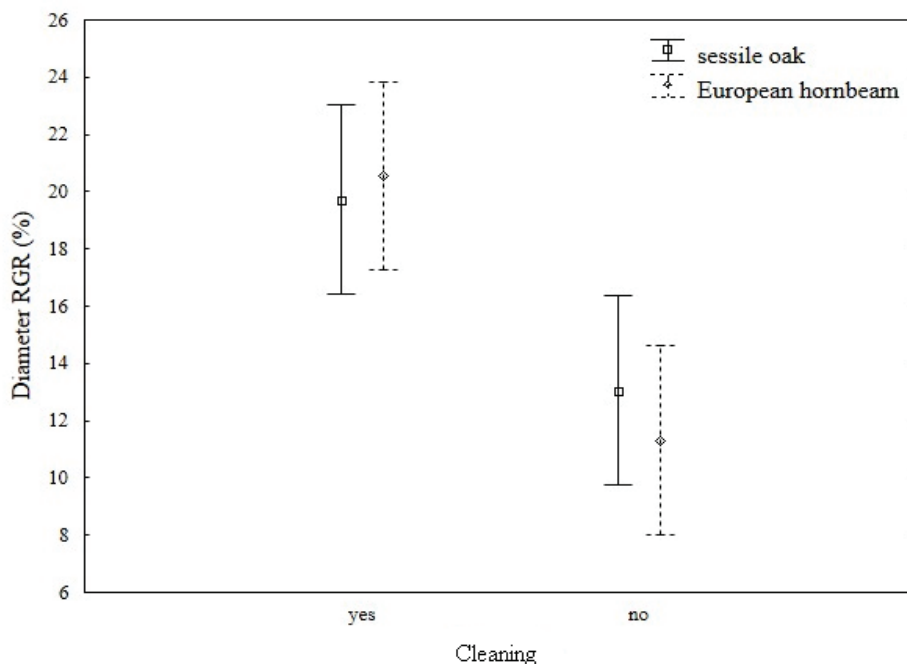
Měření půdní objemové vlhkosti probíhalo každých 14 dní, a to na všech variantách výzkumné plochy (těžená část s/bez redukováných podkorunových srážek, netěžená část s/bez redukováných podkorunových srážek). Pro hloubku 5 cm bylo užito půdní vlhkostní čidlo SM300, spolu s čtecím zařízením HH2. Pro zjištění vlhkosti ve hloubkách 10, 20, 30 a 40 cm bylo užito půdní profilové sondy PR2 (vše od výrobce Delta-T Devices, Cambridge, Velká Británie).

Ke statistickému hodnocení dat byl využit program STATISTICA, v. 12. K hodnocení vlivu prořezávky a snížených podkorunových srážek na výškový a tloušťkový relativní přírůst proběhl pomocí Mann-Whitney U-testu. Analýza kovariance (ANCOVA) byla užita k testování vlivu prořezávky a snížených podkorunových srážek na půdní objemovou vlhkost. V obou případech byla použita AWCred (využitelná vodní kapacita redukována mocností horizontu a obsahem skeletu) jako kovariáta. Výsledky byly posuzovány na obvyklé hladině významnosti, tj. na hladině významné ($p < 0,05$).

VÝSLEDKY

Snížené podkorunové srážky neměly statisticky významný efekt na hodnoty relativní rychlosti růstu tloušťky dubu zimního ($U = 6$; $p = 1,000$) a habru obecného ($U = 5$; $p = 0,739$). Prořezávka měla statisticky významný efekt na hodnoty relativní rychlosti růstu tloušťky dubu zimního ($U = 1$; $p = 0,043$) a habru obecného ($U = 0$; $p = 0,021$).

V rámci srovnání dřevin mezi sebou – rozdílů mezi relativní rychlostí růstu tloušťky dubu a habru v rámci těžených a bezzásahových ploch byly statisticky nevýznamné (Obr. 1).

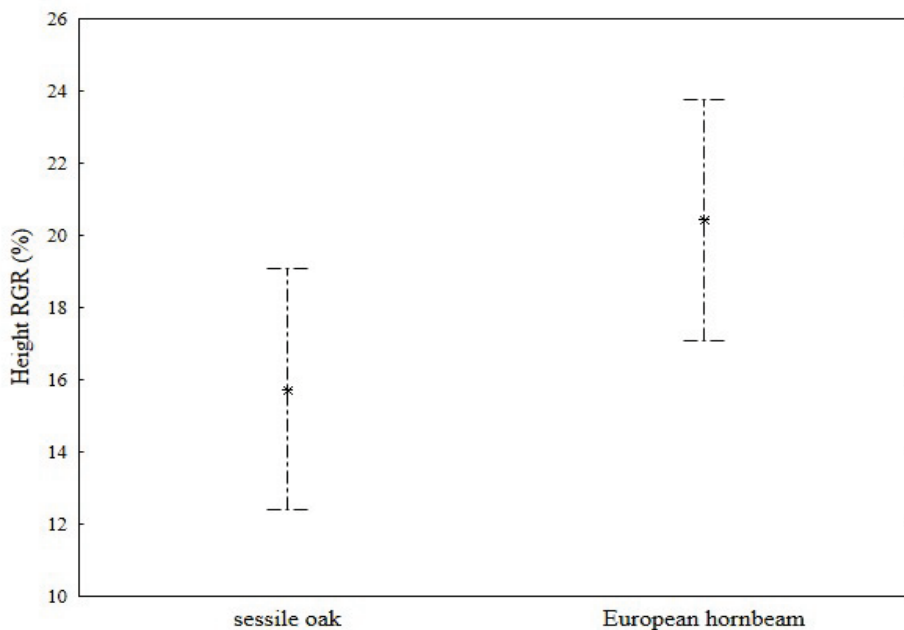


Obr. 1: Střední hodnoty relativní rychlosti růstu tloušťky dubu zimního a habru obecného pro těžené a bezzásahové plochy.

Fig. 1: Mean values of diameter relative growth ratio of sessile oak and European hornbeam for thinned and unthinned plots.

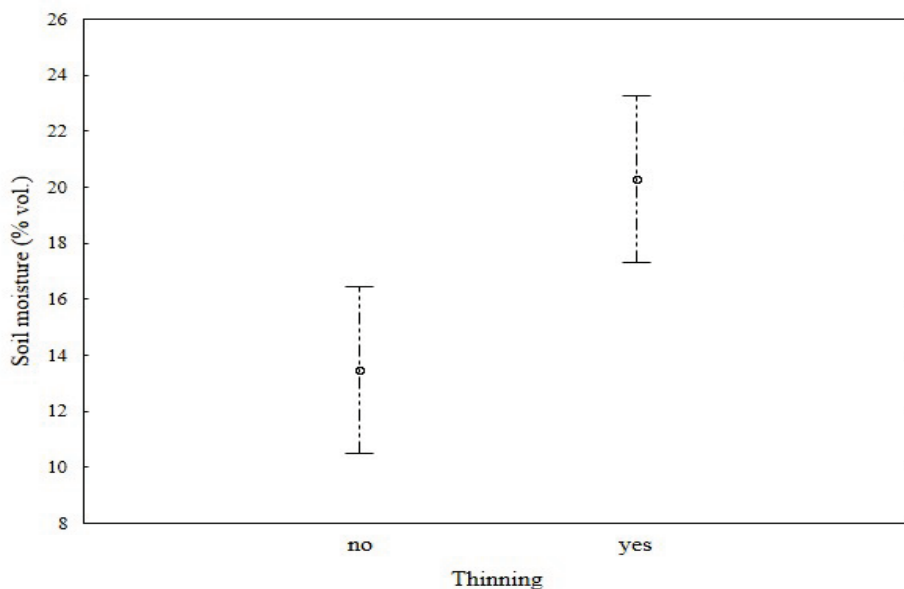
Relativní rychlost růstu výšky dubu a habru nebyla významně ovlivněna prořezávkou ani redukovánými podkorunovými srážkami. V rámci srovnání obou studovaných dřevin – nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly mezi relativní rychlostí růstu výšky dubu a habru (Obr. 2).

Analýza kovariance ukázala, že kovariáta AWCred nebyla statisticky významná. Půdní vlhkost byla významně ovlivněna prořezávkou ($U = 0$; $p = 0,021$), nikoliv redukcí podkorunových srážek ($U = 6$; $p = 1,000$). Půdní vlhkost byla statisticky rozdílná na těžených a bezzásahových plochách (obr. 3).



Obr. 2: Střední hodnoty relativní rychlosti růstu výšky dubu zimního a habru obecného.

Fig. 2: Mean values of height relative growth ratio of sessile oak and European hornbeam.



Obr. 3: Střední hodnoty půdní objemové vlhkosti pro těžené a bezzásahové plochy.

Fig. 3: Mean values of soil moisture for thinned and unthinned plots.

ZÁVĚR

Výchovný zásah měl za následek celkové zlepšení vitality uvolněných polykormonů, to se projevilo zvýšením tloušťkového přírůstu. Výchovný zásah měl též statisticky významný vliv na půdní vlhkost. Závěrem je možno konstatovat, že na základě výsledků se v mladých porostech lesa nízkého doporučuje provádět výchovné zásahy.

LITERATURA

- BRÁZDIL R., TRNKA M. (2015): Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost [History of Weather and Climate in the Czech Lands, Volume XI: Drought in the Czech Republic: Past, Present, Future]. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, Brno, 402 s.
- COTILLAS M., SABATÉ S., GRACIA C., ESPELTA J.M. (2009): Growth response of mixed mediterranean oak coppices to rainfall reduction: Could selective thinning have any influence on it? *Forest Ecology and Management*, 258: 7: 1677–1683.
- HERRERO C., JUEZ L., TEJEDOR C., PANDO V., BRAVO F. (2014): Importance of root system in total biomass for *Eucalyptus globulus* in northern Spain. *Biomass & Bioenergy*, 67: 212–222.
- PIETRAS J., STOJANOVIĆ M., KNOTT R., POKORNÝ R. (2016): Oak sprouts grow better than seedlings under drought stress. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 9: 529–535.

Poděkování

Tato studie byla uskutečněna a prezentována za finanční podpory specifického vysokoškolského výzkumu LDF MENDELU, projekt LDF_PSV_2017006.

Domáci vs. introdukované jehličnaté dřeviny: produkce a biodiverzita porostů na rekultivovaných plochách po těžbě uhlí

Native vs. introduced coniferous tree species: production and biodiversity of forest stands on reclamation sites after coal mining

ZDENĚK VACEK*, STANISLAV VACEK, JAN ČUKOR, ROSTISLAV LINDA,
LUKÁŠ BÍLEK, VILÉM PODRÁZSKÝ, JOSEF GALLO

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů,
Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, *vacekz@fld.czu.cz

Abstract

The studied Antonín dump was established after the surface coal mining in Sokolov region. After its reclamation, it was largely afforested by native tree species, but on some parts also introduced tree species were used. The objective of this study was to evaluate structure, production and diversity of coniferous forest stands at the age of 45 years on 8 research plots. Introduced tree species (Douglas fir, black pine, white pine, contorta pine and black spruce) were compared with native and naturalized tree species (Scots pine, Norway spruce, European larch). The stands volume ranged between 64–685 m³·ha⁻¹, where Douglas fir reached the largest stand volume, while 11 times less volume was found in white pine stands characterized by low vitality. From native tree species, Scots pine had the largest volume (425 m³·ha⁻¹). In term of the production quality, European larch reached the highest straightening and purification of stem. Higher total biodiversity was found in native tree species (B = 5.6) compared to introduced tree species (B = 4.7). The results indicate the need for combined management approaches in post-mining areas, both in terms of ecological (biological melioration, biodiversity), as well as economic (timber production) as well as environmental (short-term recreation, education, research).

Keywords: *post-mining landscape; reclamation; afforestation; structure; Sokolov region*

Abstrakt

Zkoumaná výsypka Antonín vznikla po povrchové těžbě uhlí v okolí Sokolova. Po její rekultivaci byla z velké části zalesněna původními dřevinami, ale na některých jejích částech byly též použity introdukované dřeviny. Cílem této studie bylo zhodnocení struktury, produkce a diverzity jehličnatých porostů ve věku 45 let na 8 výzkumných plochách. Srovnávány byly porosty introdukovaných dřevin (douglaska tisolistá, borovice černá, b. vejmutovka, b. pokroucená a smrk černý) s porosty domácích a zdomácnělých dřevin (borovice lesní, smrk ztepilý, modřín opadavý). Zásoba porostů se pohybovala v rozmezí 64–685 m³·ha⁻¹, přičemž nejvyšší zásoby dosahoval porost douglasky tisolisté, naopak 11krát nižší zásoba byla zjištěna u porostů borovice vejmutovky charakteristické nízkou vitalitou. Z domácích dřevin měla nejvyšší zásobu borovice lesní (425 m³·ha⁻¹). Z hlediska kvality produkce dosahoval nejvyšší průběžnosti a čištění kmene modřín opadavý.

Vyšší celková biodiverzita byla zjištěna u domácích dřevin ($B = 5,6$) ve srovnání s introdukovanými dřevinami ($B = 4,7$). Výsledky naznačují nutnost kombinovaných přístupů managementu v oblastech post-těžební krajiny, a to jak z hlediska ekologického (biologické meliorace, biodiverzita), tak i z hlediska ekonomického (produkce dřeva) i environmentálního (krátkodobá rekreace, osvěta, výzkum).

Klíčová slova: post-těžební krajina, rekultivace, zalesňování, sukcese, struktura, Sokolovsko

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Životní prostředí je stále více ovlivňováno lidskou činností, kterou je v současné době výrazně přetransformována více než polovina zemského povrchu (WWF 2016). Hlavním důvodem pro změnu ve využití krajiny v předchozích staletích bylo zejména zemědělské hospodaření a transformace krajiny těžbou nerostných surovin (HENDRICHOVÁ, KABRNA 2016). V České republice bylo těžbou hnědého uhlí transformováno přibližně 400–420 km² krajiny (KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011). Jednou z oblastí se značnou rozlohou takto zdevastované krajiny v rámci České republiky je Sokolovsko. Báňskou činností je zde ovlivňováno asi 9 250 hektarů území (KUBÁT 2008).

Dlouhodobým cílem obnovy území devastovaných povrchovou těžbou uhlí by měla být postupná tvorba mozaikovitě krajiny, která by měla plnit různé funkce (HENDRICHOVÁ, KABRNA 2016). Lesnické rekultivace v podmínkách antropogenně vzniklého reliéfu povrchovou těžbou hnědého uhlí v lesnickém arboretu Antonín je třeba považovat jak za řízenou, tak i spontánní sukcesí domácích druhů, tak i za výsadbu domácích a introdukovaných cílových dřevin (VACEK et al. 2018).

Lesnické rekultivace by neměly směřovat pouze k ozelenění krajiny jakýmkoli způsobem, jak tomu často bylo v minulosti (KNOCHE 2005). Jejich cílem by měl být vznik trvale udržitelných a ekologicky stabilních lesních ekosystémů, a to zejména za použití vhodných, cílových autochtonních nebo introdukovaných dřevin (KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011). Použití původních druhů s mykorhizou je vynikajícím ekologickým inženýrstvím, jehož cílem je iniciovat a urychlit re-kolonizaci a stabilizaci půd (GRAF, FREI 2013; SÝKOROVÁ et al. 2016). U některých introdukovaných dřevin, například douglasky tisolisté, nelze opomenout jejich produkční potenciál (PODRÁZSKÝ et al. 2013). Obecně platí, že stanovištně vhodné druhy mají příznivý vliv na půdní prostředí a mikroklima, a to včetně čistoty ovzduší (SÁDLO, TICHÝ 2002). Celkově tak přispívají k obnově či regeneraci silně narušených, poškozených nebo zcela nových biotopů (PRACH et al. 2016; PRAUSOVÁ et al. 2017).

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit produkci (kvantitu, kvalitu), strukturu a biodiverzitu jehličnatých porostů po 45 letech od zalesnění výsypky Antonín. Srovnávány jsou dva typy porostů, a to porosty introdukovaných vs. domácích a zdomácnělých dřevin.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika zájmového území

Zájmové území lesnické arboretum Antonín – Sokolov bylo založeno v letech 1969–1974 na vnitřní výsypce Antonín u Sokolova (Česká republika), kde byly technické úpravy ukončeny v období 1971–1972 a následně proběhla lesnická rekultivace. Celková plocha výsypky je 165 ha. Nejvyšší nadmořská výška arboreta Antonín je 444 m. Substrátem jsou jily cyprisové a vulkanodetritické série, determinující iniciační stadia tvorby půd – pedogenezi (KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011). Klimatické podmínky odpovídají širší oblasti podkrušnohorské pánve, klima na Sokolovsku je mírně teplé a vlivem mírného srážkového stínu Krušných hor poměrně suché. Průměrná roční teplota v oblasti je 7,3 °C. Roční srážky se pohybují v rozmezí 327–658 mm, průměr stanice Sokolov je 611 mm. Průměrné vegetační období trvá 220–227 dnů (VACEK et al. 2018).

Na lokalitě byl postupně vysazen široký sortiment stromů a keřů: na 220 druhů, poddruhů, ekotypů a fenotypů, z toho přes 30 druhů introdukovaných dřevin. Iniciační vývoj přizemní vegetace pak ukazuje na trendy směřující k potenciální vegetaci acidofilních doubrav, a to i přes značný podíl ruderálních druhů v počátcích sukcese. Na zamokřených místech, nyní ustupujících, odpovídal vývoj vegetace olšovým společenstvům (VACEK et al. 2018).

Sběr dat

Pro stanovení struktury stromového patra byla při zakládání výzkumných ploch (VP) o velikosti 10 × 15 m v r. 2017 použita technologie FieldMap (IFER – Monitoring and Mapping Solutions Ltd.). Ze sítě 50 × 50 m (580 VP) byly náhodně (Excel RNG) vybráno 8 jehličnatých porostů s dominantní dřevinou (82–100 %). Tři porosty na VP jsou tvořeny domácimi a zdomácnělými dřevinami – smrkem ztepilým (SM, *Picea abies* (L.) Karst.), borovicí lesní (BO, *Pinus sylvestris* L.) a modřínem opadavým (MD, *Larix decidua* Mill.) a pět VP introdukovanými dřevinami – douglaskou tisolistou (DG, *Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco), borovicí černou (BOC, *Pinus nigra* J. F. Arnold), borovicí vejmutovkou (VJ, *Pinus strobus* L.), borovicí pokroucenou (BOP, *Pinus contorta* Douglas ex Loudon) a smrkem černým (SMC, *Picea mariana* /Mill./ Britt., E.E. Sterns & Poggenburg). Pomocí této sestavy byla zaměřena poloha všech jedinců stromového patra s výčetní tloušťkou (DBH) > 4 cm a jejich korunové projekce, a to minimálně ve 4 směrech na sebe kolmých. U stromového patra byly též změněny výčetní tloušťky, výšky a výšky nasazení zelené a odumřelé koruny.

Kvalita produkce stromového patra byla hodnocena podle průběžnosti kmene (rovný průběžný, jednoduchá křivost, složená křivost), výškového postavení (nadúrovňový, úrovňový, podúrovňový), vitalita (souše, živý strom – vitální, normálně vyvinutý, slabě vyvinutý), kvality koruny (dobrá, průměrná, špatná), poškození kmene (zdravý, poškozený loupáním, hnilobou, mechanické poškození) a zlomu (bez zlomu, vrcholový zlom, korunový zlom, kmenový zlom, ohnutý strom, náhradní vrchol). Metodika vychází z Národní inventarizace lesů (ÚHÚL 2003), klasifikace stromů IUFRO a Schädelinovy klasifikace stromů.

Analýza dat

U všech jedinců stromového patra byly na každé VP zhodnoceny strukturální a růstové parametry, produkce, horizontální a vertikální struktura a celková biodiverzita. V rámci hodnocení biodiverzity byly spočítány: Clark-Evansův agregační index, Földnerův index tloušťkové diference a výškové diference, Simpsponův index druhové různorodosti,

Pielou index druhové vyrovnanosti, Marfaletův index druhové bohatosti, Arten-profil index a index celkové diverzity podle Jaehne a Dohrenbusche (VACEK et al. 2014, 2016, 2017). Pro výpočet strukturálních indexů byl použit program PointPro (© Zahradník) a SIBYLA (© Fabrika, Pretzsch, Ďurský). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO (© Microcomputer Power) pro zhodnocení vztahů mezi strukturou porostu a produkčními parametry v průběhu času. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Statistické analýzy produkčních a strukturálních parametrů mezi jednotlivými dřevinami byly zpracovány v softwaru Statistica (© StatSoft, Tulsa).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Produkce porostů

Počet živých stromů s DBH ≥ 4 cm se pohybuje v rozmezí od 667 ks·ha⁻¹ u BOP do 3 600 ks·ha⁻¹ u porostu BOC s indexem hustoty porostu (SDI) 0,50–0,99 (Tab. 1). Signifikantně nejvyšší objem středního kmene byl zjištěn u DG, BOP a BO přesahující 0,2 m³ ($p < 0,01$). Kruhová základna studovaných jehličnatých porostů se pohybovala v rozmezí 15,0 až 75,4 m²·ha⁻¹ a celkový průměrný přírůst kolísá mezi 1,28–13,70 m³·ha⁻¹·rok⁻¹, v obou případech s produkčním minimem u VJ a maximem u DG.

Tab. 1: Základní produkční charakteristiky porostů na výzkumných plochách 1–7 v roce 2017.

Tab. 1: Basic production characteristics of forest stands on research plots 1–7 in 2017.

ID	m	t	dbh	h	f	v	N	G	V	HDR	MAI	SDI
1SM	SM, BOV, MD	45	13,7	12,94	0,475	0,091	2 267	33,5	205	94,5	4,10	0,74
2MD	MD, KL, BO	45	15,0	16,49	0,403	0,117	1 440	25,4	169	109,0	3,76	0,64
3BO	BO, DG	45	18,2	16,89	0,483	0,212	2 000	51,6	425	92,8	8,50	0,98
4SMC	SMC, OL, BO, OS	45	11,0	10,84	0,465	0,048	2 800	26,5	134	98,5	2,98	0,62
5VJ	VJ, BO	45	12,0	10,02	0,422	0,048	1 333	15,0	64	83,5	1,28	0,41
6DG	DG, HB	45	19,8	17,52	0,515	0,278	2 467	75,4	685	88,5	13,7	0,99
7BOP	BOP	45	20,7	14,59	0,469	0,230	667	22,4	154	70,5	3,08	0,50
8BOC	BOC, BO	45	14,6	14,79	0,435	0,108	3 467	58,0	374	101,3	7,80	0,99

Vysvětlivky: m – druhy dřevin, t – průměrný věk porostu [roky], dbh – průměrná výčetní tloušťka [cm], h – průměrná výška [m], f – výtvarnice, v – průměrný objem stromů [m³], N – počet stromů [ks·ha⁻¹], G – kruhová základna [m²·ha⁻¹], V – zásoba porostu [m³·ha⁻¹], HDR – štihostní kvocient, MAI – celkový průměrný přírůst [m³·ha⁻¹·rok⁻¹], SDI – index hustoty porostu.

Notes: m – tree species, t – average stand age [y], dbh – mean quadratic breast height diameter [cm], h – mean height [m], f – form factor, v – mean tree volume [m³], N – number of trees [pcs·ha⁻¹], G – basal area [m²·ha⁻¹], V – stand volume [m³·ha⁻¹], HDR – height diameter ratio, MAI – mean annual increment [m³·ha⁻¹·y⁻¹], SDI – stand density index.

Zásoba hroubí živých stromů v porostech byla ve 45 letech 64–685 m³·ha⁻¹, přičemž nejvyšší zásoba připadá na porost s převahou DG, naopak 11krát nižší zásoba byla zjištěna u porostu VJ. U domácích dřevin dominovala se zásobou 425 m³·ha⁻¹ BO, která se při lesnických rekultivacích z jehličnatých dřevin nejčastěji používá ve střední Evropě (VACEK et al. 2018). Práce DRAGOUN et al. (2015) uvádí nižší zásobu 336 m³·ha⁻¹ u monokultur BO na výsypce Antonín. Při porovnání s výsypkami v Polsku, 66 letý porost BO dosahoval nižší zásoby

($330 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) i hustoty porostu ($780 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$; KNOČE 2005). V Estonsku u lesnických rekultivací po povrchové těžbě byla zjištěna zásoba BO porostu $190 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ve věku 30 let (PENSA et al. 2004). SM porost dosahoval zásoby $205 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, ale například na bývalé zemědělské půdě v Orlických horách ve věku 61 let dosahoval již $645 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (ČUKOR et al. 2017). Celkově introdukované dřeviny dosahovaly průměrné zásoby $282 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a domácí a zdomácnělé dřeviny $266 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Při porovnání produkce listnatých dřevin na zkoumané výsypce, zásoba porostů vzniklých spontánní sukcesí byla pouze $51 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a u řízené sukcese $76 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ při obdobné hustotě porostu (VACEK et al. 2018). Z produkčních parametrů jednoznačně převládá porost DG, před ostatními dřevinami jehličnatými dřevinami (PODRÁZSKÝ et al. 2013).

Z hlediska kvality produkce porosty VJ, SM a MD dosahovaly signifikantně nejvyšší průběžnosti kmene (95–100 %) v porovnání s porosty BO, BOC a BOP (39–50 %; $p < 0,01$), kde převažovala jednoduchá a složitá křivost kmene. Signifikantně nejvyšší čistění kmene bylo zjištěno u MD (nasazení mrtvé koruny /DCB/ – 9,8 m), oproti tomu nejnižší bylo u SM, SMC, BOP a VJ (DCB – 0,3–0,6 m; $p < 0,01$). U kvality koruny a vitality porosty VJ a MD dosahovaly nejnižších hodnot ve srovnání se SM. Zastoupení zlomů a ostatních poškození bylo zanedbatelné (do 5 %) bez rozdílu mezi dřevinami.

Struktura a diverzita porostů

Agregační struktura sledovaných porostů byla pravidelná, výjimku tvoří porost MD, SMC a VJ s náhodným prostorovým rozmístěním (Tab. 2). Vertikální struktura byla dle Arten-profil indexu středně rozrůzněná u MD, BO, SMC a DG, resp. silně rozrůzněná u SM, BOC, VJ a BOP. Tloušťková a výšková diferenciacie byla nízká až střední. Nejnižších hodnot dosahuje porost VJ. Z hlediska druhové různorodosti dle entropie H' se jedná převážně o nízkou biodiverzitu. Podle druhové vyrovnanosti se jedná o střední až vysokou biodiverzitu, resp. vysokou u porostu s dominantním SM. Druhová bohatost byla na všech plochách nízká, na ploše s BOP se jedná o monokulturu. Celková diverzita značí zejména rovnoměrnou výstavbu porostů, na plochách s dominancí SM a MD se jedná o nerovnoměrnou strukturu. U domácích a zdomácnělých dřevin byla zjištěna vyšší celková biodiverzita ($B = 5,6$) ve srovnání s introdukovanými dřevinami ($B = 4,7$). Při porovnání s ostatními dřevinami na výsypce Antonín porosty listnatých dřevin vzniklých zalesněním dosahují téměř shodnou celkovou diverzitu ($B = 5,0$), avšak u sukcesních ploch byly zjištěny vyšší hodnoty ($B = 6,5$; VACEK et al. 2018), tak jako na ostatních lokalitách v ČR, tak i v zahraničí (VACEK 1991; PENSA et al. 2004).

Tab. 2: Ukazatelé biodiverzity jehličnatých porostů na výzkumných plochách 1–8 v roce 2017.**Tab. 2:** Indices of biodiversity of coniferous forest stands on research plots 1–8 in 2017.

ID	R (C&Ei)*	A (Pri)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	D (Mar)	H' (Si)	E (Pii)	B (J&Di)
1SM	1,209 ^R	0,642	0,306	0,196	0,259	0,366	0,767	6,027
2MD	1,103	0,373	0,271	0,186	0,275	0,022	0,297	6,388
3BO	1,247 ^R	0,384	0,328	0,220	0,132	0,114	0,379	4,433
4SMC	1,079	0,404	0,329	0,197	0,504	0,374	0,535	6,990
5VJ	0,991	0,653	0,222	0,158	0,107	0,024	0,111	3,750
6DG	1,420 ^R	0,447	0,358	0,286	0,128	0,019	0,063	4,660
7BOP	1,457 ^R	0,515	0,255	0,158	0,000	0,000	0,000	3,980
8BOC	1,333 ^R	0,673	0,259	0,134	0,154	0,113	0,375	3,962

Vysvětlivky: R – agregační index, A – Arten-profil index, TM_d – index tloušťkové diferenciacie, TM_h – index výškové diferenciacie, D – index druhové bohatosti, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti, B – index porostní proměnlivosti, * statisticky signifikantní ^{A, R} ($\alpha = 0,05$; A – shlukovitost, R – pravidelnost).

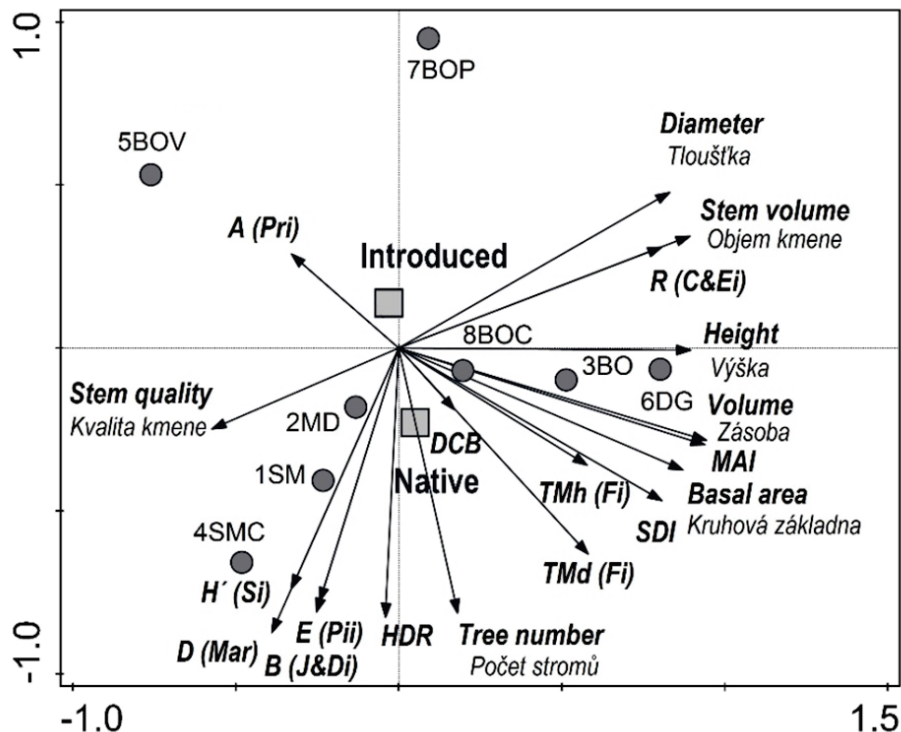
Notes: R – aggregation index, A – Arten-profile index, TM_d – diameter differentiation index, TM_h – height differentiation index, D – species richness index, H' – species heterogeneity index (entropy H'), E – species evenness index, B – total diversity index; * statistically significant ^{A, R} ($\alpha = 0.05$; A – aggregation, R – regularity).

Interakce mezi produkcí, strukturou a druhovou skladbou porostů

Výsledky PCA analýzy jsou prezentovány ve formě ordinačního diagramu na Obr. 1. První ordinační osa vysvětluje 40,4 %, druhá osa 69,9 % a všechny čtyři osy 91,3 % variability dat. Osa x představuje porostní výšku, zásobu a kvalitu kmene, zatímco osa y je charakterizována štíhlostním kvocientem, počtem stromů a celkovou diverzitou. Zásoba porostu byla pozitivně korelována s průměrným ročním přírůstem, kruhovou základnou, zakmeněním a strukturální diferenciací porostu, zatímco tyto ukazatelé byly negativně korelovány s Arten-profil indexem. Se zvyšující pravidelností horizontální struktury stromového patra se s průměrnou tloušťkou zvyšoval objem středního kmene. Při pravidelné distribuci stromové patro maximálně využívá produkční prostor (VACEK et al. 2015; BULUŠEK et al. 2016).

Z diagramu dále vyplývá, že nejmenší vysvětlující proměnou bylo z hlediska kvality produkce nasazení mrtvé koruny. Pravá dolní část diagramu, kde se nachází výzkumné plochy s DG, BO a BOC, je typická vysokou produkcí stromového patra, naopak levá dolní část s porosty MD, SM a SMC je charakteristická vysokou diverzitou a kvalitou kmene. U těchto dřevin byly také zjištěny vysoké hodnoty štíhlostního kvocientu, jež poukazují na nízkou stabilitu porostu (SHARMA et al. 2016). Mezi jednotlivými dřevinami je značný rozdíl, zejména u VJ, BOP a SMC, naopak body označující běžně vysazované domácí a zdomácnělé dřeviny (SM, MD, BO) a introdukované dřeviny (BOC, DG) jsou relativně blízko sebe. Vzhledem k původu a některým v literatuře uváděným pozitivním vlastnostem by nejen pěstebně rozšířená DG, ale i BOC, mohla představovat perspektivní dřevinu pro využití v našem lesním hospodářství (NOVOTNÝ et al. 2012; PODRÁZSKÝ et al. 2013) i v podmínkách lesnických rektivací. Při porovnání studovaných introdukovaných a domácích dřevin, domácí a zdomácnělé druhy jsou charakteristické vyšší hustotou, tloušťkovou diferenciací a stabilitou

porostu, naopak u introdukovaných dřevin převládá bohatší vertikální struktura. Toto rozdělení však nemá vliv na hlavní produkční parametry, jako je zásoba či kvalita kmene.



Obr. 1: Ordinační diagram znázorňující výsledky PCA analýzy vztahů mezi produkčními parametry (průměrná tloušťka a výška, zásoba, objem středního kmene, kruhová základna, počet stromů, kvalita kmene, MAI – celkový poměrný přírůstek, SDI – zakmenění, HDR – štíhlostní kvocient, DCB – nasazení mrtvé koruny), diverzitou porostu (D, H', E, TMD, TMh, A, R, B) a jednotlivými dřevinami (SM, MD, BO, VJ, BOP, BOC, DG, SMC); označení charakterizují VP 1–8 (●) a introdukované vs. domácí (a zdomácnělé) dřeviny (■)

Fig. 1: Ordination diagram showing results of PCA analysis of relationships among production parameters (mean diameter and height, stand volume, stem volume, basal area, tree number, stem quality, MAI – mean annual increment, SDI – stand density index, HDR – height to diameter ratio, DCB – dead crown base), stand diversity (D, H', E, TMD, TMh, A, R, B) and individual tree species (SM, MD, BO, VJ, BOP, BOC, DG, SMC); marks characterize RP 1–8 (●) and introduced vs. native (and naturalised) tree species (■)

ZÁVĚR

Introdukované dřeviny na výsypce Antonín v okolí Sokolova vykazovaly nepatrně vyšší zásobu porostu a bohatší vertikální strukturu. Naopak u domácích a zdomácnělých dřevin byla zjištěna vyšší hustota porostu, tloušťková diferenciacie a stabilita porostu. Z hlediska produkce jednoznačně u introdukovaných dřevin dominují porosty DG, ale i BOC, jež by z hlediska klimatických změn mohly na sušších a teplejších lokalitách představovat perspektivní dřeviny pro využití v našem lesním hospodářství. U domácích a zdomácnělých dřevin nejvyšší produkce na těchto antropogenních půdách dosahovaly porosty BO. Produkce a ekonomický

přínos však nepředstavují primární funkci zalesněných rekultivovaných pozemků. Zkoumané lesní porosty mají pozitivní vliv na půdní a mikroklimatické podmínky. Lesnické arboretum Antonín také plní důležitou rekreační a vzdělávací funkci příměstského lesa v blízkosti města Sokolov. Z vědeckého hlediska je výsypka Antonín jedinečným místem ke specifickému výzkumu více než 220 druhů původních a introdukovaných dřevin, které přinášejí jedinečné výsledky. V tomto výzkumu je nutné i v budoucnosti pokračovat.

LITERATURA

- BULUŠEK D., VACEK Z., VACEK S., KRÁL J., BÍLEK L., KRÁLÍČEK I. (2016): Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. *Journal of Forest Science*, 62: 7: 293–305.
- CUKOR J., BALÁŠ M., KUPKA I., TUŽINSKÝ M. (2017): The condition of forest stands on afforested agricultural land in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*, 63: 1: 1–8.
- DRAGON L., STOLARIKOVÁ R., MERGANIČ J., ŠÁLEK L., KRYKORKOVÁ J. (2015): Influence of admixed tree species on growth, structure and stability of Scots pine stands on anthropogenic soils of the Sokolov region. *Forestry Journal*, 61: 1: 44–51.
- GRAF F., FREI M. (2013): Soil aggregate stability related to soil density, root length, and mycorrhiza using site-specific *Alnus incana* and *Melanogaster variegatus* s.l.. *Ecological Engineering*, 57: 314–323.
- HENDRYCHOVÁ M., KABRNA M. (2016): An analysis of 200-year-long changes in a landscape affected by large-scale surface coal mining: History, present and future. *Applied Geography*, 74: 151–159.
- KNOCH D. (2005): Effects of stand conversion by thinning and underplanting on water and element fluxes of a pine ecosystem (*P. sylvestris* L.) on lignite mine spoil. *Forest Ecology and Management*, 212: 214–220.
- KUPKA I., DIMITROVSKÝ K. (2011): Test results of selected tree species for forestry reclamations in the sokolov region: Review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 52–56.
- NOVOTNÝ P., MODLINGER R., PEŠKOVÁ T., ČÁP J. (2012): Vyhodnocení růstu a zdravotního stavu proveniencí borovice černé (*Pinus nigra* Arnold) ve středních Čechách ve věku 41 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 266–273.
- PENSA M., SELLIN A., LUUD A., VALGMA I. (2004): An analysis of vegetation restoration on opencast oil shale mines in Estonia. *Restoration Ecology*, 12: 200–206.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., PULKRAB K., KUBEČEK J., PEŇA J. B. (2013): Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. *Zprávy lesnického výzkumu* 59: 226–232.
- PRAUSOVÁ R., ŠTEFÁNEK M., RAUCH O., KOVÁŘ P. (2017): Trees as ecosystem engineers driving vegetational restoration/retrogradation of industrial deposits in cultural landscape. *Journal of Landscape Ecology*, 10: 122–131.
- SÁDLO J., TICHÝ L. (2002): Sanace a rekultivace po lomové a důlní těžbě. ZO ČSOP Pozemkový spolek Hády, Brno, 36 s.
- SHARMA R.P., VACEK Z., VACEK S. (2016): Modelling individual tree height to diameter ratio for Norway spruce and European beech in Czech Republic. *Trees – Structure and Function*, 30: 6: 1669–1682.

- ÚHÚL (2003): Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat. Brandýs nad Labem, 136 s.
- VACEK S. (1991): Porostotvorné schopnosti břízy a jeřábu pod vlivem imisí. Zprávy lesnického výzkumu, 36: 19–23.
- VACEK S., VACEK Z., PODRÁZSKÝ V., BÍLEK L., BULUŠEK D., ŠTEFANČÍK I., REMEŠ J., ŠTICHA V., AMBORŽ R. (2014): Structural Diversity of Autochthonous Beech Forests in Broumovské Stěny National Nature Reserve, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*, 131: 4: 191–214.
- VACEK Z., VACEK S., BÍLEK L., REMEŠ J., ŠTEFANČÍK I. (2015): Changes in horizontal structure of natural beech forests on an altitudinal gradient in the Sudetes. *Dendrobiology*, 73: 33–45.
- VACEK Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., KRÁL J., BULUŠEK D., PUTALOVÁ T., BALÁŠ M., KALOUSKOVÁ I., SCHWARZ O. (2016): Structural diversity and production of alder stands on former agricultural land at high altitudes. *Dendrobiology*, 75: 31–44.
- VACEK Z., VACEK S., BULUŠEK D., PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., KRÁL J., PUTALOVÁ T. (2017): Effect of fungal pathogens and climatic factors on production, biodiversity and health status of ash mountain forests. *Dendrobiology*, 77: 161–175.
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., LINDA R., KOVAŘÍK J. (2018): Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: opting for afforestation or leaving it to spontaneous development? *Central European Forestry Journal*, 64: 116–126.
- WWF (2016): Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland, 144 p.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Grantové služby státního podniku Lesy České republiky (č. 13/2016 „Využití multifunkčního potenciálu rekultivačního lesnického arboreta Antonín-Sokolov“), Interní grantové agentury (IGA č. B03/18), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, a Ministerstva zemědělství (NAZV č. QJ1520037).

Dynamika obnovy smrku v horských porostech zasažených kůrovcovou kalamitou v Národním parku Šumava

Dynamics of spruce regeneration in mountain forest stands affected by bark beetle outbreak in Šumava National Park

ZDENĚK VACEK*¹, STANISLAV VACEK¹, JIŘÍ REMEŠ¹, KAREL MALÍK²

¹Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, *vacekz@fld.czu.cz

²Správa Národního parku Šumava, 1. máje 260/19, Vimperk II, 385 01 Vimperk

Abstract

*Dynamics of natural regeneration were studied in mountain Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) forests in areas affected by spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak in the Šumava National Park in period 2007–2015. Detailed measurements of regeneration density, vertical and horizontal structure were carried out using Field-Map technology on sixteen permanent research plots. Research plots included three variants: clearcuts, stands with dead tree layer and stands with partially damaged tree layer. In 2009, the total number of regeneration ranged 440 – 19 760 recruits per ha on individual research plots. The spatial pattern of natural regeneration was aggregated, only on plots with supplemented artificial regeneration the horizontal structure was random. Differences in rates of natural regeneration were very significant between the particular types of plots, especially in the youngest age classes. Differences were also evident in the seedling height under varying treatments. According to variants, the highest mean number of regeneration (9 880 recruits per ha) were found under partially damaged stands with canopy gaps and the lowest vegetation cover, while the highest annual height increment occurred on clearcut areas (50.7 cm in 2015). Broadleaved trees showed also severe damage by game browsing, especially on clearcuts.*

Keywords: *Picea abies, disturbed areas, natural, combined and artificial regeneration, structure, Modravské slatě*

Abstrakt

Dynamika přirozené obnovy byla studována v horských smrkových porostech (*Picea abies* /L./ Karst.) v oblastech postižených kůrovcovou kalamitou (*Ips typographus* L.) v Národním parku Šumava v období 2007–2015. Na šestnácti trvalých výzkumných plochách bylo pomocí technologie Field-Map provedeno detailní šetření hustoty obnovy, vertikální a horizontální struktury. Zkoumané plochy byly rozděleny na tři varianty: holiny, porosty s odumřelým stromovým patrem a částečně poškozené porosty s jednotlivými odumřelými stromy. Z výsledků vyplývá, že v roce 2009 celkový počet agregované obnovy na jednotlivých výzkumných plochách byl v rozmezí 440 – 19 760 ks·ha⁻¹. Rozdíly v přirozené obnově byly signifikantní mezi jednotlivými variantami porostů, zejména pak v nejmladších věkových třídách. Prostorové rozmístění přirozené obnovy bylo agregované, pouze na plochách s kombinovanou a umělou obnovou byla

horizontální struktura náhodná. Také výškové rozdíly byly patrné u obnovy při různých variantách. Při porovnání jednotlivých typů porostů, nejvyšší průměrný počet obnovy ($9\ 880\ \text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$) byl zjištěn pod částečně poškozenými a rozvolněnými porosty s nejmenším bylinným pokryvem, přičemž nejvyšší roční výškový přírůst byl zaznamenán na holinách (50,7 cm v r. 2015). U listnatých dřevin významnou roli také hrálo silné poškození zvěří, zejména pak na holinách.

Klíčová slova: *Picea abies*, kalamitní holiny, přirozená, kombinovaná a umělá obnova, struktura, Modravské slatě

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vývoj obnovy v lesích se strukturou lesů přírodě blízkých a přírodních souvisí se vznikem poruch ve vývoji lesa. Horské smrkové lesy mohou být formovány relativně častými a rozsáhlými disturbancemi jako jsou vichřice a expanze lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) – (KULAKOWSKI, BEBI 2004). V Národním parku Šumava bylo v období 2000–2008 v průměru kůrovcem napadeno 38 tisíc $\text{m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$, přičemž v následujícím období škody dosahovaly již 295 tisíc $\text{m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$. Takto rychlý velkoplošný rozpad smrkových lesních komplexů na plochách tisíců hektarů vyvolává řadu otázek vztahujících se zejména k problematice zachování genofondu místní populace smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.) a vývoji přirozené obnovy (ZATLOUKAL 2001).

Úspěšnost přirozené obnovy je závislá na řadě faktorů, zejména se jedná o světelné poměry, vnitrodruhovou kompetici a konkurenci ostatních nízkých rostlin, které vedou k vysoké úmrtnosti nejmladších stadií smrku do 4–5 let (CANHAM et al. 1990; GRASSI, BAGNARESI 2001; JONÁŠOVÁ, PRACH 2004; VÁVROVÁ et al. 2004). Charakter a úspěšnost přirozené obnovy v podmínkách horských a podmáčených smrčín jsou podmíněny mnoha faktory, které se vzájemně ovlivňují. Vliv mikoreliéfu na výskyt zmlazení hodnotili např. KUULUVAINEN, KALMARI (2003); DIACI (2002); ŠTÍCHA et al. (2010); VACEK et al. (2017). Z těchto výzkumů plyne, že výskyt přirozené obnovy smrku je velmi významně vázán na místa se speciálním mikoreliéfem, a to zejména na vyvýšeniny.

Podstatnou roli pro úspěšný vývoj přirozené obnovy má dostatečná vlhkost, která je pro semenáčky velmi důležitá (KOZŁOWSKI 2002). Limitujícím faktorem v klimaxových smrčínách často bývá také světlo a teplo, a to i v souvislosti s konkurenčním bojem ostatních rostlin (JONÁŠOVÁ, PRACH 2004; ULBRICHOVÁ et al. 2006; VACEK et al. 2010). Z dalších faktorů lze uvést zápoj mateřského porostu, mráz, pohyb sněhu atd. Nejúspěšněji se semenáčky zmlazují na odumřelém dřevě a nejhůře v hustých kapradinách (*Athyrium distentifolium*, *A. filix-femina*) a v travinách (*Calamagrostis villosa*) a na vlhčích lokalitách i v borůvce (REMEŠ et al. 2009; VACEK, MATĚJKA 2010; VACEK et al. 2010b; MALÍK et al. 2014).

Cílem této studie je vyhodnocení vývoje (zejména pak výškového růstu a přírůstu) obnovy horského smrkového lesa na plochách poškozených velkoplošnou kůrovcovou kalamitou v oblasti Modrav v Národním parku Šumava.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika zájmového území

Stromové patro téměř všech dospívajících a dospělých porostů horských smrčín ve vyhlášených bezzásahových územích v NP Šumava relativně rychle odumřelo v důsledku

žíru kůrovců, zejména lýkožrouta smrkového (KREJČÍ et al. 2013). Po roce 1999 ve studovaném bezzásahovém území Modravských slatí vznikly rozsáhlé plochy lesa s odumřelým stromovým patrem. V letech 1996–2002 v uvedené oblasti probíhalo zalesňování holin a byly prováděny podsadby pod odumírající a odumřelé mateřské porosty. Vysazován byl převážně smrk ztepilý, jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.), částečně i javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). Proto se v uvedeném bezzásahovém území jedná převážně o kombinovanou obnovu.

Předmětem tohoto příspěvku je 16 trvalých výzkumných ploch (TVP) umístěných v tzv. bezzásahovém území v horských smrčínách v okolí Březníku na LHC Modrava. Přehled základních stanovištních a porostních charakteristik o TVP je uveden v Tab. 1. Tyto TVP byly rozděleny na následující skupiny ploch:

- s odumřelým mateřským porostem, který zůstal bez zásahu, v uplynulých letech zde stojící souše z větší části podlehy zlomům, a tím dochází k hromadění dřevní hmoty na povrchu půdy (les s odumřelým stromovým patrem) – TVP 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16.
- asanované, kde kůrovcem napadené kmeny byly po odkornění ponechány v porostech nebo byly odvezeny k hospodářskému využití (holina) – TVP 4, 5, 6.
- porosty, které jsou dosud jen dílčím způsobem postiženy žírem kůrovců, kde k obnově dochází pod částečnou clonou mateřského porostu (les z části s živým stromovým patrem) – TVP 10.

Tab. 1: Charakteristika výzkumných ploch s obnovou smrku ztepilého v oblasti Modravy v roce 2009.

Tab. 1: Characteristics of research plots with Norway spruce regeneration in the Modrava region in 2009.

TVP ¹	Typ prostředí ²	Nadm. výška ³ [m n. m.]	Exp. ⁴	Sklon ⁵ [°]	Lesní typ ⁶	Typ obnovy ⁷	Průměrný věk obnovy ⁸	Celkový počet obnovy ⁹ [ks·ha ⁻¹]	Vykázaná umělá obnova (1996 až 2002) ¹⁰ [ks·ha ⁻¹]
1	odumřelé	1 200	Z	20	8O	komb.	15	5 920	1 574
2	odumřelé	1 260	Z	30	8K	komb.	15	3 360	517
3	odumřelé	1 300	Z	30	8K	komb.	15	19 760	517
4	holina	1 200	Z	20	8K	umělá	20	2 800	1 574
5	holina	1 240	Z	30	8K	umělá	20	2 280	1 574
6	holina	1 300	Z	30	8Y	umělá	19	6 960	517
7	odumřelé	1 240	S	20	8K	komb.	14	2 720	3 199
8	odumřelé	1 250	S	20	8K	komb.	14	2 640	2 268
9	odumřelé	1 260	S	30	8K	komb.	14	1 520	2 734
10	odumírající	1 120	–	0	8R	přirozená	12	9 880	0
11	odumřelé	1 175	V	20	8K	přirozená	15	440	0
12	odumřelé	1 190	V	20	8K	přirozená	15	920	0
13	odumřelé	1 220	V	20	8K	komb.	15	1 240	1 390
14	odumřelé	1 200	V	30	8K	přirozená	15	1 440	0
15	odumřelé	1 220	V	25	8K	přirozená	15	3 800	0
16	odumřelé	1 230	V	15	8K	komb.	15	1 160	1 390

Notes: ¹permanent research plot; ²environmental variant (odumřelé – dead, holina – clearcut, odumírající – dying); ³altitude [m a. s. l.]; ⁴exposition (Z – W, S – N, V – E); ⁵slope; ⁶forest site type (8O – Nutrient-medium spruce, 8K – Acidic spruce, 8Y – Skeletal spruce, 8R – Raised bog spruce); ⁷regeneration type (komb. – combined, umělá – artificial, přirozená – natural); ⁸average regeneration age; ⁹total regeneration density [ind·ha⁻¹]; ¹⁰reported artificial regeneration (1996–2002), [ind·ha⁻¹].

Sběr dat

Na každé TVP byl vytyčen a stabilizován transekt o rozměrech 50×5 m (250 m^2). Do obnovy byli zahrnuti všichni jedinci přítomní na jednotlivých transektech, jejichž výška byla větší než 5 cm. Byla měřena pozice každého jedince obnovy. U každého jedince byla měřena výška, roční přírůsty, určen druh dřeviny, bylo charakterizováno mikrostanoviště (pokryvnost, druh), případně poškození. Měření na TVP byla provedena vždy na podzim. Měření byla opakována v ročních intervalech v letech 2009 až 2015 s odpočtem výškových přírůstků do roku 2006. K měření pozice jedinců obnovy byla použita technologie FieldMap (IFER). Následně byla hodnocena prostorová, druhová, věková, výšková a tloušťková struktura obnovy.

Analýza dat

Za účelem zpracování a hodnocení byly TVP rozčleněny na dvě skupiny z regionálního hlediska, a to na plochy v širším okolí Velké Mokrůvky (TVP 1–9) a v oblasti Hraniční hory (TVP 10–16). Statistické analýzy byly zpracovány v softwaru Statistica 12 (StatSoft, Tulsa). Data byla zlogaritmována pro získání normálního rozdělení (testováno pomocí Kolmogorov-Smirnov testu). Rozdíly mezi výškou a přírůstem přirozené obnovy na trvalých výzkumných plochách byly testovány pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA). Významné rozdíly byly následně testovány post-hoc Tukeyho HSD testem. Pro výpočet horizontální struktury byla použita *K*-funkce v programu PointPro 2 (© Zahradník). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO 5 (© Microcomputer Power) pro zhodnocení vztahů mezi strukturou obnovy, stanovištními a porostními charakteristikami. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována.

VÝSLEDKY

Struktura obnovy

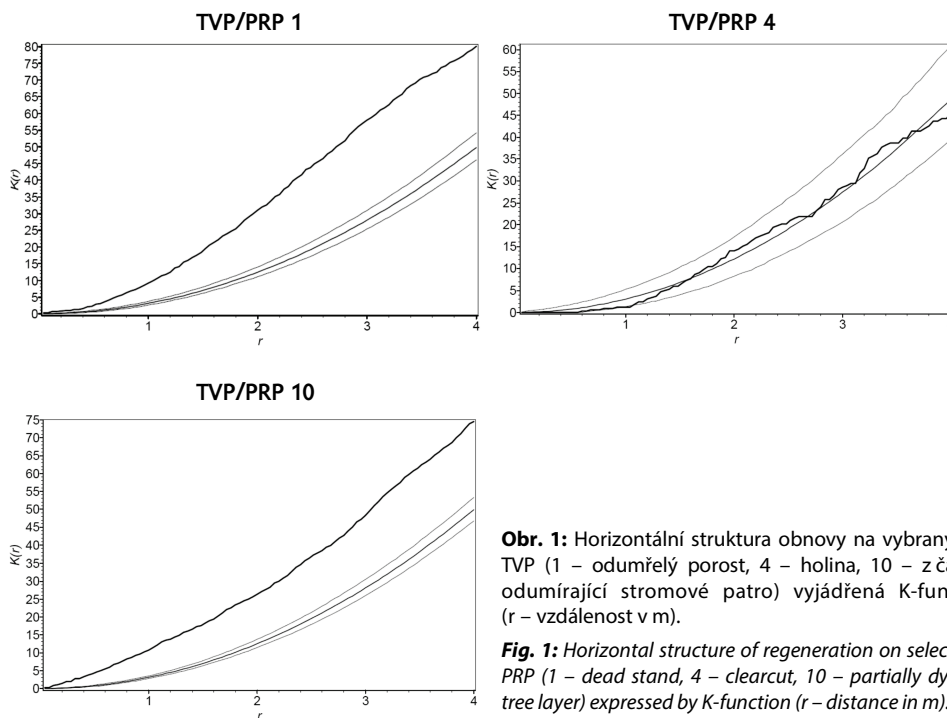
Zjištěné množství kombinované obnovy je na většině sledovaných ploch dostatečné pro zajištění existence nové generace lesa horských smrčín. Na TVP byly v roce 2009 zjištěny počty obnovy 440 až 19 760 $\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, obnova je v průměru z 95 % tvořena smrkem ztepilým, ostatních 5 % je zastoupeno vtroušenými dřevinami – jeřáb ptačí, javor klen, bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth) a vrba jíva (*Salix caprea* L.). Většina obnovy smrku byla v roce 2015 odrostlá buňeni i okusu a je průměrného stáří přibližně 20–26 let. KORPEL et al. (1991) odhaduje potřebný minimální počet 50–130 cm vysokých jedinců obnovy na 150–200 $\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zjištěné množství obnovy je tedy na všech sledovaných TVP dostatečné pro zajištění existence nové generace horské smrčiny. Srovnatelné množství obnovy ze Šumavy uvádějí ULBRICOVÁ et al. (2006), ŠTÍCHA et al. (2010) a z Krkonoš VACEK et al. (2010).

Přirozené zmlazení dřevin se objevuje na vhodných mikrostanovištích, kde nachází příznivé podmínky pro růst. Nevhodná místa pro uchycení obnovy jsou plochy travin (převážně *Calamagrostis villosa*), dále kapradiny a podrost *Vaccinium myrtillus*. Naopak vhodná stanoviště pro přirozenou obnovu jsou tlející dřevo, vyvýšeniny, hrabanka, mechy a okolí souší. Na svahu Velké Mokrůvky je zajímavé, že větší počet jedinců obnovy na hektar je v horních partiích směrem k vrcholu, než v nižších polohách na svahu hory (Tab. 1).

Z hlediska výškové struktury obnovy, četnost výškových tříd jedinců obnovy má na stanovištích s odumřelým mateřským porostem a na holinách tvar Gaussovy křivky, zatímco v porostech s částečně odumřelým mateřským porostem má tvar negativní exponenciály.

Gaussova křivka vykazuje levostrannou asymetrii, což je způsobeno nízkým zastoupením nejmladších jedinců obnovy. Na holině je vzhledem k rychlejšímu růstu mlazin nejpočetnější výšková třída nad 100 cm, naopak zastoupení obnovy v nejnižší výškové třídě chybí (0–20 cm). Obnova smrku je výškově vyspělejší na holinách než v lese s odumřelým stromovým patrem, naopak v průměru více jedinců obnovy se nachází v porostu s odumřelým stromovým patrem než na holinách.

Prostorová struktura přirozené a kombinované obnovy v lese s odumřelým stromovým patrem je shlukovitá. Výrazně agregovaná horizontální struktura smrkové obnovy byla zjištěna také v Orlických horách (VACEK et al. 2014) či ve Švédsku (LUNDQVIST, FRIDMAN 1996). U horizontální struktury přirozené obnovy byla potvrzena vysoká sociabilita, která indikuje shlukování obnovy na mikrostanovištích s přijatelnými nebo optimálními podmínkami pro klíčení semen a vývoj semenáčků. Tento trend je pro obnovu horských smrkových lesů typický (ŠTÍCHA et al. 2010; MALÍK et al. 2014). Při vyšším podílu umělé obnovy na holinách bylo zjištěno náhodné rozmístění (Obr. 1).



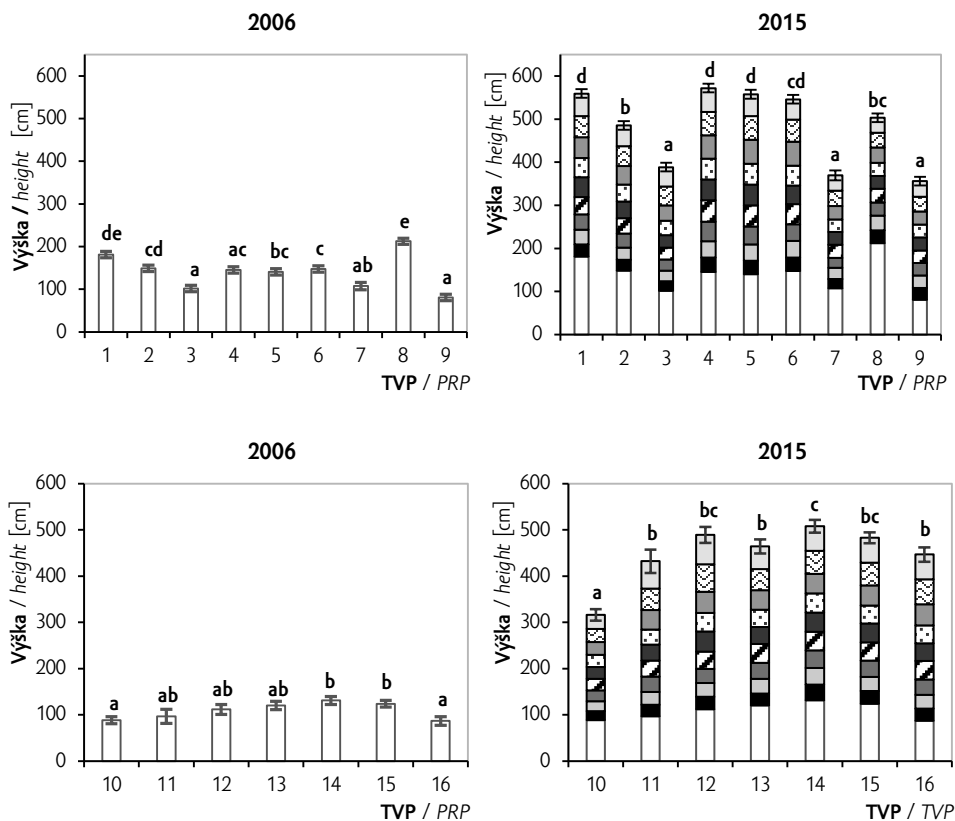
Obr. 1: Horizontální struktura obnovy na vybraných TVP (1 – odumřelý porost, 4 – holina, 10 – z části odumírající stromové patro) vyjádřená K-funkcí (r – vzdálenost v m).

Fig. 1: Horizontal structure of regeneration on selected PRP (1 – dead stand, 4 – clearcut, 10 – partially dying tree layer) expressed by K-function (r – distance in m).

Výškový růst a přírůstek obnovy smrku ztepilého

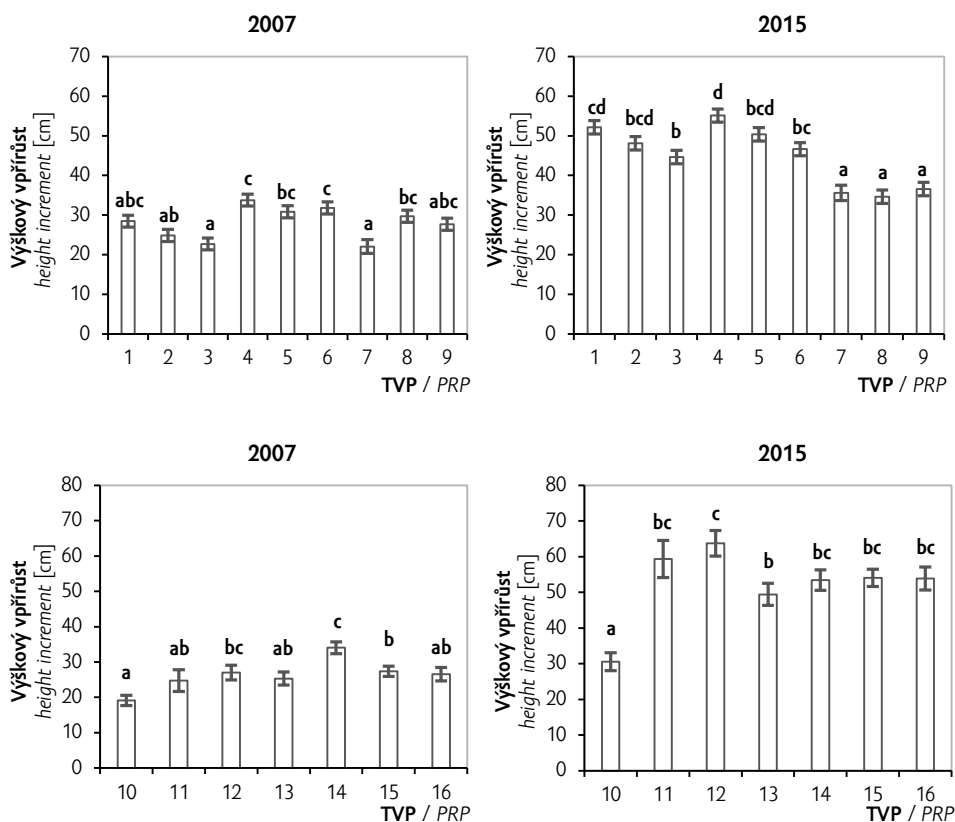
Průměrná výška přirozené obnovy na TVP 1–16 v letech 2006 a 2015 (s vylišenými přírůsty) je znázorněna na Obr. 2. Výška obnovy byla na začátku sledování výrazně diferencovaná, což potvrzují signifikantní rozdíly v průměrných výškách na jednotlivých TVP, jak na lokalitě Velké Mokrůvky (TVP 1–9; $F_{(8, 429)} = 28,94$, $p < 0,00$), tak i v oblasti Hraniční hory (TVP 10–16; $F_{(6, 217)} = 4,30$, $p < 0,00$). Signifikantně větší diference byla zjištěna v roce 2015 ($F_{(8, 429)} = 71,79$, $p < 0,00$; $F_{(6, 223)} = 29,28$, $p < 0,00$). Průměrná výška obnovy

smrku byla v roce 2015 na většině ploch od 3,5 do 5,5 m. Průměrný výškový přírůst přirozené obnovy na TVP 1–16 v letech 2007 a 2015 je uveden na Obr. 3. Také u výškového přírůstu došlo k větší diferenciaci (r. 2007 $F_{(8, 429)} = 6,64$, $p < 0,00$ a $F_{(6, 220)} = 7,59$, $p < 0,00$; r. 2015 $F_{(8, 429)} = 19,46$, $p < 0,00$, $F_{(6, 223)} = 14,99$, $p < 0,00$). Průměrný roční přírůst obnovy smrku se zvyšuje v závislosti na výškové vyspělosti obnovy. Např. na Velké Mokrůvce byl v roce 2007 průměrný roční přírůst obnovy smrku 10–30 cm a v roce 2015 byl již výškový přírůst 40–55 cm. Vzhledem ke světelným poměrům lze do budoucna očekávat zvýšený výškový přírůst obnovy smrku na většině TVP.



Obr. 2: Průměrná výška obnovy na lokalitě Velké Mokrůvky (TVP 1–9) a v oblasti Hraniční hora (TVP 10–16) v letech 2006 a 2015 (s vylišenými ročními přírůsty); signifikantní rozdíly ($p < 0,05$) mezi TVP jsou označeny různými písmeny; chybové úsečky představují standardní chybu průměrů.

Fig. 2: The average height of regeneration on locality Velké Mokrůvky (PRP 1–9) and in Hraniční hora (PRP 10–16) in 2006 and 2015 (with annual increments); Significant differences ($p < 0.05$) between PRPs are indicated by different letters; error bars represent a standard error of the mean.



Obr. 3: Průměrný výškový přírůst přirozené obnovy na lokalitě Velké Mokrůvky (TVP 1–9) a v oblasti Hraniční hory (PRP 10–16) v letech 2007 a 2015; signifikantní rozdíly ($p < 0.05$) mezi TVP jsou označeny různými písmeny; chybové úsečky představují standardní chybu průměrů.

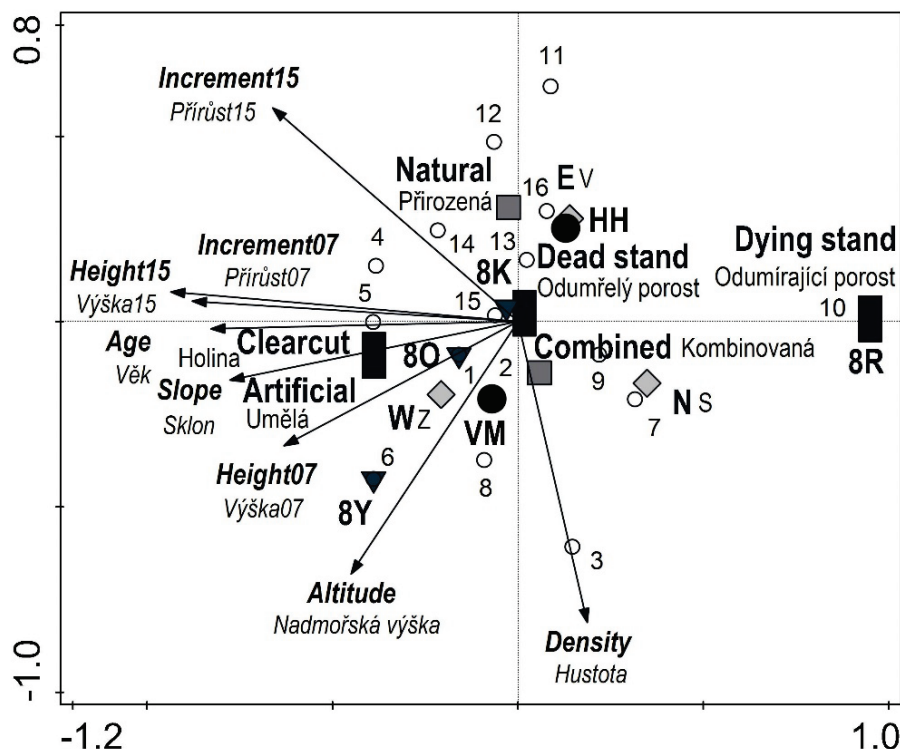
Fig. 3: The average height increment of regeneration on locality Velké Mokrůvky (PRP 1–9) and in Hraniční hora (PRP 10–16) in 2007 and 2015; Significant differences ($p < 0.05$) between PRPs are indicated by different letters; error bars represent a standard error of the mean.

Nicméně pro posouzení životaschopnosti náletu je třeba brát v úvahu i vliv zvěře a jiných faktorů (GUBKA 2006). Škody zvěří jsou v zájmové oblasti významným negativním jevem na vtroušených listnatých dřevinách. Okus byl v minulých letech zaznamenán na všech TVP a nejvýrazněji na holinách. Výškový vývoj listnatých dřevin je zde zvěří zcela eliminován, tak jako v ostatních horských oblastech ve střední Evropě (MOTTA 1996, 2003; VACEK et al. 2014, 2015; VACEK 2017).

Interakce mezi strukturou obnovy, stanovištními a porostními charakteristikami

Výsledky PCA analýzy jsou prezentovány ve formě ordinačního diagramu na Obr. 4. První ordinační osa vysvětluje 50,1 %, druhá osa 70,1 % a všechny čtyři osy 92,0 % variability dat. Osa x představuje sklon, věk obnovy v r. 2015 a výškový přírůst v r. 2007, zatímco osa y je charakterizována počtem obnovy. Věk obnovy byl pozitivně korelován s přírůstem na začátku sledování a s výškou v roce 2015, naproti tomu závislost s přírůstem v roce 2015 byla zanedbatelná. V roce 2007 dochází k nejvyššímu přírůstu signifikantně u umělé obnovy,

naproti tomu v r. 2015 byl přírůst u obou variant vyrovnán a negativně koreloval s počtem jedinců obnovy. Dále bylo zjištěno, že SLT má na výškový vývoj přirozené obnovy vliv minimální, naproti tomu byl zjištěn výrazný výškový rozdíl mezi holinou, odumřelým porostem a částečně rozvolněným porostem. Zkoumaná poslední varianta je pak charakteristická nízkou výškou a výškovým přírůstem obnovy, naopak holina vykazuje nejvyšší výškový růstový potenciál, zejména pak na počátku sledovaného období.



Obr. 4: Ordinační diagram znázorňující výsledky PCA analýzy vztahů mezi stanovištními charakteristikami (Nadmořská výška, Expozice, Sklon, SLT – 8O, 8K, 8R, 8Y), parametry obnovy (Umělá, Přirozená, Kombinovaná; Výška 2007, 2015; Výškový přírůst 2007, 2015; Hustota), typem prostředí (Holina, Odumřelý porost, Odumírající porost) a lokalitou (VM – Velké Mokrůvky, HH – Hraniční hora); označení 1–16 charakterizují TVP.

Fig. 4: Ordination diagram showing results of PCA analysis of relationships among site characteristics (Altitude, Exposition, Slope, FST – 8O, 8K, 8R, 8Y), parameters of regeneration (Artificial, Natural, Combined; Height 2007, 2015; Height increment 2007, 2015; Density), environmental type (Clearcut, Dead tree layer, Dying tree layer) and locality (VM – Velké Mokrůvky, HH – Hraniční hora); marks 1–16 characterize PRP.

ZÁVĚR

Z hlediska četnosti přirozené obnovy byl mezi porovnávanými typy ploch hlavní rozdíl v počtech jedinců v nejmladší věkové třídě, která je závislá především na blízkosti a dostatečném počtu plodných mateřských stromů. Proto na ploše s dosud částečně živým a z části již odumřelým mateřským porostem hodnoty v této skupině zpravidla významně přesahují množství obnovy v porostech s odumřelým stromovým patrem a na holinách. Kromě

kvantitativních rozdílů existují mezi těmito dvěma typy stanovišť i rozdíly ve výškové struktuře obnovy. U umělé obnovy smrku na holině se v současnosti projevuje vyšší výšková vyspělost, větší rozptýl výšek a nižší celkový počet jedinců v porovnání s plochami pod odumřelým stromovým patrem. V zájmové oblasti nezdídky také dochází k náletu listnatých dřevin, které jsou však silně poškozovány zvěří a nakonec zde většinou přežívá pouze smrk ztepilý.

LITERATURA

- CANHAM C.D., DENSLOW J.S., PLATT W.J., RUNKLE J.R., SPIES T.A., WHITE P.S. (1990): Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 620–631.
- 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.
- GRASSI G., BAGNARESI U. (2001): Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along natural light gradient. *Tree Physiology*, 21: 959–967.
- GUBKA K. (2006): Effects of the altitude change on the structure of the soil protective and anti-erosive function. In: Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity, Proceedings of conference in Opočno: 537–544.
- JONÁŠOVÁ M., PRACH K. (2004): Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23: 15–27.
- KORPEL Š., PEŇÁZ J., TESAR V., SANIGA M. (1991): Pestovanie lesa. *Príroda*, Bratislava, 472 s.
- KOZLOWSKI T.T. (2002): Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 158: 195–221.
- KREJČÍ F., VACEK S., BÍLEK L., MIKESKA M., HEJCMANOVÁ P., VACEK Z. (2013): The effects of climatic conditions and forest site types on disintegration rates in *Picea abies* occurring at the Modrava Peat Bogs in the Šumava National Park. *Dendrobiology*, 70: 33–42.
- KULAKOWSKI D., BEBI P. (2004): Range of variability of unmanaged subalpine forests. In *Forum für Wissen*, s. 47–54.
- KUULUVAINEN T., KALMARI R. (2003): Regeneration microsites of *Picea abies* seedlings in a windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland. *Annales Botanici Fennici*, 40: 401–413.
- LUNDQVIST L., FRIDMAN E. (1996): Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11: 1–4: 364–369.
- MALÍK K., REMEŠ J., VACEK S., ŠTÍCHA V. (2014): Development and Dynamics of Mountain Spruce (*Picea abies* /L./ Karsten) Stand Regeneration. *Journal of Forest Science*, 60: 2: 61–69.
- 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.
- MOTTA R. (2003): Ungulate impact on rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) height structure in mountain forests in the eastern Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, 181: 139–150.

- REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I., ŠÍCHA V., MALÍK K. (2009): Dynamika obnovy lesa po velkoplošném rozpadu porostů v NP Šumava. Management lesů v českých národních parcích. Fanta J., Křenová Z. (eds.), Sborník příspěvku z workshopu konaného v Krkonošském národním parku ve dnech 9.–11. 10. 2008, Správa NP a CHKO Šumava, s. 124–131.
- ŠTÍCHA V., KUPKA, I., ZAHRADNÍK D., VACEK S. (2010): Influence of micro-relief and weed competition on natural regeneration of mountain forests in the Šumava Mountains. *Journal of Forest Science*, 56: 5: 218–224.
- ULBRICHOVÁ I., REMEŠ J., ZAHRADNÍK D. (2006): Development of the spruce natural regeneration on mountain sites in the Šumava Mts. *Journal of Forest science*, 52: 446–456.
- VACEK S., SOUČEK J. (2001): Přirozená obnova v horských lesích Sudet. In: *Současné otázky pěstování horských lesů*. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia. Opočno, 13.–14. 9. 2001. Slodičák M., Novák J. (eds.), Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, s. 239–248.
- VACEK S., MATĚJKA K. (2010): State and development of phytocenoses on research plots in the Krkonoše Mts. forest stands. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 505–517.
- VACEK S., NOSKOVÁ I., BÍLEK L., VACEK Z., SCHWARZ O. (2010): Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 541–554.
- VACEK S., VACEK Z., BULUŠEK D., BÍLEK L., SCHWARZ O., SIMON J., ŠTÍCHA V. (2015): The role of shelterwood cutting and protection against game browsing for the regeneration of silver fir. *Austrian Journal of Forest Science*, 132: 2: 81–102.
- VACEK Z., VACEK S., BÍLEK L., KRÁL J., REMEŠ J., BULUŠEK D., KRÁLÍČEK I. (2014): Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. *Forests*, 5: 11: 2929–2946.
- VACEK Z., BULUŠEK D., VACEK S., HEJCMANOVÁ P., REMEŠ J., BÍLEK L., ŠTEFANČÍK I. (2017): Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134: 1: 75–96.
- VACEK Z. (2017): Structure and dynamics of spruce-beech-fir forests in Nature Reserves of the Orlické hory Mts. in relation to ungulate game. *Central European Forestry Journal*, 63: 1: 23–34.
- VÁVROVÁ E., CUDLÍN P., POLÁK T., ŠERÁ B., CHMELÍKOVÁ E., FALTA V. (2004): Vzházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého v klimaxových smrčínách Krkonoš. In: *Hodnocení stavu a vývoje lesních geobiocenóz*. Polehla P. (ed.). – Brno, Ediční středisko MZLU, s. 163–168.
- ZATLOUKAL V. (2001): Předběžné vyhodnocení stavu a vývoje přirozené obnovy v NP Šumava v prostoru Mokrůvka-Špičnick-Březnická hájenka. In: *Aktuality Šumavského výzkumu*, Srní, 2.–4. 4. 2001, Vimperk, s. 110–115.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B03/18), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Sekundární sukcese na kalamitních holinách ve smrkových porostech po orkánu Kyrill v Krkonoších

Secondary succession on disturbed areas in spruce forest stands after Kyrill orcane in the Krkonoše Mountains

ZDENĚK VACEK*¹, STANISLAV VACEK¹, KAREL VANČURA¹, VÁCLAV ŠIMŮNEK¹, DANIEL BULUŠEK¹, JANA BLAŽEJOVÁ², OTAKAR SCHWARZ²

¹Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, *vacekz@fld.czu.cz

²Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, Česká republika

Abstract

*The Kyrill Orcane in January 2007 greatly damaged large areas of spruce stands in the Krkonoše Mountains. The aim of this study was therefore to obtain knowledge about the structure and development of secondary succession in extreme climatic mountain conditions on disturbed areas in the eastern Krkonoše Mts. On comparable research plots, the density and growth parameters of natural regeneration, game damage and the amount of dead wood were monitored in period 2007–2016 on three localities. Results of the research showed density increase of dominant Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst; 42%) and the significant upturn of the share of deciduous trees (536%), especially in rowan (*Sorbus aucuparia* L.). In 2007, the total number of natural regeneration was 2 167 recruits per ha, resp. in 2016 3 076 recruits per ha. In terms of height structure, the average height was 44.2 cm (± 1.3 SE) in 2009 and 166.4 cm (± 3.1 SE) in 2016. The study also confirmed the positive influence of dead wood on the natural regeneration of the spruce and the significant negative influence of game on the growth of the regeneration, especially for deciduous tree species (5.7 % without damage).*

Keywords: natural regeneration; Norway spruce; self-development; game damage; dead wood

Abstrakt

Orkán Kyrill v lednu 2007 značně poškodil velké plochy smrkových porostů v Krkonoších. Cílem této studie bylo získat poznatky o stavu a vývoji sekundární sukcese v extrémních klimatických horských podmínkách na kalamitních holinách ve východních Krkonoších. Na srovnatelných výzkumných plochách byla v období 2007–2016 sledována početnost a růstové parametry přirozené obnovy, škody zvěří a množství odumřelého dřeva. Z výsledků výzkumu je zřejmý nárůst obnovy dominantního smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst. o 42 %) a významné zvýšení podílu listnatých dřevin (o 536 %), zejména jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia* L.). Celkový počet přirozené obnovy dosahoval v roce 2007 v průměru 2 167 ks·ha⁻¹, resp. v roce 2016 3 076 ks·ha⁻¹. Z hlediska výškové struktury, průměrná výška v roce 2009 dosahovala 44,2 cm ($\pm 1,3$ SE) a v roce 2016 166,4 cm ($\pm 3,1$ SE). Studie též potvrdila pozitivní vliv odumřelého dřeva na přirozenou

obnovu smrku a výrazný negativní vliv jelení zvěře na odrůstání obnovy, a to především u listnatých dřevin (5,7 % bez poškození).

Klíčová slova: přirozená obnova; smrk ztepilý; samovolný vývoj; škody zvěří; odumřelé dřevo

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Ve dnech 18. až 20. ledna 2007 se orkán Kyrill přehnal Evropou rychlostí až 216 km za hodinu a způsobil značné škody na majetku včetně lesních ekosystémů. Vláda vyhlásila ve dnech 25. 1. až 5. 2. 2018 pro pět nejvíce postižených krajů a několik okresů včetně Krkonoš stav nouze. Ministerstvo životního prostředí tehdy uvolnilo na likvidaci kalamity v Krkonošském národním parku 28 milionů Kč. Velkoplošná disturbance byla na 120 hektarech lesa a mozaikovitě pak bylo na 3 903 hektarech vytěženo 87 733 m³ dřeva. Největší disturbance přitom byly ve východní části Krkonoš, kolem Sněžky, Lvího a Jeleního dolu, Pomezních bud, Rýchor a Maršovska.

Disturbancemi nerušený vývoj lesních ekosystémů probíhá postupně formou maloplošné obměny generací v dlouhém časovém sledu a jeho výsledkem je výrazně prostorově a věkově strukturovaný les (PICKET, WHIT 1985; HOLEKSA et al. 2006). Pokud však dojde vlivem disturbance k jednorázovému rozpadu stromového patra, má to za následek zúžení doby obnovy a zmenšení prostorové a věkové heterogenity porostu. Pro všechny přírodní lesní ekosystémy jsou disturbance jejich přirozenou součástí (VACEK et al. 2015b). Mohou být způsobené buď člověkem, nebo přírodními činiteli. Nyní již disturbance často nejsou chápány jako nežádoucí a škodlivé, ale jsou považovány za hybnou sílu a řídicí dynamiku světových lesních ekosystémů (FRELICH 2002). Ve střední Evropě vývoj smrčín nejméně ovlivňují větrné vichřice a následná expanze lýkožrouta smrkového (SVOBODA et al. 2012). Tyto faktory jsou zde z hlediska ovlivnění dynamiky smrčín pravděpodobně nejdůležitější (KULAKOVSKI, VEBLEN 2007). Katastrofický rozsah a uplatnění ekologické sukcese je tak častým způsobem obnovy smrkových porostů (SVOBODA et al. 2010; VACEK et al. 2010). V iniciálních stádiích obvykle převládají jednoleté (případně i dvouleté) druhy, poté v sukcesní řadě následují širokolisté byliny, později trávy a nakonec keře a stromy (PRACH et al. 2008).

Řada studií dokazuje, že horské smrkové lesy jsou po velkoplošné disturbanci schopné přirozené obnovy. Důležité však nejsou jen počty zmlazení, ale i výška a věk semenáčků. K odumírání jsou nejvíc náchylní nejmenší a nejmladší jedinci (JONÁŠOVÁ, PRACH 2004; ZENÁHLÍKOVÁ et al. 2011). Za dobrý základ přirozené obnovy jsou přitom považovány semenáčky od výšky 20 cm (GUBKA 2006; HEURICH 2009), resp. poté co dorostou výšky obvyklé sněhové pokrývky (OTT et al. 1997). Pro zachování horského smrkového lesa je uváděno 300–500 semenáčků s touto výškou na 1 ha (ZATLOUKAL et al. 2001).

Cílem této studie bylo získat poznatky o stavu a vývoji sekundární sukcese, včetně škod zvěří a odumřelého dřeva, v extrémních klimatických podmínkách 8. lesního vegetačního stupně na kalamitních holinách po orkánu Kyrill ve smrkových porostech ve východních Krkonoších.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika zájmového území

Studované území se nachází v jádrovém území I. zóny ochrany přírody Krkonošského národního parku ve východní části Krkonoš na LHC Vrchlábí a Maršov. Zkoumané porostní skupiny se nacházejí v 8. LVS, kalamitní plochy jsou obdobného terénního typu (14 – únosný, sklon 26–40 % a 13 – únosný, sklon 16–22 %) a obdobné orientace ke světovým stranám (J až JZ expozice). Na lokalitě „Liščí hora“ jsou plochy v nadmořské výšce 1 166–1 214 m (LT 8Z2 – jeřábová smrčina borůvková, průměrná roční teplota 3,0 °C, roční úhrn srážek 1500 mm, délka vegetační doby 65 dnů), na lokalitě „Lovecká chata Jana“ je to 1 274–1 283 m (LT 8K2 – kyselá smrčina borůvková, průměrná roční teplota 3,0–4,0 °C, roční úhrn srážek 1 300–1 500 mm, délka vegetační doby 65–80 dnů; NEHYBA 2008).

Sběr dat

Sběr dat proběhl celkem na 14 kruhových ploch o poloměru 9,77 m, tj. o ploše 3 ary na třech kalamitních holinách o velikosti 2,5–4,5 ha. Středů dílčích ploch byly v terénu od r. 2007 označeny kolíkem s příslušnými hodnotami GPS. Jejich vzdálenost od porostních stěn byla 120–140 m. Na těchto výzkumných plochách byl zjišťován počet živých jedinců přirozené obnovy (ks), celková výška (cm), výška nasazení zelené koruny (cm), průměr zelené koruny (cm), výškové přírůsty (cm) a druhové složení. Dále bylo zaznamenáno poškození terminálního vrcholu zvěří, které bylo rozděleno do pěti stupňů: 1 – jedinec nepoškozen; 2 – poškozen mírně (1 okus); 3 – poškozen středně (2 až 4 okusy); 4 – poškozen silně s regenerací (5 okusů a více); 5 – poškozen silně bez regenerace (bez terminálu). Na dílčích plochách bylo dále zjišťováno pokryv (%) a množství odumřelého dřeva ($m^3 \cdot ha^{-1}$). Stupeň rozkladu odumřelého dřeva byl hodnocen podle pětičlenné stupnice (1 – rozkladem nenarušený kmen, 5 – konečná fáze rozpadu; stupnice upravena podle SPETICH et al. 2002). Měření bylo opakováno v roce 2014 a 2016.

Analýza dat

Statistické analýzy byly zpracovány v softwaru Statistica 12 (© StatSoft, Tulsa). Data byla zlogaritmována pro získání normálního rozdělení (testováno Kolomogorov-Smirnovovým testem). Rozdíly mezi výškovými přírůsty a výškou přirozeného smrkového zmlazení na trvalých výzkumných plochách (v roce 2009 a 2016) byly testovány jednosměrnou analýzou rozptylu (ANOVA). Významné rozdíly byly následně testovány post-hoc Tukeyho HSD testem a označeny homogenními skupinami. Závislost mezi průměrnou výškou a výškovým přírůstem byla testována Personovým korelačním koeficientem. Variabilita dat je znázorněna střední chybou průměru ($\pm SE$).

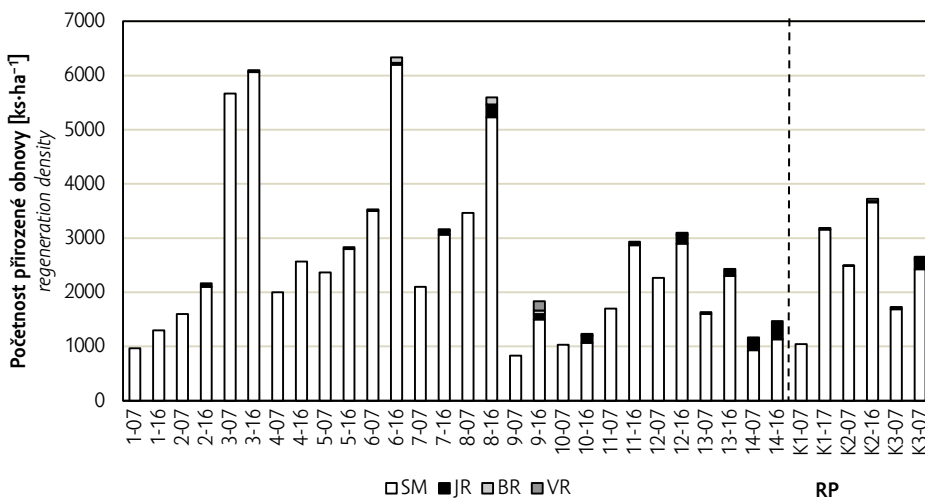
VÝSLEDKY A DISKUZE

Početnost přirozené obnovy

Výsledky měření prokázaly dostatečný potenciál nárůstu přirozené obnovy. V roce 2014 byl oproti r. 2007 zaznamenán nárůst počtu jedinců přirozené obnovy o 50 až 198 %. Největší nárůst byl přítom na kalamitní holině 1 a nejmenší na kalamitní holině 2. Z toho procentuálně nejmenší nárůst byl u dominantního smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.; 37 %), naopak největší nárůst byl zjištěn u listnatých dřevin, konkrétně u břízy bělokoré (*Betula pendula*

Roth.; 1 685 %), jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia* L.; 326 %) a vrby jívy (*Salix caprea* L.; v r. 2007 se na plochách nevyskytovala).

Nárůst počtu jedinců v období 2014 až 2016 byl již minimální na kalamitní holině 1 (o 3 %), záporný (–1 %) na kalamitní holině 2 a téměř nulový na kalamitní holině 3. Z toho vyplývá, že na sledovaných kalamitních plochách pominuly příznivé podmínky pro zmlazení v důsledku vysoké pokrývnosti bylinného patra s dominancí *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus* a *Avenella flexuosa* (VACEK et al. 2017). Kalamitní holina 1, na které byl procentuální nárůst počtu jedinců přirozeného zmlazení od roku 2007 zcela největší, leží sice ve vyšší nadmořské výšce (cca o 90 m) a v LT 8Z2, kde by měly být méně příznivé klimatické a edafické podmínky pro zmlazení (VACEK, ŠPULÁK 2005), avšak nachází se na ní také řádově dvojnásobně vyšší množství odumřelé dřevní hmoty. Tento stav obnovy potvrzuje, že ponechané odumřelé dřevo na kalamitních holinách vytváří příznivé podmínky pro přirozenou obnovu (VACEK et al. 2010). Porovnání počtu jedinců přirozeného zmlazení na výzkumných plochách 1–14 a kalamitních holinách 1–3 v r. 2007 a 2016 je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1: Početnost přirozené obnovy na výzkumných plochách 1–14 a kalamitních holinách 1–3 po orkánu Kyrill v Krkonoších diferencovaně dle dřevin v roce 2007 a 2016.

Fig. 1: Density of natural regeneration [pcs·ha⁻¹] on research plots 1–14 and disturbed areas 1–3 after Kyrill in the Krkonoše Mountains differentiated by tree species in 2007 and 2016.

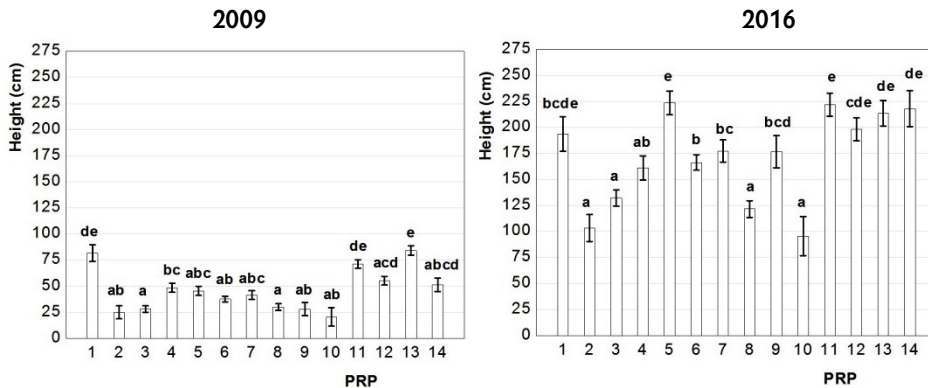
Notes: Regeneration density – Počet obnovy, RP (research plots) – VP (výzkumné plochy), Species: SM – *Picea abies*, JR – *Sorbus aucuparia*, BR – *Betula pendula*, VR – *Salix caprea*

Při porovnání zjištěné druhové skladby dřevin na zkoumaných plochách se skladbou cílovou dle LHP či plánu péče o KRNAP (FLOUSEK et al. 2010) je podíl listnatých dřevin příznivý, neboť se blíží podílu cílovému anebo jej převyšuje. Na všech výzkumných plochách v SLT 8Z a 8K v souladu s obnovními cíli výrazně dominuje smrk ztepilý (93–99 %). Na kalamitní holině 1 má být podíl JR 1 % a ve skutečnosti činí 1 %, na kalamitní holině 2 má být podíl JR 1 % a ve skutečnosti je JR 0,7 % a BR 1,1 %. Na kalamitní holině 3 má být 4 % JR a 1 % BR a ve skutečnosti je zde 6,3 % JR, 1,4 % BR a 0,9 % VR.

Výšková struktura a přírůst

V roce 2007 se jádro obnovy pohybovalo ve výškových třídách 16–25 cm, v r. 2014 ve třídách 66–85 cm a v roce 2016 ve třídách 106–125 cm. V r. 2014 byl již velmi malý počet semenáčků obnovy ve výškových třídách do 25 cm a v roce 2016 a do 45 cm. Tato zjištění ukazují na obtížnost přirozeného zmlazení na plochách, kde po náhlém rozpadu porostu došlo k prudkému zvýšení pokrývnosti a hustoty *Calamagrostis villosa* (ULBRICHOVÁ et al. 2006; VACEK, MATĚJKA 2010; VACEK et al. 2017).

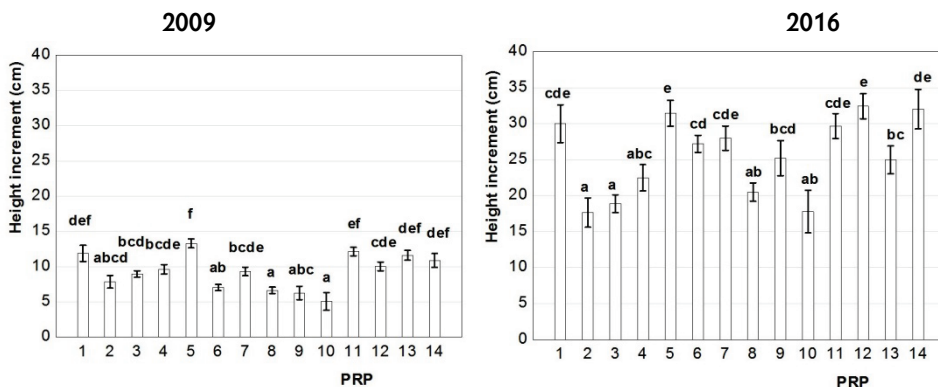
Průměrné výšky a výškové přírůsty přirozené obnovy na výzkumných plochách v r. 2009 a 2016 jsou znázorněny na Obr. 2 a 3. Stanovištní podmínky měly významný vliv na výšku zmlazení ($F_{(13, 1057)} = 13,5-17,8$; $P < 0,001$). Nejvyšší průměrné výšky byly v roce 2009 naměřeny na ploše 13 (84,2 cm \pm 4,3 SE), resp. na ploše 5 v roce 2016 (223,6 cm \pm 11,4 SE). Nejnižší průměrná výška zmlazení byla zjištěna na ploše 10 (2009 – 20,1 cm \pm 8,8 SE; 2016 – 95,4 cm \pm 18,7 SE), následovaná plochou 2 (2009 – 24,9 cm \pm 6,4 SE; 2016 – 103,3 cm \pm 12,9 SE). Dosažená výška přirozené obnovy odráží vhodnost stanovištních podmínek, zejména mikroreliefu a vegetačního pokryvu (VACEK et al. 2017). Dynamika a diferenciací výšek obnovy v průběhu 7 let byla značná (např. změna od nejnižší k nejvyšší homogenní skupině u plochy 5). Ve srovnání se všemi plochami v roce 2009 byla průměrná výška 44,2 cm \pm 1,3 SE a v roce 2016 166,4 cm \pm 3,1 SE.



Obr. 2: Průměrná výška přirozené obnovy na výzkumných plochách v letech 2009 a 2016. Signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) mezi plochami jsou označeny různými písmeny; chybové úsečky představují standardní chybu průměru.

Fig. 2: Average height of natural regeneration recruits on research plots in 2009 and 2016. Significant differences ($P < 0.05$) among plots are indicated by different letters; error bars represent standard error of the mean.

Rozdíly mezi výškovým přírůstem obnovy na jednotlivých výzkumných plochách byly také statisticky signifikantní ($F_{(13, 1057)} = 8,7-12,8$; $P < 0,001$). Nejvyšší přírůst byl zjištěn v roce 2009 na ploše 5 (13,3 cm \pm 0,6 SE), resp. na ploše 12 v roce 2016 (32,4 cm \pm 1,7 SE). Nejnižší přírůst byl zaznamenán v roce 2009 na ploše 10 (5,1 cm \pm 1,2 SE), resp. na ploše 2 v (17,7 cm \pm 2,0 SE) roce 2016 (Obr. 3). Celkově byla pozorována změna z pěti na šest homogenních skupin ($P < 0,05$) v průběhu 7 let.



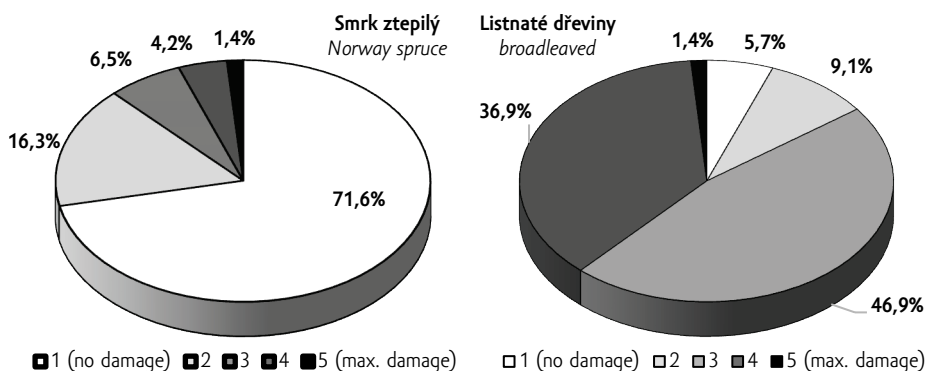
Obr. 3: Průměrná výškový přírůst přirozené obnovy na výzkumných plochách v letech 2009 a 2016. Signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) mezi plochami jsou označeny různými písmeny; chybové úsečky představují standardní chybu průměru.

Fig. 3: Average height increment of natural regeneration recruits on research plots in 2009 and 2016. Significant differences ($P < 0.05$) among plots are indicated by different letters; error bars represent standard error of the mean.

Při porovnání všech ploch dohromady, největší roční změna v průměrném výškovém přírůstu byla zaznamenána v roce 2015 (+3,8 cm), naopak nejmenší v roce 2011 (+0,6 cm). Během výzkumu (2009–2016) se celkový průměrný výškový přírůst zvýšil z 9,1 cm ($\pm 0,4$ SE) na 25,0 cm ($\pm 0,3$ SE). Při porovnání interakce mezi výškovým přírůstem a výškou jedinců obnovy, byla pozorována signifikantní pozitivní korelace ($r = 0,86101$, $P < 0,001$, $y = 2,91 + 0,13 \cdot x$).

Škody zvěří

Největší podíl poškození smrkového zmlazení zvěří (48,7 %) byl zjištěn na kalamitní holině 1 a nejmenší pak na kalamitní holině 3 (18,8 %). Na všech měřených plochách má největší podíl poškození smrku okusem mírný až střední. Na kalamitní holině 1 je 15,4 % SM semenáčků poškozeno mírně a 12,9 % středně, na kalamitní holině 2 jsou 4,0 % SM semenáčků poškozena mírně a 4,8 % středně, na kalamitní holině 3 je 12,5 % SM semenáčků poškozeno mírně a 3,5 % středně. Vysoký podíl poškození jedinců na kalamitní holině 1 je způsoben velmi vysokými stavy jelení zvěře na této v lokalitě. Na výzkumných plochách bylo celkem poškozeno 28,4% jedinců smrku a 94,3 % listnatých dřevin (Obr. 4). Potvrzuje se tím, že zvěř patří k významným limitujícím faktorům přirozené obnovy lesa (AMMER 1996; MOTTA 2003; ROONEY 2001; VACEK et al 2014a, 2015a, 2015b; VACEK 2017).



Obr. 4: Poškození terminálního vrcholu zvěří u smrku (vlevo) a souhrnně pro listnaté dřeviny (vpravo); poškození rozděleno do pěti stupňů: 1 – jedinec nepoškozen; 2 – poškozen mírně; 3 – poškozen středně; 4 – poškozen silně s regenerací; 5 – poškozen silně bez regenerace.

Fig. 4: Damage of the terminal peak by game at the spruce (left) and broadleaved trees (right); damage was divided into five degrees: 1 – undamaged; 2 – slightly damaged; 3 – medium damaged; 4 – strongly damaged with regeneration; 5 – strongly damaged without regeneration.

Jiná je situace u listnatých dřevin. Ty byly poškozeny převážně středně až silně (s regenerací). U kalamitní holiny 1 bylo zvěří poškozeno 100 % listnatých dřevin středně, u kalamitní holiny 2 bylo poškozeno zvěří 66,6 % silně a 33,3 % středně, u kalamitní holiny 3 bylo středně poškozeno 5 % BR, 9,9 % JR a 20 % VR a silně bylo poškozeno 50 % BR a 67,6 % JR. Listnaté dřeviny bez poškození okusem rostly pouze v těsné blízkosti jedinců smrku a pod jejich ochranou (VACEK et al. 2014b). Nízké počty listnatých jedinců přirozené obnovy jsou dané především nedostatkem mateřských stromů v okolí a také specifickými nároky dřevin. Nízký výskyt BR je způsoben zejména konkurencí a vysokou pokrývností *Calamagrostis villosa*, výškový přírůst JR je silně ovlivňován stavy zvěře – většina jedinců na výzkumných plochách je poškozena okusem (ŠTÍCHA et al. 2013; MALÍK et al. 2014).

Množství odumřelého dřeva na výzkumných plochách

Množství odumřelého ležícího dřeva na výzkumných plochách 1–14 je uvedeno v Tab. 1. Odumřelé ležící dřevo na výzkumných plochách pokrývalo 4,1–17,5 % půdního povrchu (v průměru 8,4 %). Nejvíce odumřelého ležícího dřeva bylo na kalamitní holině 1 (v průměru 14,0 % půdního povrchu a 387,3 m³ dřeva). Na kalamitní ploše 2 to bylo v průměru 6,0 % půdního povrchu a 166,8 m³ dřeva a na kalamitní ploše 3 v průměru 7,4 % půdního povrchu a 202,1 m³ dřeva. Přirozená obnova se vyskytovala pouze ve 4. a 5. stupni rozkladu odumřelého ležícího dřeva, jehož podíl se na jednotlivých výzkumných plochách pohyboval v rozmezí 56–68 %. Podstatně méně odumřelého dřeva bylo zjištěno ve smrkových porostech postižených imisní kalamitou v západních Krkonoších (KRÁL et al. 2015) i ve vrcholových partiích Orlických hor (VACEK et al. 2015b).

Tab. 1: Množství odumřelého ležícího dřeva na výzkumných plochách (VP) v roce 2016.**Tab. 1:** The amount of lying deadwood on research plots (RP) in 2016.

VP RP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pokryvnost [%] cover	13,1	11,3	17,5	4,7	5,3	5,4	8,6	8,2	7,1	8,6	10,2	7,9	4,1	5,8
Objem [m ³ ·ha ⁻¹] volume	364	313	485	130	148	150	239	227	196	237	282	198	113	162

ZÁVĚR

U všech měřených výzkumných ploch na kalamitních holinách v horských smrčínách ve východních Krkonoších bylo 10 let po orkánu Kyrill zjištěno relativně dostatečné množství přirozené obnovy, které by mělo postačit přírodě blízké tvorbě těchto porostů v I. zóně ochrany přírody. Ve sledovaném období celkový počet jedinců přirozené obnovy stoupl o 47–203 %. Zmlazení v zásadě odpovídá cílovému druhovému složení porostů. Z poškození přirozené obnovy zvěří je patrné, že listnaté dřeviny značně trpí opakovaným okusem a jsou nerovnoměrně zastoupeny na všech výzkumných plochách. Základním doporučením eliminující škody zvěří je modifikace druhového složení přirozené obnovy ve prospěch listnatých dřevin a následně tyto skupiny ochránit pomocí oplocení. Dalšími opatřeními mohou být přezimující obůrky pro zvěř či re introdukce šelem (např. vlka obecného). V mnoha případech je však jediným možným řešením snížení počtu přemnožené zvěře na ekologicky únosnou mez. Ze vzájemného porovnání získaných výsledků také vyplývá, že výška zmlazení na plochách je variabilní, což poukazuje na velkou diferenciaci obnovy dle stanovištních podmínek. Odumřelé dřevo poskytuje příhodné podmínky pro vývoj přirozené obnovy a naopak velká hustota bylinného patra, zejména *Calamagrostis villosa*, její zdárný vývoj limituje.

LITERATURA

- 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: 1: 43–53.
- FLOUSEK J. et al. (2010): Plán péče 2010–2020 o Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo. Správa KRNAP Vrchlabí.
- FRELICH L. E. (2002): Forest dynamics and disturbance regimes. *Studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Cambridge University Press, 266 s.
- GUBKA K. (2006): Vplyv zmeny nadmorskej výšky na štruktúru porastu s pôdoochrannou protieróznou funkciou. In: Jurásek et al. (eds.): *Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity*. Sborník z konference, Opočno, 5.–6. 9. 2006, VÚLHM Strnady – VS Opočno, 560 s., ISBN 80-86461-71-8, s. 537–544.
- HEURICH M. (2009): Progress of forest regeneration after a large-scale *Ips typographus* outbreak in the subalpine *Picea abies* forests of the Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta*, 15: 1: 49–66.

- HOLEKSA J., SNIGA M., SWAGRZYK J., DZIEDZIC T., FERENC S., WODKA M. (2006): Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. *European Journal of Forest Research*, 132: 303–313.
- JONÁŠOVÁ M., PRACH K. (2004): Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forest: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological, Engineering*, 23: 15–27.
- KRÁL J., VACEK S., VACEK Z., PUTALOVÁ T., BULUŠEK D., ŠTEFANČÍK I. (2015): Structure, development and health status of spruce forests affected by air pollution in the western Krkonoše Mts. in 1979–2014. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 61: 3: 175–187.
- KULAKOWSKI D., VEBLEN T.T. (2007): Effect of prior disturbances on the extent and severity of wildfire in Colorado subalpine forests. *Ecology*, 88: 759–769.
- MALÍK K., REMEŠ J., VACEK S., ŠTÍCHA V. (2014): Development and Dynamics of Mountain Spruce (*Picea abies* /L./ Karsten) Stand Regeneration. *Journal of Forest Science*, 60: 2: 61–69.
- MOTTA R. (2003): Ungulate impact on rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) height structure in mountain forests in the eastern Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, 181: 139–150.
- NEHYBA J. (2008): Hodnocení kalamity z ledna 2007 v oblasti Krkonošského národního parku. Lesoprojekt, Hradec Králové, 101 s.
- OTT E., FREHNER M., FREY H. U., LÜSCHER P. (1997): Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortsgerechte Waldbehandlung. Bern, Stuttgart, Wien, Verlag Paul Haupt, 287 s.
- PICKETT STEWARD T. A., WHITE P. S. (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando, Florida, USA; London, UK, ISBN 0-12-554520-7.
- PRACH K., BASTL M., KONVALINKOVÁ P., KOVÁŘ P., NOVÁK J., PYŠEK P., ŘEHOUNKOVÁ K., SÁDLO J. (2008): Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice, přehled dominantních druhů. *Příroda*, 26: 5–26.
- ROONEY T. P. (2001): Deer impacts on forest ecosystems: A North American perspective. *Forestry*, 74: 201–208.
- SPETICH A.M., LIECHTY H.O., STANTURF J.A., MARION D.A., LUCKOW K., MEIER C.E., GULDIN J.M. (2002): Coarse woody debris of a preresoration shortleaf pinebluestem forest. In: Outcalt K.W. (ed.): Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Knoxville, Tennessee, USA, 22.–22. 3. 2001, Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, s. 615–619.
- SVOBODA M., FRAVER S., JANDA P., BACE R., ZENAHLIKOVA J. (2010): Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 260: 707–714.
- SVOBODA M., JANDA P., NAGEL T. A., FRAVER S., REJZEK J., BACE R. (2012): Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science*, 23: 86–97.
- ŠTÍCHA V., MATĚJKA K., BÍLEK L., MALÍK K., VACEK S. (2013): Obnova smrkového lesa po gradaci lýkožrouta v Národním parku Šumava. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 131–137.

- ULBRICHOVÁ I., REMEŠ J., ZAHRADNÍK D. (2006): Development of the spruce natural regeneration on mountain sites in the Šumava Mts. *Journal of Forest Science*, 52: 10: 446–456.
- VACEK S., MATĚJKA K. (2010): State and development of phytocenoses on research plots in the Krkonoše Mts. forest stands. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 505–517.
- VACEK S., NOSKOVÁ I., BÍLEK L., VACEK Z., SCHWARZ O. (2010): Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts., *Journal of Forest Science*, 56:11: 541–554.
- VACEK S., VACEK Z., PODRÁZSKÝ V., BÍLEK L., BULUŠEK D., ŠTEFANČÍK I., REMEŠ J., ŠTÍCHA V., AMBROŽ R. (2014a): Structural diversity of autochthonous beech forests in Broumovské stěny National Nature Reserve, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*, 131: 4: 191–214.
- VACEK S., HŮNOVÁ I., VACEK Z., HEJCMANOVÁ P., PODRÁZSKÝ V., KRÁL J., PUTALOVÁ T., MOSER W. K. (2015b): Effects of air pollution and climatic factors on Norway spruce forests in the Orlické hory Mts. (Czech Republic), 1979–2014. *European Journal of Forest Research*, 134: 1127–1142.
- VACEK Z., VACEK S., BÍLEK L., KRÁL J., REMEŠ J., BULUŠEK D., KRÁLÍČEK I. (2014b): Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. *Forests*, 5: 11: 2929–2946.
- VACEK Z. (2017): Structure and dynamics of spruce-beech-fir forests in Nature Reserves of the Orlické hory Mts. in relation to ungulate game. *Central European Forestry Journal*, 63: 1: 23–34.
- VACEK Z., BULUŠEK D., VACEK S., HEJCMANOVÁ P., REMEŠ J., BÍLEK L., ŠTEFANČÍK I. (2017): Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134: 1: 75–96.
- ZATLOUKAL V., KADERA J., ČERNÁ J., PŘÍLEPKOVÁ S. (2001): Předběžné vyhodnocení stavu a vývoje přirozené obnovy v NP Šumava v prostoru Mokrůvka–Špičnick–Březnická hájenka. In: Mánek J. (ed.): *Aktuality Šumavského výzkumu. Sborník z konference, Srní, 2.–4. 4. 2001, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk*, s. 110–115.
- ZENÁHLÍKOVÁ J., SVOBODA M., WILD J. (2011): Stav a vývoj přirozené obnovy před a jeden rok po odumření stromového patra v horském smrkovém lese na Trojmezí v Národním parku Šumava. *Silva Gabreta*, 17: 37–54.

Poděkování

Príspevek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B03/18), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Testovanie účinnosti metódy IDS na osive borovice lesnej (*Pinus sylvestris*)

*Testing the use of the IDS method on Scots pine (*Pinus sylvestris*) seeds*

ANNA VÁVRA ČURDOVÁ, KATEŘINA HOUŠKOVÁ*, OLDŘICH MAUER

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, *xhouskova@gmail.com

Abstract

The aim of the paper was to confirm the use of the IDS method for separation of filled dead seeds from a Scots pine seed lot. Three separate Scots pine seed lots were used with different germination capacity (43%, 62%, and 82% respectively). Seeds were soaked to a 30% water content, incubated for 3 days at 15 °C, 100% relative air humidity and dried over an experimentally determined period of time at 20 °C, 20% relative air humidity. The seeds were separated by water floatation over a period of 5 minutes and the efficacy of the method was verified by comparing the germination capacity of the non-treated seeds to the germination capacity of the treated sinked (vital) and floating (dead) fraction. The results demonstrated that the method increases the germination rate and germination capacity of the treated seeds. Applying the method results in a loss of an unspecified number of vital seeds as the floating fraction of the dead seeds always contains a certain amount of germinable seeds. In order to achieve the desired results (a germination capacity of the sinked fraction close to 100%), the method has to be further optimised with an emphasis on precise monitoring of humidity conditions and aeration during seed incubation and drying.

Keywords: *Scots pine; IDS method; seed quality; germination rate; germination capacity*

Abstrakt

Cieľom práce bolo overenie účinnosti metódy IDS pre separáciu plných mŕtvych semien z osiva borovice lesnej. Použité boli 3 samostatné oddiely osiva s klíčivosťou 43, 62 a 82 %. Testované osivo bolo na začiatku dovlhčené na hodnotu obsahu vody 30 %, inkubované 3 dni pri 15 °C a 100% relatívnej vzdušnej vlhkosti (RVV) a sušené po experimentálne stanovenu dobu pri 20 °C a 20% RVV. Separácia osiva bola realizovaná plavením vo vode po dobu 5 min, kontrola účinnosti metódy bola uskutočnená porovnaním klíčivosti neošetreného osiva s klíčivosťou sedimentovanej (vitálnej) a plávajúcej frakcie po aplikácii metódy IDS. Výsledky preukázali, že metóda zvyšuje energiu klíčenia a klíčivosť ošetreného osiva. Po aplikácii metódy dochádza k nešpecifickým stratám vitálneho osiva: v plávajúcej frakcii s mŕtvymi semenami je vždy aj určité množstvo klíčivých semien. Pre dosiahnutie žiadanych výsledkov (cca 100% klíčivosť sedimentovanej frakcie) je nutné metódu ďalej optimalizovať s dôrazom na zaistenie precíznej kontroly vlhkostných podmienok a aerácie v priebehu inkubácie a sušenia osiva.

Kľúčové slová: borovica lesná; metóda IDS; kvalita osiva; klíčivosť; energia klíčenia

ÚVOD

Posledné roky zaznamenali v pestovaní sadbového materiálu odklon od tradičnej prostokorenej sadby spojený so zvýšením záujmu škôlkarov i lesníkov o sadbu krytokorennú (ČEŠKA 2016; DOHNANSKÝ 2016; PŮLPÁN 2016). Jej výhody spočívajú predovšetkým v nižších stratách pri jarnom zalesňovaní v nepriaznivom počasí, predĺženom období vhodnom pre výsadbu v priebehu roku, robustnom nepoškodenom koreňovom systéme, lepšom raste po sadbe a možnosti mechanizovanej a automatizovanej výroby sadby po celý rok (MAUER 2009). Zásadnú nevýhodu pestovania krytokorenej sadby predstavujú podľa Mauera zvýšené výrobné náklady. Vznikajú okrem iného aj z potreby manuálneho jednotenia sadby pri výseve dvoch a viacerých semien do bunky sadbovača. Riešenie predstavuje použitie osiva s vysokou mierou klíčivosti (>95 %, PALÁTOVÁ 2008).

Metódu zvyšujúcu klíčivosť oddielov osiva drevín navrhol a otestoval v 90. rokoch Urban Bergsten (BERGSTEN 1993). Jej cieľom je oddelenie plných mŕtvych semien z oddielov osiva. Metóda vychádza z poznatkov fyziológie a rastlinnej embryológie o hospodárení semien s vodou. Zatiaľ čo živé semená aktívne zadržujú získanú vodu, mŕtve semená už žiadne mechanizmy brániace strate vody nemajú (SIMAK 1984). Separácia živých semien od semien mŕtvych spočíva v 3 krokoch: v inkubácii osiva vo vlhkom prostredí, jeho sušení a následnej separácii plavením, pri ktorom ťažké napučané živé semená klesnú v plavebnej nádobe ku dnu, zatiaľ čo vysušené mŕtve semená vystúpia ku hladine. Anglické názvy jednotlivých krokov dali meno i celej metodike, je známa ako IDS: Incubation (inkubácia) – Drying (sušenie) – Separation (oddelenie).

Metóda vedie nielen k príprave oddielov osiva s vysokou klíčivosťou. Jej aplikácia taktiež zvyšuje energiu klíčenia osiva, resp. zlepšuje jeho vitalitu. Metóda IDS je ojedinele uplatňovaná v niektorých lesnícky vyspelých krajinách, akými sú Švédsko a Kanada. Na území Českej republiky nebola nikdy integrovaná do semenárskej prevádzky a podľa dostupnej literatúry s ňou nebolo experimentované ani na výskumnej úrovni.

Metóda IDS bola popísaná pre niekoľko druhov lesných drevín (KOLÁŘOVÁ et al. 2005), najlepšie je zdokumentovaná na osive borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.).

Protokoly používané jednotlivými autormi sa však od seba navzájom odlišujú, a to aj pri práci s rovnakým druhom dreviny. Optimálny protokol musí byť definovaný pre každý oddiel osiva zvlášť (KARRFALT 1996).

V práci prezentujeme prvé výsledky aplikácie metódy IDS na 3 samostatných oddieloch osiva borovice lesnej ako východisko jej neskoršieho využitia v Semenárskom závode Týniště nad Orlicí podniku Lesy České republiky, s. p. (LČR).

MATERIÁL A METODIKA

Osivo potrebné pre výskumné účely bolo poskytnuté Semenárskym závodom LČR v Týništi nad Orlicí. Jedná sa o 3 oddiely osiva borovice lesnej (Tab. 1).

Tab. 1: Označenie testovaných oddielov osiva borovice lesnej a ich východzia klíčivosť.

Tab. 1: Labeling of the tested Scots pine seed lots and their initial germination capacity.

Číslo uznannej jednotky <i>national identification of seed origin</i>	Pracovné označenie <i>working label</i>	Klíčivosť [%] <i>germination capacity</i>
CZ-2-2B-BO-1443-16-5-J	A	43
CZ-3-3-BO-00079-6-2-P	B	62
CZ-2-2A-BO-2029-18-2-S	C	82

Skúška klíčivosti:

Skúškou klíčivosti sme overili kvalitu osiva pred aplikáciou metódy IDS. Stanovením energie klíčenia a klíčivosti bol zistený počet čistých semien, ktoré za priaznivých podmienok a dobu druhovo špecifickú vyklíčia a pravdepodobne sa vyvinú v zdravé semenáčky. Skúška bola realizovaná podľa normy ČSN 48 1211 (2006) na Jacobsenových klíčiach (výrobca Teroz, Litomyšl).

Predinkubačná príprava:

Vlhkosť osiva poskytnutého semenárskym podnikom v Týništi bola znížená za účelom dlhodobého skladovania na hladinu 4–7 %. Doporučená vlhkosť osiva borovice lesnej pred vstupom do inkubačnej fázy metódy IDS je 30 % (BERGSTEN 1993). Reálny obsah vody v osive bol stanovený pomocou metodiky v norme ČSN 48 1211 (2006). Rozdiel medzi reálnou a doporučenou vlhkosťou osiva bol eliminovaný jeho dovlhčením. Východiskové vzorky osiva s hmotnosťou 5 g boli navážené na analytických váhach s presnosťou na 3 desatinné miesta. Vzorky boli následne umiestnené do uzatvárateľných polyetylénových (PE) vrecúšok. Pipetou bol k vzorkám pridaný potrebný objem vody vypočítaný podľa Tab. 2. Vzorky boli následne inkubované v uzatvorených PE vrecúškach po dobu 24 hodín v chladničke pri teplote 3–5 °C.

Tab. 2: Postup výpočtu objemu vody potrebného pre dovlhčenie osiva.

Tab. 2: Process of calculating the water volume required for seed moisture content increase.

H ₁ [g]	V ₁ [%]	V ₂ [%]	H ₂ [g]	Δ H [ml]
Východzia hmotnosť vzorky <i>initial sample weight</i>	Počiatkový obsah vody vo vzorke <i>initial sample moisture content</i>	Požadovaný obsah vody vo vzorke <i>required sample moisture content</i>	Výsledná hmotnosť vzorky <i>final sample weight</i>	Objem vody pre dovlhčenie water volume for seed moisture content increase
			$H_1 \cdot [(100 - V_1) / (100 - V_2)]$	$H_2 - H_1$

Dovlhčené osivo nie je potrebné povrchovo osúšať, nakoľko semená vstrebú všetku dodanú vodu. Pre potvrdenie spoľahlivosti nášho postupu sme stanovili vlhkosť vo 2 dovlhčených vzorkách.

Inkubácia osiva

Účelom inkubácie osiva bolo zaistiť optimálne podmienky pre príjem vody do pletív. Osivo sme inkubovali v podmienkach doporučených literatúrou v inkubátore pri 15 °C a 100% relatívnej vlhkosti vzduchu (RVV) po dobu 72 hodín (BERGSTEN 1993). Teplotné a vlhkosťné podmienky sme kontrolovali senzorom Minikin THi výrobcu EMS Brno.

Sušenie osiva

Po ukončení inkubácie boli vzorky osiva podrobené sušeniu, ktoré BERGSTEN (1993) odporúča v sušiarňi umožňujúcej nastavenie teploty v rozmedzí 20–25 °C a RVV v rozpätí 5–15 %. Zvolená teplota sušenia bola 20 °C, vlhkosť vzduchu bola znižovaná silikagélom a dosahovala hodnoty cca 20 %. Pre efektívnejšie využitie osiva bola stanovená optimálna dĺžka sušenia na umrŕtvenom osive pre každý testovaný oddiel zvlášť. Dôvodom bolo to, že príliš dlhá doba sušenia vedie ku zvýšeniu objemu normálne klíčoviacich semien v plávajúcej frakcii osiva pri následnej separácii osiva plavením. Naopak, príliš krátka doba nepostačuje k adekvátnemu vysušeniu všetkého mŕtveho osiva tak, aby sa neusádzalo na dne, ale zostalo v plávajúcej frakcii. Pre oddiel osiva A bola doba sušenia stanovená na 5 hodín, pre oddiel B na 6 hodín a oddiel C na 3 hodiny. Teplota a RVV boli v priebehu sušenia monitorované senzorom Minikin Thi. Detaily postupu inkubácie a sušenia sú na základe zmluvy o diele uzatvorenej so štátnym podnikom Lesy ČR predmetom obchodného tajomstva.

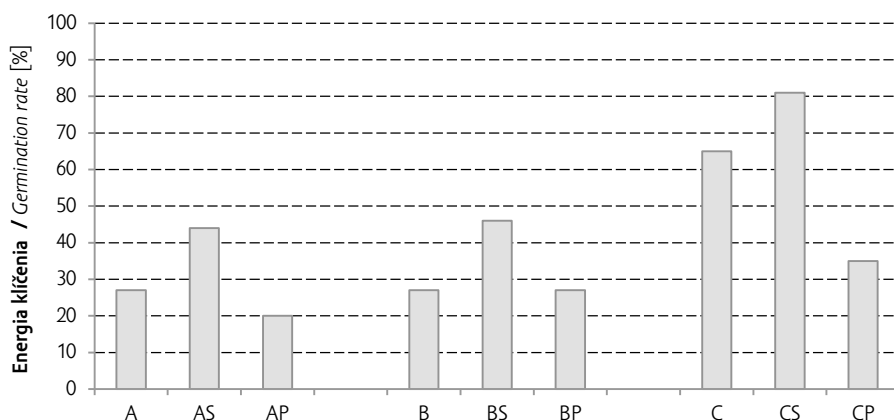
Separácia osiva

Separáciu živých a mŕtvych plných semien sme uskutočnili v primerane veľkých nádobách naplnených vodou z vodovodu. Semená sme do nádob vsypali bezprostredne po vybratí zo sušiarne. Za občasného premiešania boli ponechané vo vode po dobu 5 minút. Premiešanie umožnilo maximalizovať kontaktnú plochu na rozhraní semeno–voda. Po uplynutí lehoty 5 minút boli z nádoby pomocou sitka postupne získané obe frakcie osiva: plávajúca (potenciálne mŕtve semená) aj sedimentovaná (potenciálne živé semená). Frakcie boli rozprestreté na označené háčky filtračného papiera a ponechané na osušenie pri laboratórnej teplote. Semená sme následne presne spočítali a z každej frakcie odobrali vzorky na stanovenie klíčivosti a teda i úspešnosti celej metódy. Skúška klíčivosti bola realizovaná na Jacobsenových klíčovniach v súlade s normou ČSN 48 1211 (2006), v každej variante boli 4 opakovania po 100 semenách.

Údaje boli graficky spracované v programe Microsoft Excel. Percentické údaje pre charakteristiky klíčenia (energia klíčenia a klíčivosť) boli transformované na normálne rozdelenie pomocou arc-sin transformácie. Jednotlivé pokusné varianty boli následne porovnané jednofaktorovou (ošetrenie osiva metódou IDS) a viacfaktorovou (ošetrenie osiva metódou IDS, oddiel osiva) analýzou variancie pri hladine významnosti (α) 0,05 v programe Statistica 12. Viacnásobné porovnania boli realizované pomocou Fisherovho testu najmenšieho významného rozdielu (F-LSD test, Fisher's Least Significant Difference test).

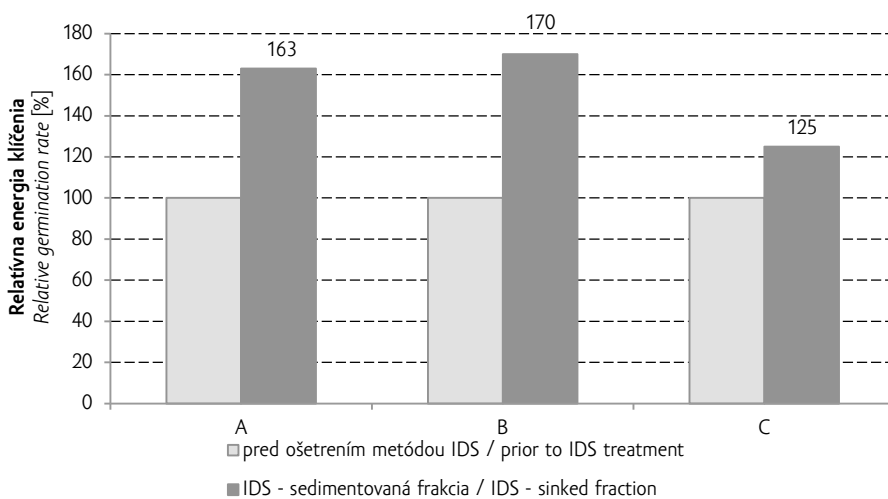
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Energia klíčenia sa po ošetrení metódou IDS u všetkých 3 oddielov osiva výrazne zvýšila (Obr. 1), u sedimentovanej frakcie osiva (potenciálne živé semená) bola štatisticky významne vyššia ($P > 99\%$) než u neošetreného osiva. Veľký nárast energie klíčenia po aplikácii IDS bol zaznamenaný predovšetkým u oddielov s nižšou energiou klíčenia (oddiely A a B, Obr. 2). V plávajúcej frakcii, ktorá by mala za ideálnych podmienok po aplikácii IDS obsahovať len mŕtve semená, bol taktiež zaznamenaný určitý podiel klíčivých semien: ich energia klíčenia však bola štatisticky významne nižšia ($P = 99\%$) než u osiva neošetreného. Aplikáciou metódy IDS teda dochádza k určitým "stratám" na osive, keďže v plávajúcej frakcii zostávajú aj klíčivé semená. Rovnaká je aj praktická skúsenosť z bežnej prevádzky.



Obr. 1: Energia klíčenia oddielov osiva borovice lesnej neošetrených metódou IDS (A, B, C) a po ošetrení metódou IDS – frakcia sedimentovaná (S) a plávajúca (P).

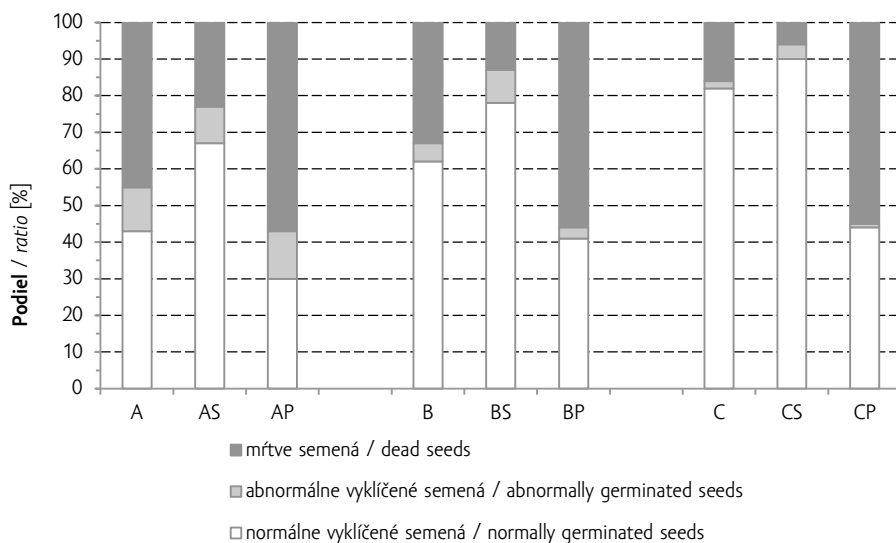
Fig. 1: Germination rate of the Scots pine seeds untreated with the IDS method (A, B, C) and following the IDS treatment – sinked (S) and floating (P) fraction.



Obr. 2: Relatívny nárast energie klíčenia testovaných oddielov osiva borovice lesnej (A, B, C) pred ošetrením metódou IDS a po IDS (sedimentovaná frakcia).

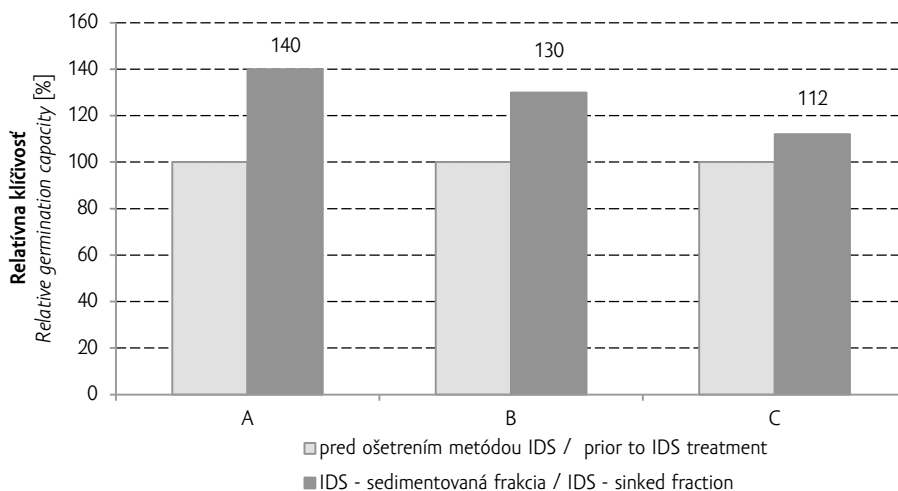
Fig. 2: Relative increase in germination rate of the tested seed lots of Scots pine (A, B, C) prior to IDS treatment and following IDS treatment (sinked fraction).

Klíčivosť osiva v sedimentovanej frakcii bola po aplikácii IDS takisto výrazne vyššia než u osiva neošetreného (Obr. 3); podiel klíčivých semien bol štatisticky väčší ($P > 99\%$) než v neošetrenom osive. Čím nižšia bola klíčivosť osiva, tým vyšší nárast klíčivosti sa dosiahol aplikáciou metódy IDS (Obr 4). Naopak, v plávajúcej frakcii osiva bolo po aplikácii metódy IDS významne menej klíčivých semien ($P > 99\%$ $p = 0,000004$) než v neošetrenom osive.



Obr. 3: Podiel semien klíčivých, abnormálne vyklíčených a mŕtvych v testovaných oddieloch osiva bez ošetrovania metódou IDS (A, B, C) a po aplikácii metódy v sedimentovanej frakcii (S) a vo frakcii plávajúcej (P).

Fig. 3: Ratio of germinated, abnormally germinated and dead seeds in the tested seed lots without IDS treatment (A, B, C) and following IDS treatment in the sunked (S) and floating (P) fraction.



Obr. 4: Relatívny nárast klíčivosti testovaných oddielov osiva borovice lesnej (A, B, C) pred ošetrovaním metódou IDS a po IDS (sedimentovaná frakcia).

Fig. 4: Relative increase in germination capacity of the tested seed lots of Scots pine (A, B, C) prior to IDS treatment and following IDS treatment (sunked fraction).

Z Tab. 3 vyplýva, že z 1 kg osiva sa nám podarilo získať:

- v oddiele A 636 g osiva s podielom klíčivých semien 77 % (normálne i abnormálne vyklíčené semená), pričom pôvodný podiel klíčivých semien bol 55 %,
- v oddiele B 682 g osiva s podielom klíčivých semien 87 % pri pôvodnom podiele 67 %,
- v oddiele C 697 g osiva s podielom klíčivých semien 94 % pri pôvodnom podiele 84 %.

U všetkých oddielov obsahovala plávajúca frakcia podstatnú časť – približne tretinu – osiva s nižšou klíčivosťou (cca 20–30 %). Túto časť osiva možno využiť vysiatím na záhon vo vyššej výsevovej dávke.

Tab. 3: Množstvo semien v sedimentovanej a v plávajúcej frakcii po aplikácii metódy IDS u testovaných oddielov osiva.

Tab. 3: Amount of seeds in the sinked and floating fraction following IDS treatment of the tested seed lots.

Oddiel osiva <i>seed lot</i>	Počet semien [ks] vo frakcii <i>number of seeds [pcs] in</i>		Podiel semien [%] vo frakcii <i>seeds ratio [%] in</i>	
	Sedimentovanej <i>sinked fraction</i>	Plávajúcej <i>floating fraction</i>	Sedimentovanej <i>sinked fraction</i>	Plávajúcej <i>floating fraction</i>
A	497	284	63,6	36,4
B	533	248	68,2	31,8
C	544	237	69,7	30,7

Napriek tomu, že aplikáciou metódy IDS bola významne zvýšená energia klíčenia i klíčivosť, v žiadnom z testovaných oddielov sa nepodarilo dosiahnuť približne 100% klíčivosť, ktorá je podľa PALÁTOVEJ (2008), a aj zo skúsenosti škólkarov pri pestovaní krytokorenej sadby, nutná pre výsev jedného semena do jednej bunky sadbovača. Podľa literatúry (KARRFALT 1996) i skúseností z prevádzky v zahraničí je možné aplikáciou metódy zaistiť osivo s požadovanou klíčivosťou výhradne iba u najkvalitnejších oddielov osiva, t.j. u oddielov s vysokou klíčivosťou už pred ošetrením IDS. Nie je preto možné očakávať, že metóda IDS umožní vyčleniť z ľubovoľného oddielu osiva iba živé semená a pripraviť tak osivo s klíčivosťou blízkou 100 %. Avšak u kvalitnejších oddielov, akým bol napríklad aj oddiel osiva C, by malo aplikáciou metódy IDS dôjsť ku zvýšeniu klíčivosti na cca 98 %, zatiaľ čo v nami realizovanom experimente bolo dosiahnuté len hodnoty 94 %. Technický problém vidíme obzvlášť v nasledujúcich aspektoch. V priebehu sušenia nebola dosiahnutá literatúrou (BERGSTEN 1993) doporučená vlhkosť vzduchu 5–15 %, RVV sa pohybovala okolo 20 %. Aplikáciou metódy došlo počas skúšky klíčivosti k markantnému bujeniu húb, ktoré výrazne rýchlejšie poškodzovali klíčky semien na osive, než tomu bolo u osiva neošetreného metódou IDS. Je možné predpokladať, že pri väčšom objeme osiva, ktoré by bolo ošetrované v praxi, by došlo k ešte intenzívnejšiemu rozvoju húb než v laboratórnych podmienkach. V našich experimentoch bolo ošetrovaných iba 5 g osiva. Toto bolo počas inkubácie i sušenia rozprestreté v jedinej vrstve, čo je v priemyselnom objeme osiva obtiažne dosiahnuteľná podmienka. Naopak, možno očakávať, že v prevádzke sa bude osivo vyskytovať vo vyššej

vrstve. Pre ďalšie zdokonalenie metódy bude preto zásadná úprava podmienok inkubácie a sušenia tak, aby bol prevzdušnením minimalizovaný rozvoj húb a boli precízne dodržané všetky teplotné a vlhkosťové podmienky. Účinnosť metódy by rovnako tak mohla byť overovaná aj inými spôsobmi než skúškou klíčivosti, u ktorej po aplikácii dochádza k silnejšiemu poškodeniu klíčiacych semien hubami a teda i prípadnému skresleniu výsledkov v neprospech IDS. V tomto smere sa zdá byť veľmi perspektívnou skúška rentgenom, ktorá prináša aj významnú časovú úsporu.

ZÁVER

V práci sme na vzorkách hmotnosti 5 g z 3 rozličných oddielov osiva borovice lesnej hodnotili účinnosť metódy IDS umožňujúcej vyčlenenie plných mŕtvych semien z oddielov osiva. Na začiatku bolo potrebné osivo dovlhčiť na hodnotu 30 % obsahu vody. Vzorky sme inkubovali 72 hodín pri 15 °C a 100% RVV a sušili po dobu určenú testom na umŕtvenom osive pri 20 °C a 20% RVV. Vitálne semená boli od plných mŕtvych semien separované sedimentáciou vo vode po dobu 5 min. Na kontrolu účinnosti separácie bola porovnaná klíčivosť neošetreného osiva s osivom zo sedimentovanej a plávajúcej frakcie osiva po aplikácii metódy IDS. Z dosiahnutých výsledkov jednoznačne vyplýva, že aplikácia metódy IDS na osive borovice umožňuje odseparovať frakciu s vyššou energiou klíčenia (vitalitou) ako aj klíčivosťou osiva. Testovaním však doposiaľ nebol dosiahnutý požadovaný výsledok, ktorým je približne 100% klíčivosť osiva po aplikácii IDS. V ďalšom výskume sa preto zameriame na potlačenie rozvoja hubových patogénov a striktné dodržiavanie doporučených podmienok jednotlivých fáz metódy IDS.

LITERATÚRA

- BERGSTEN U. (1993): Removal of dead-filled seeds and invigoration of viable seeds – A review of a seed conditioning concept used on conifers in Sweden. [Odstránenie plných mŕtvych semien a zvýšenie vitality živých semien - Prehľad konceptu metódy zvýšenia kondície osiva používanom na ihličnanoch vo Švédsku.] In: Dormancy and barriers to germination. Proceedings of an international symposium of IUFRO Project Group P2. 04-00 (Seed Problems). Victoria, British Columbia, Canada: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre, Victoria, B.C., s. 7–15.
- ČEŠKA P. (2016): Praktické zkušenosti s typy sadebního materiálu a termíny výsadby při obnově lesa u VLS ČR, s. p. In: Martinec P. (ed.): Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016, Sdružení lesních školkařů ČR, Tečovice, s. 21–24.
- ČSN 48 1211 (2006): Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin: Forest seed management – Collection, quality and methods for testing forest tree seeds.
- DOHNANSKÝ T. (2016): Zkušenosti s typy sadebního materiálu a termíny výsadby při obnově lesa u LČR, s. p. In: Martinec P. (ed.): Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016, Sdružení lesních školkařů ČR, Tečovice, s. 29–36.
- KARRFALT R. P. (1996): Upgrading seeds with IDS: A review of successes and failures. [Vylepšenie semien metódou IDS: Prehľad úspechov a nezdarov.] In: National proceedings:

Forest and conservation nursery associations. Landis T. D., South, D. B. (eds.): General Technical Report PNW-GTR-389. USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, s. 183–186.

- KOLÁŘOVÁ P., BEZDĚČKOVÁ L., PROCHÁZKOVÁ Z. (2005): Využití metody IDS (Incubation-Drying-Separation) pro zlepšení kvality oddílů semen některých jehličnanů. Literární rešerše. Zprávy lesnického výzkumu, 2: 50: 108–114.
- MAUER O. (2009): Zakládání lesů I. Učební text. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 174 s.
- PALÁTOVÁ E. (2008): Zakládání lesa I. Lesní semenářství. Skriptum. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-181-4, 120 s.
- PŮLPÁN L. (2016): Obnova lesů v kontextu s trvale udržitelným hospodařením. In: Quo vadis lesnictví? – II. Kam kráčí obnova a výchova lesních porostů? Brno, 20. 10. 2016, Česká lesnická společnost, Praha, ISBN 978-80-02-02678-5, s. 11–12.
- SIMAK M. (1984): A method for removal of filled-dead seeds from a sample of *Pinus contorta*. [Metóda odstránenia mŕtvych plných semien zo vzorky osiva *Pinus contorta*.] Seed Science and Technology, 12: 767–775.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vĎaka podpore Grantovej služby Lesů České republiky, s. p., v rámci projektu 6/2017 „Eliminace neproduktivních semen z oddílů osiva metodou IDS“.

PŘÍLOHA – seznam sborníků z přecházejících symposií a citace aktuálního vydání

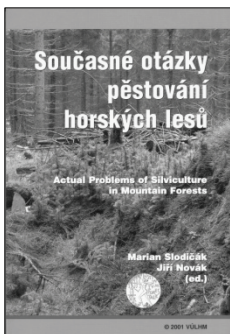
APPENDIX – list of proceedings from previous symposiums and citation of the actual volume



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.



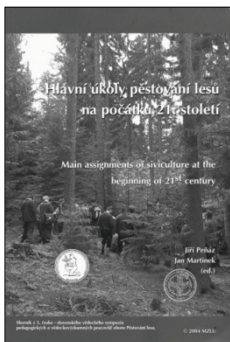
SANIGA M., JALOVIAK P. (eds.), (2000). **Pestovanie lesa v zmenených ekologických podmienkach.** Zborník referátov z 2. česko-slovenského vedeckého sympózia pedagogickoveďeckých a vedeckovýskumných pracovísk v odbore Pestovanie lesa, Zvolen, 5.–6. 9. 2000, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, 137 s., ISBN 80-228-0974-8.



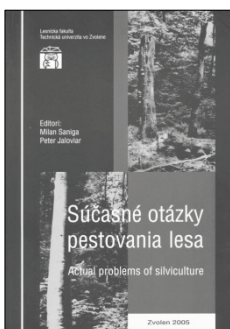
SLODIČÁK M., NOVÁK J. (eds.), (2001). **Současné otázky pěstování horských lesů** [Actual Problems of Silviculture in Mountain Forests]. Sborník z III. česko-slovenského vědeckého sympozia pedagogickovědeckých a vědeckovýzkumných pracovišť oboru Pěstování lesa, Opocno, 13.–14. 9. 2001. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opocno, 370 s., ISBN 80-86461-13-0.



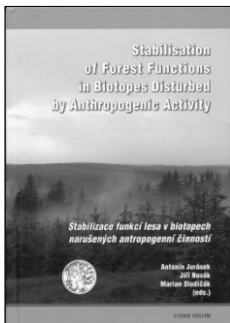
KARAS J., PODRÁZSKÝ V. (eds.), (2002): **Současné trendy v pěstování lesů.** Sborník z výročního mezinárodního semináře pracovišť zabývajících se pěstováním lesů v České a Slovenské republice, Kostelec nad Černými lesy, 16.–17. 9. 2002, Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra pěstování lesů, 32 s. + CD ROM, ISBN 80-213-0938-5.



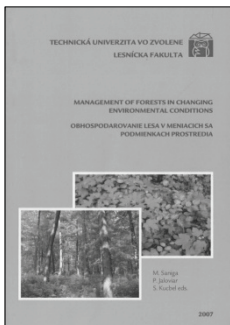
PEŇÁZ J., MARTINEK J. (eds.), (2004): **Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století** [Main Assignments of Silviculture at the Beginning of 21st Century]. Sborník z 5. česko-slovenského vědeckého sympozia pedagogickovědeckých a vědeckovýzkumných pracovišť oboru pěstování lesa, Křtiny, 14.–16. 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., JALOVIAK P. (eds.), (2005): **Súčasnú otázky pestovania lesa** [Actual Problems of Silviculture]. Zborník referátov zo VII. česko-slovenského vedeckého sympózia pedagogickovedeckých a vedeckovýzkumných pracovišť 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.



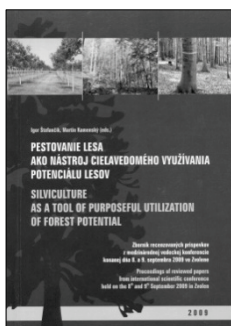
JURÁSEK A., NOVÁK J. SLODIČÁK M. (eds.), (2006): **Stabilisation of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity** [Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností]. Výsledky výzkumu prezentované na mezinárodní vědecké konferenci v rámci výzkumného záměru MZe-0002070201. Opočno 5.–6. 9. 2006. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, Výzkumná stanice Opočno, 560 s., ISBN 80-86461-71-8.



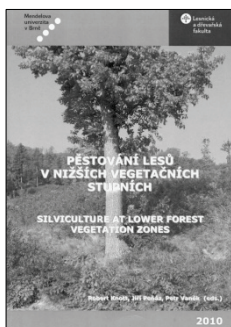
SANIGA M., JALOVIAK P., KUCBEL, S. (eds.), (2007): **Management of Forests in Changing Environmental Conditions** [Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia]. Zborník pôvodných vedeckých prác. Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, 408 s., ISBN 978-80-228-1779-0.



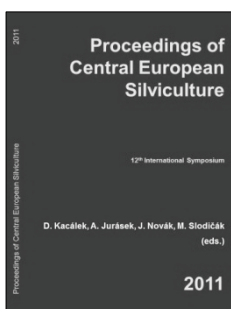
KUPKA I. (ed.), (2008): **Pěstování lesů na počátku 21. století** [Silviculture at the Beginning of 21st Century]. Sborník recenzovaných příspěvků z konference, Kostelec nad Černými lesy, 9.–10. 9. 2008, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, vydání na CD ROM, ISBN 978-80-213-1805-2.



ŠTEFANČÍK I., KAMENSKÝ M. (eds.), (2009): **Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého 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.



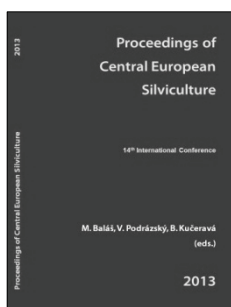
KNOTT R., PEŇÁZ J., VANĚK, P. (eds.), (2010): **Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních** [Silviculture at Lower Forest Vegetation Zones]. Sborník původních vědeckých prací, Křtiny, 6.–8. 9. 2010, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, 172 s., ISBN 978-80-7375-422-8.



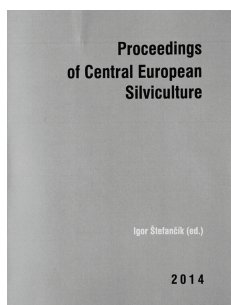
KACÁLEK D., JURÁSEK A., NOVÁK J., SLODIČÁK M. (eds.), (2011): **Proceedings of Central European Silviculture – Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí** [Stabilization of forest functions in anthropically disturbed and changing environmental conditions]. 12. Mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno, 28.–29. 6. 2011, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady – Výzkumná stanice Opočno, 276 s., ISBN 978-80-7417-039-3.



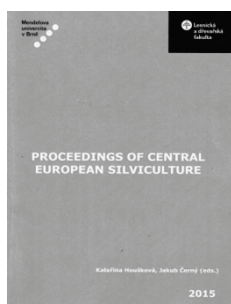
SANIGA M., KUCBEL S., JALOVIAR P. (eds.), (2012): **Pestovanie lesa v strednej Európe** [Silviculture in central Europe]. Zborník vedeckých prác, Zvolen, 2.–4. 7. 2012, Technická univerzita vo Zvolene, 356 s., ISBN 978-80-228-2369-2.



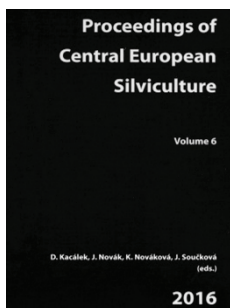
BALÁŠ M., PODRÁZSKÝ V., KUČERAVÁ B. (eds.), (2013): **Proceedings of Central European Silviculture** – Pěstování lesů ve střední Evropě [Silviculture in Central Europe]. 14. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů, Kostelec nad Černými lesy, 2.–3. 7. 2013, Česká zemědělská univerzita v Praze, 320 s., ISBN 978-80-213-2381-0.



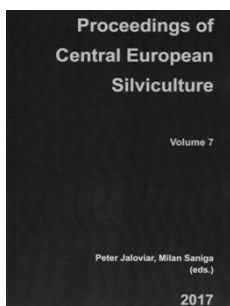
ŠTEFANČÍK I. (ed.), (2014): **Proceedings of Central European Silviculture** – Pestovanie lesa v strednej Európe [Silviculture in Central Europe]. Zborník vedeckých prác, [Štrbské Pleso, 10.–11. 9. 2014 – *neuvedeno*], Národné lesnícke centrum Zvolen, 219 s., ISBN 978-80-8093-187-2.



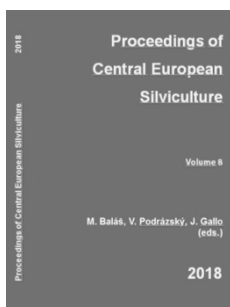
HOUŠKOVÁ K., ČERNÝ J. (eds.), (2015): **Proceedings of Central European Silviculture** – Pěstování lesů ve střední Evropě [Silviculture in Central Europe]. Sborník původních vědeckých prací, Křtiny, 2.–4. 9. 2015, Mendelova univerzita v Brně, 222 s., ISBN 978-80-7509-308-0.



KACÁLEK D., NOVÁK J., NOVÁKOVÁ K., SOUČKOVÁ J. (eds.), (2016): **Proceedings of Central European Silviculture**. Volume 6: Funkce lesa v měnících se podmínkách prostředí [Forest functions in changing environments]. Sborník původních vědeckých prací u příležitosti 17. vědecké konference pěstitelů lesa, Dobruška, 30.–31. 8. 2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady – Výzkumná stanice Opočno, 246 s., ISBN 978-80-7417-112-3.



JALOVIAR P., SANIGA M. (eds.), (2017): **Proceedings of Central European Silviculture**. Volume 7: Adaptívny manažment pestovania lesov v procese klimatickej zmeny a globálneho otepľovania [Adaptive management of silviculture in the process of climate change and global warming]. Recenzovaný zborník vedeckých prác, [Zvolen, 6.–7. 9. 2017 – neuvedeno], Technická univerzita vo Zvolene, 240 s., ISBN 978-80-228-2979-3.



BALÁŠ M., PODRÁZSKÝ V., GALLO J. (eds.), (2018): **Proceedings of Central European Silviculture**. Volume 8: Pěstování lesů ve střední Evropě [Silviculture in Central Europe]. Sborník vědeckých prací u příležitosti 19. mezinárodního setkání pěstitelů lesa střední Evropy, Doksy, 4.–5. 9. 2018, Česká zemědělská univerzita v Praze, 240 s., ISBN 978-80-213-2866-2.



knihovnicka.cz



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta lesnická
a dřevařská**

ISBN 978-80-213-2866-2