

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

SVAZEK 52

ČÍSLO 4/2007

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

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

Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, Strnady 136, 252 02 Jíloviště, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, http://www.vulhm.cz

OBSAH - CONTENT

PETR NOVOTNÝ - JIŘÍ ČÁP - JOSEF FRÝDL - JAN CHLÁDEK - JIŘÍ ŠINDELÁŘ - JIŘÍ TOMEČ

Výsledky hodnocení série experimentálních provenienčních ploch s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) ve věku 25 let
Results of experimental provenance plots series with the European beech (*Fagus sylvatica* L.) evaluation at the age of 25 years

281

JAN BARTOŠ - ANTONÍN JURÁSEK

Vliv různých způsobů pěstování sadebního materiálu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve školce na následný růst ve výsadbách do stadia zajištění kultury

Influence of various nursery-cultivation methods upon beech seedlings growth after planting

293

JARMILA NÁROVCOVÁ - ANTONÍN JURÁSEK

Vliv intenzity hnojení na růst krytokořených semenáčků buku lesního

The influence of fertilization intensity on European beech containerized seedlings growth

298

JIŘÍ SOUČEK

Vliv prosvětlení na tloušťkový přírůst bukové kmenoviny

Influence of release treatment on diameter increment of European beech

302

ONDŘEJ ŠPULÁK

Přízemní vegetace a výskyt a vývoj přirozené obnovy buku na lokalitě Ptačí kupy v Jizerských horách

Ground vegetation, occurrence and development of natural beech regeneration in locality Ptačí kupy in the Jizerské hory Mts.

309

IVAN KUNEŠ - VRATISLAV BALCAR - EVA VYKYPĚLOVÁ - JIŘÍ ZADINA - JANA ŠEDLBAUEROVÁ - DANIEL ZAHRADNÍK

Vliv jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v Jizerských horách

Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of Norway spruce in the Jizerské hory Mts.

316

ONDŘEJ IVANEK - PETR NOVOTNÝ - MILOŠ KAROUS - RICHARD GÜRTLER

Porovnání genetické struktury porostních skupin smrku ztepilého v CHKO Slavkovský les na stanovištích odlišných z hlediska přítomnosti tektonických poruch v podloží

Genetic structure of Norway spruce stands in Protected Landscape Area Slavkovský les on sites with tectonic faults in parent rock

328

DUŠAN KACÁLEK - JIŘÍ NOVÁK - ONDŘEJ ŠPULÁK - VLADIMÍR ČERNOHOUS - JAN BARTOŠ

Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému - přehled poznatků

Conversion of afforested agricultural-land soils towards forest soil conditions restoration - review

334

MARTINA MALINOVÁ

Topolové rzi rodu *Melampsora* a hodnocení výskytu v klonovém archivu VÚLHM VS Kunovice v letech 2005 a 2006

Poplar rusts caused by *Melampsora* spp. and evaluation of their occurrence in clonal archive of FGMR Research Station Kunovice in 2005 and 2006

341

PAVLÍNA MÁCHOVÁ - HELENA CVRČKOVÁ - JANA MALÁ

Transformace hybridní osiky pomocí *Agrobacterium tumefaciens*

Transformation of hybrid aspen by means of *Agrobacterium tumefaciens*

354

FRANTIŠEK ŠACH

Zimní svahový odtok ve vztahu k postupům obnovy lesa

Winter hillslope runoff in relation to methods of forest regeneration

361

VLADIMÍR ŠVIHLA - VLADIMÍR ČERNOHOUS - ZBYNĚK KULHAVÝ - FRANTIŠEK ŠACH

Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí

I. Hydrologická analýza sestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

I. Hydrologic analysis of falling limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

374

VLADIMÍR ŠVIHLA - VLADIMÍR ČERNOHOUS - ZBYNĚK KULHAVÝ - FRANTIŠEK ŠACH

Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí

II. Hydrologická analýza vzestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

II. Hydrologic analysis of rising limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

382

LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS

• Hospodaření v lesích, ovlivňování kvality prostředí a možnost redukce emisí oxidu uhličitého - případová studie ze středního Švédska
Implications of environmental quality objectives on the potential of forestry to reduce net CO₂ emissions - a case study of central Sweden

390

• Vliv velikosti, růstu a konkurence na mortalitu bukových semenáčků přirozeně vysemeněných

390

• Vliv různých druhů zápoje smrkových porostů na růst a mortalitu podsadeb

391

• Rostou lépe vyseté nebo vysazené semenáčky buku lesního pod zápojem smrku ztepilého?

391

• Which grow better under the canopy of Norway spruce - planted or sown seedlings of European beech?

391

• Dlouhodobé monitorování rekreačních aktivit v městských lesích

391

• Monitoring recreational activities in urban forests using long-term video observation

391

Petr Novotný^{1), 2)} – Jiří Čáp¹⁾, ²⁾ – Josef Frýdl¹⁾ – Jan Chládek^{1), 2)} – Jiří Šindelář¹⁾ – Jiří Tomec¹⁾.

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

VÝSLEDKY HODNOCENÍ SÉRIE EXPERIMENTÁLNÍCH PROVENIENČNÍCH PLOCH S BUKEM LESNÍM (*FAGUS SYLVATICA* L.) VE VĚKU 25 LET

Results of experimental provenance plots series with the European beech (*Fagus sylvatica* L.) evaluation at the age of 25 years

Abstract

The paper presented, contains some results of seven European beech (*Fagus sylvatica* L.) experimental provenance plots evaluation at the age of 25 years. Height and D.B.H. were measured, tree volume and tree stock per 1 ha were taken from the yield tables. Data were statistically assessed. Obtained results are briefly commented and discussed.

Klíčová slova: buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), provenienční výzkum, ověřování potomstev, hodnocení

Key words: European beech (*Fagus sylvatica* L.), provenance research, progeny verifying, evaluation

ÚVOD A CÍL PRÁCE

V průběhu let 1980 až 1985 realizoval VÚLHM Jíloviště-Strnady rozsáhlé výzkumné aktivity zaměřené na inventarizaci genofundu a fenotypovou proměnlivost buku lesního v rámci tehdejší ČSR (např. ŠINDELÁŘ 1983a, b, 1985b, 1987, 1989a, 1990). Jedním z výsledků těchto aktivit bylo také založení série osmi provenienčních ploch na lokalitách bývalých SPLO Jíloviště, LZ Pelhřimov, LZ Milevsko a LZ Broumov v roce 1984 (tab. 1).

Zkoumáno bylo již osivo získaných proveniencí, kdy byl sledován možný vliv geografických parametrů míst původu na hmotnost semen (ŠINDELÁŘ 1985b). Na jaře 1983 se uskutečnilo fenologické pozorování proveniencí v objektu lesní školky Čížová ve věku 2 let a následně v letech 1986 a 1987 další ve věku 5, resp. 6 let na výzkumné ploše č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně (ŠINDELÁŘ 1985c, 1988, 1989b, HYNEK 1996). Ještě před výsadbou byly měřeny ve stáří 1, 2 a 3 let výšky semenáčků a školkových sazenic jednotlivých proveniencí (ŠINDELÁŘ 1985c). Na podzim 1987 byly u 7letých výsadeb sledovány mortalita, výškový růst a tvárnost kmene (např. ŠINDELÁŘ 1985c, 1995, HYNEK 1990, 1996). Další hodnocení mortality, výškového růstu a tvárnosti kmene bylo realizováno v roce 1991 ve věku 11 let (např. ZMEŠKAL 1994, HYNEK 1996). V roce 1988 se ve věku 8 let na části výsadby č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně uskutečnilo zjišťování stomatární vodivosti a rychlosti transpirace. Získané výsledky byly v následujícím roce ve věku 9 let ověřovány biometrickým měřením výškového růstu (HYNEK, LOMSKÝ, PASUTHOVÁ 1988, HYNEK, LOMSKÝ 1990).

Výzkumná plocha č. 99 - Broumov, Bezděkov byla hodnocena samostatně pracovištěm VÚLHM-VS Opočno. V letech 1986 až 1989 ve věku 6 až 9 let probíhalo sledování mortality, příznaků poškození a výškového růstu, přičemž v roce 1987 byly navíc provedeny listové analýzy za účelem zjištění míry imisního zatížení lokality (BALCAR 1991). Celkový vývoj této výsadby doplněn o měření v letech 1990 až 1994 (věk 10 až 14 let), kdy byla ve 14 letech kromě již zmíněných ukazatelů hodnocena i tvárnost kmene a kdy byly v roce 1993 u čtyř vybraných proveniencí opět provedeny listové analýzy, publikoval BALCAR (1995, 1996). Na jaře 1997 byly ve věku 16 let u vybraných třinácti proveniencí na plochách č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně, č. 83 - Milevsko, Čížová, č. 93 - Pelhřimov, Hříběcí a č. 99 - Broumov, Bez-

děkov zhodnoceny mortalita, výškový a tloušťkový růst a u stejných čtyř proveniencí jako v roce 1993 byl znovu analyzován obsah prvků v listech (BALCAR, HYNEK 2000).

Stručný přehled nejvýznamnějších výsledků všech zmíněných výzkumných aktivit na bukových plochách série 1984 podal NOVOTNÝ (2006).

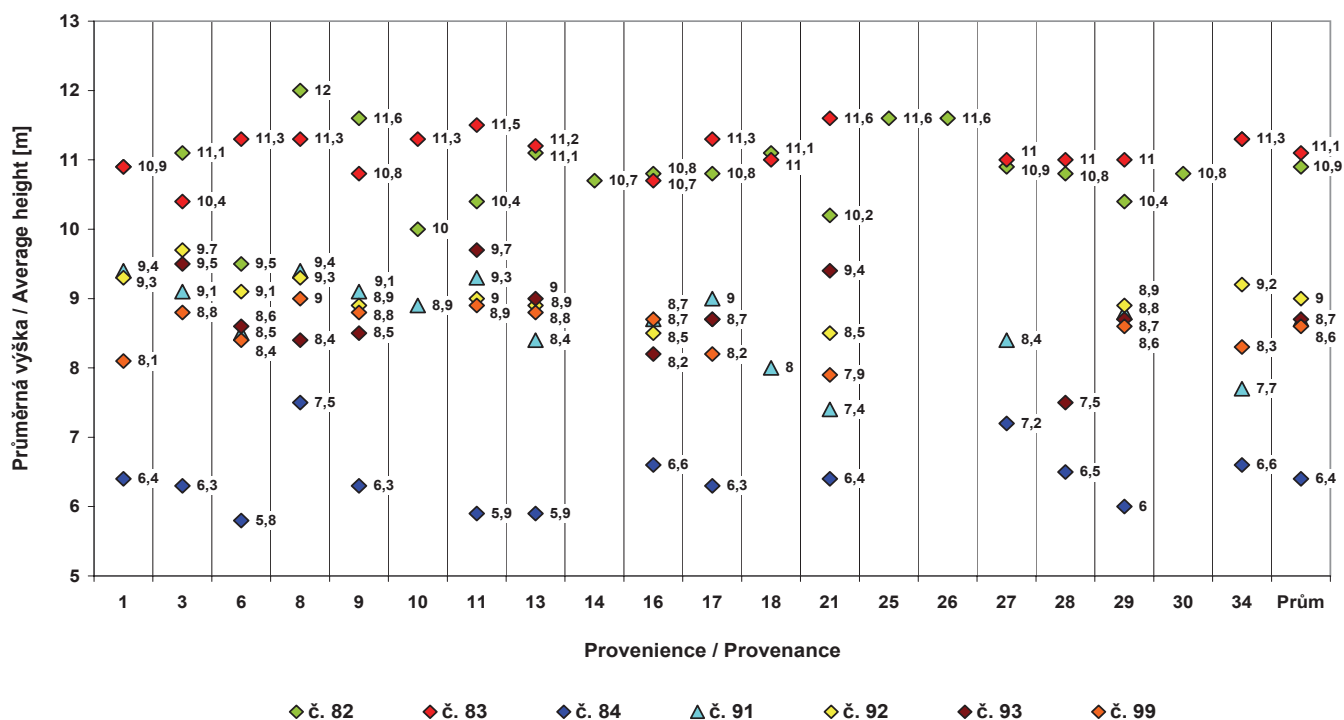
Cílem založení série výzkumných ploch v roce 1984 bylo prostřednictvím jejich hodnocení v různých fázích vývoje získat informace o geneticky podmíněné proměnlivosti buku lesního na území České republiky a Slovenska. Tyto informace mají sloužit především jako podklad pro zpřesňování pravidel rajonizace reprodukčního materiálu této dřeviny.

V průběhu podzimu 2004 až jara 2005 proběhlo ve věku 25 let zatím poslední měření této série ploch (s výjimkou výzkumné plochy č. 85 - Milevsko, Zlivice), jehož výsledky jsou předkládány v tomto příspěvku. Úkolem venkovních prací bylo zjistit aktuální údaje o výšce a výčetní tloušťce testovaných dílčích populací a stanovit ukazatele produkce na základě hmotových tabulek.

MATERIÁL A METODIKA

Základní údaje o lokalitách hodnocených výzkumných provenienčních ploch s bukem lesním jsou uvedeny v tabulce 1, charakteristiky testovaných potomstev dílčích populací pak v tabulce 2. Provenienčních ploch bylo založeno celkem osm, na lokalitě č. 85 - Milevsko, Zlivice však buky předrostla borovice lesní z náletu, která tak potlačila jejich růst. Z tohoto důvodu nebylo možno plochu č. 85 zahrnout do společného hodnocení série. Nutno však zmínit skutečnost, že na části plochy, kde se vliv borovice neuplatňuje, je růst buku i tak velmi slabý a znatelně zaostává za růstem na ostatních plochách.

Provenienční plochy byly založeny systémem kompletního blokového uspořádání se čtyřmi, resp. třemi (plocha č. 93) opakováními. Parcely mají rozměr 10 x 10 m, spon výsadby 2 x 1 m (tj. 50 sazenic na parcelu). Počet proveniencí na 7 hodnocených plochách se pohybuje v rozmezí 11 až 20 (celkem testováno 22 jednotek, viz tab. 2). Výzkumné plochy se nacházejí v různých růstových podmínkách, tj. v rozdílných půdních a vlhkostních podmínkách, nadmořských výškách aj. (tab. 1). Bližší podrobnosti, zejména o způsobu zís-



Graf 1.

Průměrné výšky všech proveniencí buku na jednotlivých výzkumných plochách série 1984

Average heights of all beech provenances on the research plots of series 1984

Tab. 1.

Charakteristika výzkumných ploch

Characteristics of research

Číslo plochy/ Plot no.	Vlastník/ Owner	Lokalita/ Locality	Porost/ Forest stand	Nadmořská výška/ Elevation [m n. m.]	PLO/ Natural forest area	Expozice/ Exposition	Sklon/ Slope [%]	Lesní typ/ Forest type	Průměrná roční teplota/ Average annual temperature [°C]	Průměrný roční úhrn srážek/ Average annual precipitation [mm]
82	Lesy Jíloviště	Baně	2 Ha _{2b}	380	10	rovina/plane	0	2I1	8,8	550
83	LS LČR Tábor	Křešice	213 C2	495	10	S / N	15	3S2	7,5	580
84	Lesy města Písku	Temešvár	106 B3	420	10	rovina/plane	0	3P1	7,5	580
91	LS LČR Pelhřimov	Nová Buková	213 A2a	700	16	V / E	15	5S1	6,5	750
92	MS lesů Pelhřimov	Najdek	448 B1	680	16	J / S	5-10	5K1	7,5	680
93	LS LČR Pelhřimov	Hřiběcí	703 B2a	650	16	S / N	10	5S1	6,8	730
99	LS LČR Broumov	Bezděkov	414 D2	600	23	SZ / NW	10-20	5S1, 5S6	7,0	750

kání osiva, jeho charakteristikách, způsobu vypěstování sazenic a založení série výzkumných ploch, byly uveřejněny ve Zprávách lesnického výzkumu (ŠINDELÁŘ 1985a).

Výšky byly měřeny ultrazvukovým výškoměrem Vertex III, výčetní tloušťky taxační průměrkou. Objem průměrného stromu, který je v mladším věku lepším ukazatelem produkční schopnosti potomstev než objem kmene, byl stanoven na základě průměrných

hodnot výšky a výčetní tloušťky potomstev z tabulek (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942). S využitím údaje o počtu rostoucích jedinců byla vypočtena průměrná stromová zásoba na 1 ha. V případě, že vstupní údaje výšky, resp. $d_{1,3}$ byly příliš nízké pro použití zmíněných tabulek, byl odečten údaj pro kmen s kůrou z československých tabulek (HUBAČ 1977). V tabulce 4 jsou tyto případy odlišeny kurzivou.

Tab. 2.

Charakteristika proveniencí testovaných na výzkumných plochách
Characteristics of provenances having been tested on research plots

Č. provenience/ Provenance no.	Lesní závod/ Forest district	Lokalita/ Locality	Nadm. výška/ Elevation [m n. m.]	PLO/ Natural forest area
1	Trenčín (SK)	Dolná Súča	460	15
3	Brumov	Vlára	440 - 460	38
6	Vlašim	Louňovice	570	16
8	Javorník	Vápenná	601	28
9	Hanušovice	Branná	645	28
10	Bardejov (SK)	Bardejovská Nová Ves 1	450	21
11	Frýdlant v Čechách	Oldřichov	450	21
13	Nové Město na Moravě	Cikháj	780	16
14	Zábřeh na Moravě	Hynčina	320 - 540	31
16	Jihlava	Štoky	640	16
17	VLS Kamenica n. Cirochou (SK)	Vihorlat I	450 - 600	30
18	Jablunkov	Dolní Lomná	700 - 860	40
21	Szuha (H)	Gombásmagos	400 - 600	-
25	Muráň (SK)	Revúca	600	38
26	Bardejov (SK)	Bardejovská Nová Ves 2	600	21
27	VLS Kamenica n. Cirochou (SK)	Kamienka	600	30
28	ŠLP Zvolen 1 (SK)	Kováčová	500	27
29	ŠLP Zvolen 2 (SK)	Budča	700	27
30	Lenti (H)	Nagykanisza	-	-
34	VLS Kamenica n. Cirochou (SK)	Vihorlat II	400 - 500	30

Získané údaje byly zpracovány standardními matematicko-statistickými metodami (základní charakteristiky, analýza variance, Duncanův test) s použitím programu UNISTAT v. 6.0.

VÝSLEDKY

Výzkumná plocha č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně

U dvaceti testovaných proveniencí dosáhla na této ploše průměrná hodnota výšky 10,9 m (tab. 3). Analýza variance prokázala mezi jednotlivými proveniencemi statisticky vysoce významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ (viz tab. 6). Statisticky vysoce významné rozdíly byly zjištěny také mezi jednotlivými opakováními pokusných variant. Tato skutečnost značí, že z hlediska tohoto ukazatele se plocha jako celek jeví nehomogenní, tzn. na rozdílech ve výškách proveniencí se podílí také různá intenzita působení faktorů vnějšího prostředí. Duncanův test rozdělil potomstva do šesti homogenních podskupin. Nejvyšší růst byl zaznamenán u potomstva 8 - Javorník, Vápenná (12,0 m), o více jak 0,5 m se od průměru v kladném smyslu odlišovaly ještě provenience 9 - Hanušovice, Branná (11,6 m), 25 - Muráň, Revúca, SR (11,6 m) a 26 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 2, SR (11,6 m). Nejnižší průměrné výšky dosáhla provenience 6 - Vlašim, Louňovice (9,5 m). Další potomstva, která rostla výrazně podprůměrně, byla 10 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 1, SR (10,0 m), 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (10,2 m), 29 - ŠLP

Zvolen 2, Budča, SR (10,4 m) a 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (10,4 m). Ostatní potomstva se svým růstem přibližovala průměrnému ukazateli celé plochy (graf 1).

Z výsledků analýzy výškového růstu je patrné, že nejvyšších hodnot dosáhla potomstva dílčích populací původem z karpatského regionu. České provenience vykazovaly v tomto věku spíše průměrný růst. K potomstvům s nejslabším růstem patřily opět jednotky karpatské, dále potomstvo z Maďarska a jedna provenience z ČR. Dvě provenience původem z okolí Bardejovské Nové Vsi na Slovensku se projeví ve výškovém růstu zcela protikladně, zatímco jedna patřila v hodnocení k nejlepším (4. pozice), druhá patřila k nejpomaleji rostoucím (17. pozice).

Rovněž ve výčetních tloušťkách potomstev testovaných dílčích populací na této ploše byly analýzou variance prokázány statisticky vysoce významné rozdíly (tab. 6). Mezi opakováními rozdíly významné nebyly, tj. plocha se z tohoto hlediska jevila homogenní. Duncanův mnohonásobný pořadový test rozdělil potomstva do čtyř podskupin. Průměrná $d_{1,3}$ celé výsadby dosáhla 10,7 cm. O více než 0,5 cm průměr předstihly provenience 13 - Nové Město na Moravě, Cikháj (11,7 cm), 8 - Javorník, Vápenná (11,6 cm), 34 - VLS Kamenica nad Cirochou, Vihorlat II, SR (11,4 cm) a 3 - Brumov, Vlára (11,2 cm). Nejméně do tloušťky přirůstaly provenience 10 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 1, SR (9,8 cm) a 9 - Hanušovice, Branná (10,2 cm).

Tab. 3.

Průměrné výšky a $d_{1,3}$ proveniencí na výzkumných plochách ve věku 25 let

Average heights and D.B.H. of provenances on research plots at the age of 25 years

Plocha/ Plot	82		83		84		91		92		93		99	
Č. prov./ Prov. no.	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]	Výška/ Height [m]	$d_{1,3}$ / D.B.H. [cm]
1	10,9	10,8	10,9	9,9	6,4	6,0	9,4	8,9	9,3	8,0			8,1	8,3
3	11,1	11,2	10,4	9,3	6,3	5,4	9,1	7,9	9,7	7,9	9,5	10,1	8,8	8,0
6	9,5	10,4	11,3	10,5	5,8	4,9	8,5	8,2	9,1	7,4	8,6	9,5	8,4	7,7
8	12,0	11,6	11,3	9,8	7,5	6,4	9,4	8,5	9,3	7,4	8,4	9,1	9,0	8,5
9	11,6	10,2	10,8	9,9	6,3	5,8	9,1	8,8	8,9	7,2	8,5	8,9	8,8	8,2
10	10,0	9,8	11,3	9,5			8,9	8,5						
11	10,4	10,4	11,5	10,5	5,9	5,4	9,3	9,4	9,0	7,3	9,7	10,2	8,9	9,1
13	11,1	11,7	11,2	9,9	5,9	5,3	8,4	8,4	8,9	7,3	9,0	9,3	8,8	8,3
14	10,7	10,7												
16	10,8	10,3	10,7	9,6	6,6	5,7	8,7	7,9	8,5	6,9	8,2	8,3	8,7	8,5
17	10,8	10,9	11,3	9,6	6,3	6,0	9,0	8,3	8,7	7,4	8,7	10,2	8,2	7,9
18	11,1	10,9	11,0	10,6			8,0	7,5						
21	10,2	10,5	11,6	10,7	6,4	6,7	7,4	7,3	8,5	7,1	9,4	9,2	7,9	8,2
25	11,6	10,8												
26	11,6	10,7												
27	10,9	11,0	11,0	10,0	7,2	7,0	8,4	8,6						
28	10,8	10,7	11,0	9,7	6,5	5,3					7,5	7,4		
29	10,4	10,4	11,0	10,1	6,0	5,8	8,8	8,2	8,9	7,3	8,7	8,8	8,6	8,3
30	10,8	10,3												
34	11,3	11,4	11,3	10,1	6,6	5,8	7,7	7,7	9,2	7,6			8,3	8,1
Průměr/ Average	10,9	10,7	11,1	10,0	6,4	5,8	8,7	8,3	9,0	7,4	8,7	9,2	8,6	8,3

Z hlediska výčetní tloušťky byla pozice potomstev tedy odlišná než z hlediska výšek. Druhé nejvyšší potomstvo dosáhlo druhé nejslabší výčetní tloušťky. Naopak potomstvo 10 bylo podprůměrné jak ve výšce (předposlední místo), tak ve výčetní tloušťce (poslední pozice). Podobně nejvyšší potomstvo 8 bylo zároveň druhé nejsilnější. Zastoupení potomstev podle příslušnosti jejich mateřských porostů k regionům karpatskému, resp. hercynsko-sudetskému bylo podobné jako u hodnocení výšek.

Na výzkumné ploše rostlo ve věku 25 let celkem 1 865 jedinců. Průměrný počet stromů připadající na jedno potomstvo byl 93. Počty kolísaly od 113 stromů (25 - Murář, Revúca, SR) do 75 (6 - Vlašim, Louňovice).

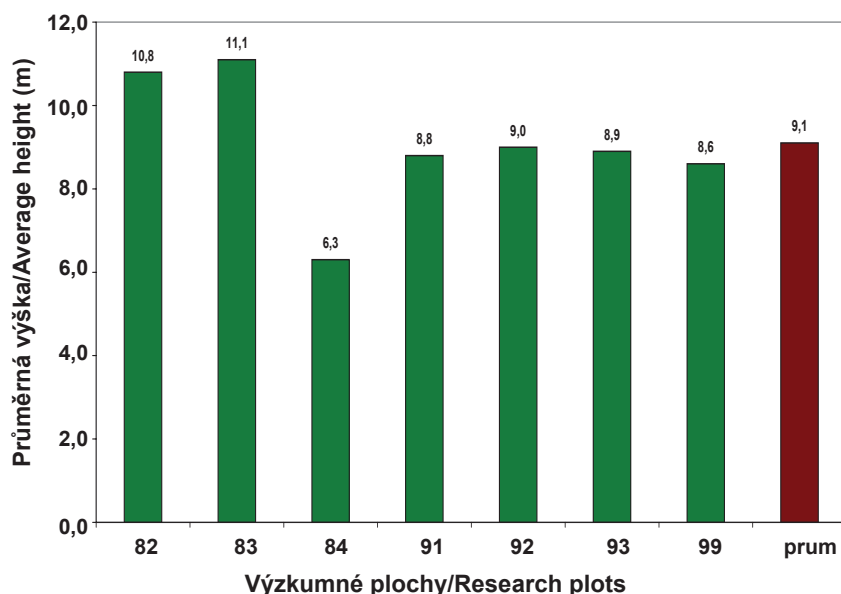
Z průměrných hodnot výšky a $d_{1,3}$ byly odvozeny objem nadzemní biomasy průměrného stromu a stromová zásoba na 1 ha, která zohledňuje i počet rostoucích jedinců jednotlivých proveniencí. Průměrný objem stromový celé výsadby dosáhl 0,065 m³ (tab. 4). Variabilita mezi potomstvy byla poměrně značná, kolísala mezi 0,080 m³ u potomstva 8 - Javorník, Vápenná až po 0,051 m³ (10 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves, SR). Také hodnoty stromové zásoby se pohybovaly v poměrně širokém rozmezí 192,1 m³.ha⁻¹ pro potomstvo 25 - Murář, Revúca, SR až 105,0 m³.ha⁻¹ pro 6 - Vlašim, Louňovice při průměrné hodnotě celé výsadby 150,9 m³.ha⁻¹. Větší difference u odvozených veličin logicky vyplývají ze způsobu jejich výpočtu.

Výzkumná plocha č. 83 - Tábor, Křešice

Na ploše je testováno 16 potomstev, jejichž průměrná výška dosáhla 11,1 m. Analýza variance prokázala statisticky vysoce významné rozdíly v průměrných výškách jednotlivých proveniencí i mezi opakováními. Duncanův test rozdělil potomstva do čtyř homogenních podskupin. Jako nejvyšší se ukázala provenience 21 - Szuhá, Gombásmagos, Maďarsko (11,6 m), jako nejhorší pak potomstvo 3 - Brumov, Vlára (10,4 m). Ostatní potomstva se od průměru lišila méně než o 0,5 m.

Mezi výčetními tloušťkami neprokázala analýza variance významné rozdíly, mezi jednotlivými opakováními však byly rozdíly vysoce významné. Průměrná výčetní tloušťka dosáhla přesně 10,0 cm. V kladném smyslu se od průměru výrazněji odlišovala potomstva 21 - Szuhá, Gombásmagos, Maďarsko (10,7 cm), 18 - Jablunkov, Dolní Lomná (10,6 cm), 6 - Vlašim, Louňovice (10,5 cm) a 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (10,5 cm). Nejslabším tloušťkovým růstem se vyznačovaly provenience 3 - Brumov, Vlára (9,3 cm) a 10 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 1, SR (9,5 cm).

Potomstvo 21 z Maďarska dosáhlo v obou ukazatelích nejlepší hodnoty, nadprůměrně se v obou sledovaných veličinách projevilo i potomstvo 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov, jako nejhorší se ve výškovém i tloušťkovém růstu shodně ukázalo potomstvo 3 - Brumov, Vlára.



Graf 2.
Průměrné výšky společných proveniencí na ověřovacích plochách série 1984 s bukem lesním (25 let)

Average heights of common provenances on the verifying plots series 1984 with European beech (25 years)

Při hodnocení se na ploše vyskytovalo 1 536 rostoucích stromů. Průměrně připadalo na každé z 16 potomstev 96 jedinců. Nejnížší počet hodnocených stromů byl zaznamenán u potomstva dílčí populace 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (81), naopak nejvíce stromů na ploše bylo zjištěno u potomstva 10 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 1, SR (115).

Objem průměrného stromu se pohyboval od 0,066 m³ (21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko) do 0,046 m³ (3 - Brumov, Vlára). Průměrná hodnota této veličiny dosáhla 0,056 m³. Průměrná stromová zásoba celé výzkumné plochy činila 134,7 m³.ha⁻¹. Největší byla u potomstva 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (160,1 m³.ha⁻¹), nejmenší u potomstva 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (121,0 m³.ha⁻¹).

Výzkumná plocha č. 84 - Lesy města Písku, Temešvár

Mezi 14 testovanými jednotkami prokázala analýza variance výškového růstu statisticky vysoce významné rozdíly a rovněž mezi opakováními byly rozdíly vysoce významné. Duncanův test rozdělil potomstva do tří homogenních podskupin. Nejvýraznějšího předstihu před průměrem celé výsadby (6,4 m) dosáhly provenience 8 - Javorník, Vápenná (7,5 m) a 27 - VLS Kamenica nad Cirochou, Kamienka, SR (7,2 m). Slabším výškovým růstem se vyznačovaly provenience 6 - Vlašim, Louňovice (5,8 m), 13 - Nové Město na Moravě, Cikháň (5,9 m) a 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (5,9 m).

Podobná situace byla zjištěna i při hodnocení $d_{1,3}$. Analýza variance prokázala statisticky vysoce významné rozdíly jak mezi proveniencemi, tak i mezi opakováními. Duncanův test rozdělil potomstva do čtyř homogenních podskupin. Průměrná hodnota výsadby činila 5,8 cm. Výrazněji ji předstihovala potomstva 27 - VLS Kamenica nad Cirochou, Kamienka, SR (7,0 cm), 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (6,7 cm) a 8 - Javorník, Vápenná (6,4 cm). Naopak nejslabším růstem do tloušťky byly charakteristické provenience 6 - Vlašim, Louňovice (4,9 cm), 28 - ŠLP Zvolen 1, Kováčová, SR (5,3 cm) a 13 - Nové Město na Moravě, Cikháň (5,3 cm).

V obou sledovaných kvantitativních ukazatelích se tedy na předních i zadních pozicích objevují shodně potomstva 8 a 27, resp. 6 a 13. I na této ploše se tedy ukazuje dobrý růst proveniencí z karpatského regionu v regionu hercynsko-sudetském.

Na výzkumné ploše bylo ve 25 letech zaznamenáno 1 324 rostoucích jedinců. Průměrný počet připadající na jednu provenienci činil 95. Kolísala v rozmezí hodnot od 125 (16 - Jihlava, Štoky) do 63 (6 - Vlašim, Louňovice).

Na této ploše nedosahovala žádná průměrná výška a současně $d_{1,3}$ minimálních vstupních tabulkových hodnot (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942) a proto byl u ostatních proveniencí stanoven objem kmene s kůrou podle HUBAČE (1977) s využitím software „Výpočet objemu stojících stromů a porostních zásob na stojato“ volně přístupném na webových stránkách IFER (www.dendrometrickalaborator.ifer.cz). Nejvyššího objemu dosáhlo potomstvo 21 (0,013 m³), nejnižšího potomstvo 8 (0,000 m³). Průměr celé výsadby byl 0,009 m³. Největší zásobu vykazovala provenience 16 - Jihlava, Štoky (31,3 m³.ha⁻¹), nejmenší provenience 8 - Javorník, Vápenná (0,0 m³.ha⁻¹). Průměrná zásoba dosáhla 20,6 m³.ha⁻¹.

Výzkumná plocha č. 91 - Pelhřimov, Nová Buková

Analýza variance prokázala ve výškovém růstu 15 potomstev dílčích populací statisticky vysoce významné rozdíly, totéž platí pro rozdíly mezi opakováními. Duncanův test rozdělil potomstva do sedmi homogenních podskupin. Průměrná výška všech testovaných potomstev dosáhla 8,7 m. Výrazněji ji přesáhla potomstva 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (9,4 m), 8 - Javorník, Vápenná (9,4 m) a 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (9,3 m). Naopak nejpomaleji přirůstala do výšky provenience 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (7,4 m), 34 - VLS Kamenica nad Cirochou, Vihorlat II, SR (7,7 m) a 18 - Jablunkov, Dolní Lomná (8,0 m).

I v tloušťkovém růstu se provenience od sebe statisticky vysoce významně odlišovaly a stejně hodnoceny byly opět i rozdíly mezi opakováními. Duncanův test rozdělil potomstva do čtyř homogenních podskupin. Průměrná $d_{1,3}$ všech proveniencí byla 8,3 cm. Jako nejlepší se ukázala potomstva 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (9,4 cm), 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (8,9 cm) a 9 - Hanušovice, Branná (8,8 cm). Slabý tloušťkový růst vykázaly provenience 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (7,3 cm), 18 - Jablunkov, Dolní Lomná (7,5 cm) a 34 - VLS Kamenica nad Cirochou, Vihorlat II, SR (7,7 cm).

Také na této výsadbě se v hodnotách obou ukazatelů objevují mezi nejlepšími a nejhoršími shodná potomstva (1 a 11, resp. 21, 34 a 18).

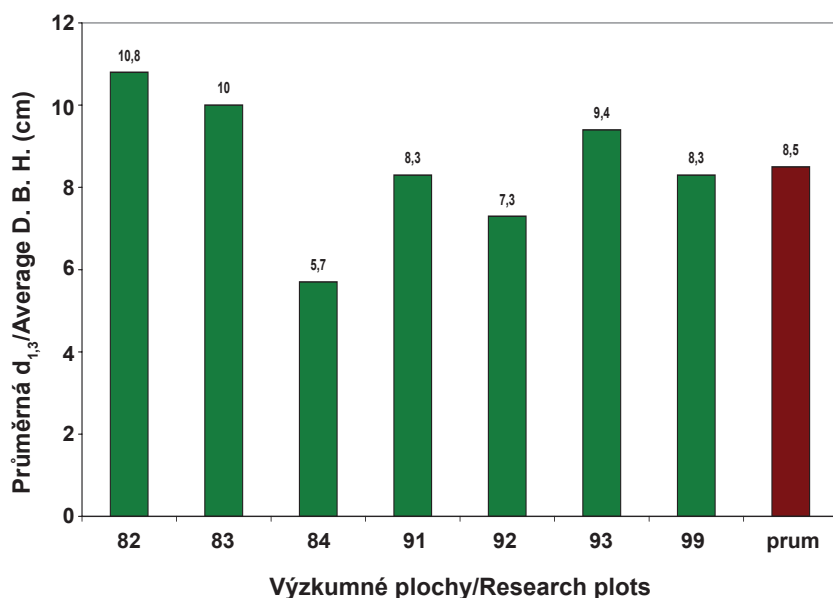
Počet rostoucích jedinců na výzkumné ploše byl 1 646. Průměrný počet stromů, který připadal na každou provenienci, činil 110. Nejnížší počet byl zjištěn u provenience 18 - Jablunkov, Dolní Lomná (91), nejvíce jedinců na ploše měla naopak provenience 3 - Brumov, Vlára (133).

Průměrný stromový objem měl hodnotu 0,026 m³, přičemž nejvyšší hmoty dosáhlo potomstvo 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (0,045 m³) a nejnižší naopak maďarské potomstvo 21 (0,012 m³). Průměrná zásoba činila 70,6 m³.ha⁻¹, největší byla opět u provenience 11

Tab. 4.

Průměrné stromové objemy a hektarové zásoby proveniencí na výzkumných plochách ve věku 25 let
Average tree volume values and growing stock per hectare of provenances on research plots at the age of 25 years

Plocha/ Plot	82		83		84		91		92		93		99	
	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]	Objem stromový/ Tree volume [m ³]	Zásoba/ Growing stock [m ³ .ha ⁻¹]
1	0,066	135,3	0,055	121,0	0,011	28,1	0,039	104,3	0,032	120,8		0,019	39,9	
3	0,071	165,1	0,046	123,1	0,009	14,6	0,030	99,8	0,032	131,2	0,053	120,0	64,6	
6	0,056	105,0	0,063	155,9	0,007	11,0	0,019	46,6	0,027	99,2	0,029	48,3	47,6	
8	0,080	172,0	0,055	145,8	0,000	0,0	0,037	106,4	0,027	114,8	0,025	47,5	124,2	
9	0,060	124,5	0,054	125,6	0,010	26,8	0,038	103,6	0,013	56,2	0,024	49,6	62,0	
10	0,051	126,2	0,052	149,5			0,022	67,1						
11	0,059	149,0	0,064	129,6	0,008	20,4	0,045	110,3	0,026	102,7	0,054	113,3	97,9	
13	0,078	179,4	0,056	140,0	0,008	24,0	0,020	55,0	0,014	64,4	0,043	104,5	64,1	
14	0,063	122,9												
16	0,058	133,4	0,051	122,4	0,010	31,3	0,018	55,8	0,000	0,0	0,019	41,8	58,3	
17	0,066	176,6	0,053	136,5	0,011	23,1	0,034	97,8	0,014	54,6	0,034	71,3	46,3	
18	0,067	145,7	0,063	135,5			0,014	31,9						
21	0,060	120,0	0,066	160,1	0,013	23,4	0,012	33,0	0,012	40,5	0,043	98,8	47,3	
25	0,068	192,1												
26	0,066	176,6												
27	0,068	168,3	0,056	126,0	0,010	18,3	0,022	58,3						
28	0,063	141,8	0,053	121,9	0,009	17,8					0,012	30,0		
29	0,059	143,1	0,057	139,7	0,009	22,5	0,020	56,0	0,014	57,4	0,024	57,5	62,5	
30	0,059	154,9												
34	0,075	185,6	0,058	123,3	0,010	27,0	0,014	33,6	0,028	93,1			31,1	
Průměr/ Average	0,065	150,9	0,056	134,7	0,009	20,6	0,026	70,6	0,020	77,9	0,033	71,1	62,2	



Graf 3.

Průměrné $d_{1.3}$ společných proveniencí na ověřovacích plochách série 1984 s bukem lesním (25 let)

Average D.B.H. of common provenances on the verifying plots series 1984 with European beech (25 years)

(110,3 m³.ha⁻¹) a nejmenší u potomstva 18 - Jablunkov, Dolní Lomná (31,9 m³.ha⁻¹).

Výzkumná plocha č. 92 - Pelhřimov, Najdek

Na ploše je sledováno celkem 12 potomstev. Analýzou variance byly zjištěny statisticky vysoce významné rozdíly jak mezi těmito potomstvy, tak mezi opakováními. Duncanův test rozdělil potomstva do pěti podskupin. Průměrná hodnota výšky na této výsadbě dosáhla 9,0 m. Výrazněji ji předstihlo pouze potomstvo 3 - Brumov, Vlára, které mělo průměrnou výšku 9,7 m. Zaostávaly provenience 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (8,5 m) a 16 - Jihlava, Štoky (8,5 m).

Mezi průměrnými $d_{1.3}$ významné rozdíly analýzou variance prokázány nebyly, rozdíly mezi opakováními byly významné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Průměrná $d_{1.3}$ výsadby byla 7,4 cm. Provenience s největší $d_{1.3}$ byly 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (8,0 cm) a 3 - Brumov, Vlára (7,9 cm). Nejmeně do tloušťky přirůstalo potomstvo 16 - Jihlava, Štoky (6,9 cm).

Na ploše se při hodnocení vyskytovalo celkem 1 907 jedinců, tedy pro 12 testovaných jednotek průměrně 159 rostoucích stromů. Ve skutečnosti hodnoty kolísaly v rozmezí 184 jedinců (13 - Nové Město na Moravě, Cikháň) až 133 jedinců (34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR).

Průměrný objem dosáhl hodnoty 0,020 m³. Minimální údaj byl odvozen pro provenienci 16 - Jihlava, Štoky (0,000 m³), maximální pro provenienci 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (0,032 m³). Průměrná stromová zásoba dosáhla 77,9 m³.ha⁻¹ s minimem 0,0 m³.ha⁻¹ u provenience 16 a 131,2 m³.ha⁻¹ u potomstva 3 - Brumov, Vlára.

Výzkumná plocha č. 93 - Pelhřimov, Hřibčec

Mezi 11 testovanými jednotkami prokázala analýza variance ve výškách statisticky vysoce významné rozdíly. Také mezi opakováními byly zjištěny vysoce významné rozdíly. Duncanův test rozdělil potomstva do pěti homogenních podskupin. Průměr výšek všech jednotek

dosáhl 8,7 m. Více jak o 0,5 m se od něj v kladném smyslu lišila potomstva 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (9,7 m), 3 - Brumov, Vlára (9,5 m) a 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (9,4 m). Podprůměrně rostla do výšky zejména potomstva 28 - ŠLP Zvolen 1, Kováčová, SR (7,5 m) a 16 - Jihlava, Štoky (8,2 m).

Pokud jde o výčetní tloušťky, statisticky vysoce významné difference byly zjištěny mezi proveniencemi, mezi opakováními významné rozdíly shledány nebyly. Znamená to, že z hlediska tohoto ukazatele lze výzkumnou plochu považovat ve všech částech za homogenní. Duncanův test rozdělil provenience do tří podskupin.

Také u této výsadby koreluje výšky a $d_{1.3}$ nejlepších, resp. nejhorších potomstev. Mezi prvními třemi se v obou ukazatelích objevují potomstva 11 a 3, poslední dvě pozice zaujímají u obou veličin provenience 28 a 16.

Celkový počet rostoucích stromů na ploše (718) je na první pohled výrazně nižší, než je tomu u ostatních ověřovacích výsadb. Důvodem je zejména skutečnost, že na této ploše jsou varianty vysazeny pouze ve třech opakováních. Průměrný počet stromů připadající na jednu provenienci je však nejen z tohoto důvodu nejnižší ze všech výsadb

(65). Nejvyšší počet (75) byl zaznamenán u potomstva dílčí populace 28 - ŠLP Zvolen 1, Kováčová, SR, nejnižší pak u potomstva 6 - Vlašim, Louňovice (50).

Nejvyššího objemu dosáhlo potomstvo 11 (0,054 m³), nejnižšího 28 - ŠLP Zvolen 1, Kováčová, SR (0,012 m³). Jeho průměrná hodnota byla 0,033 m³. Největší zásoba (120,0 m³.ha⁻¹) byla odvozena pro potomstvo 3 - Brumov, Vlára, nejmenší (30,0 m³.ha⁻¹) pro provenienci 28. Průměr měl hodnotu 71,1 m³.ha⁻¹.

Výzkumná plocha č. 99 - Brumov, Bezděkov

Mezi výškami 12 testovaných proveniencí, jakož i mezi opakováními, byly analýzou variance zjištěny statisticky vysoce významné rozdíly. Duncanův test rozdělil provenience do čtyř homogenních podskupin. Průměrná hodnota výšky byla na ploše 8,6 m. Žádná provenience nepřesáhla tento průměr o více jak 0,5 m, nejvyšší výšky (9,0 m) dosáhlo potomstvo 8 - Javorník, Vápenná. Výrazněji zaostávaly provenience 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko (7,9 m) a 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR (8,1 m).

U výčetních tloušťek nebyly analýzou variance prokázány statisticky významné rozdíly ani mezi proveniencemi, ani mezi opakováními. Průměrná $d_{1.3}$ výsadby měla hodnotu 8,3 cm. V kladném smyslu ji výrazněji předstihovala provenience 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (9,1 cm). V záporném smyslu pak zaostávala provenience 6 - Vlašim, Louňovice s hodnotou 7,7 cm.

Tato výsadba byla v obou ukazatelích velmi vyrovnaná, většina potomstev se jak ve výšce, tak v $d_{1.3}$ pohybovala kolem průměru plochy.

Počet rostoucích jedinců na ploše dosahoval hodnoty 1 382. Průměrně připadalo na každé potomstvo 115 stromů. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán u provenience 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov (145), nejnižší pak u jednotky 34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR (69).

Tab. 5.

Počet rostoucích jedinců na výzkumných plochách ve věku 25 let

Number of growing individuals on research plots at the age of 25 years

Č. prov./Prov. no.	82	83	84	91	92	93	99	Součet/Sum
1	82	88	102	107	151		84	614
3	93	107	65	133	164	68	136	766
6	75	99	63	98	147	50	119	651
8	86	106	124	115	170	57	138	796
9	83	93	107	109	173	62	124	751
10	99	115		122				336
11	101	81	102	98	158	63	145	748
13	92	100	120	110	184	73	122	801
14	78							78
16	92	96	125	124	172	66	106	781
17	107	103	84	115	156	63	109	737
18	87	86		91				264
21	80	97	72	110	135	69	105	668
25	113							113
26	107							107
27	99	90	73	106				368
28	90	92	79			75		336
29	97	98	100	112	164	72	125	768
30	105							105
34	99	85	108	96	133		69	590
Součet/Sum	1 865	1 536	1 324	1 646	1 907	718	1 382	10 378

Tab. 6.

Výsledky analýzy variance

Results of ANOVA

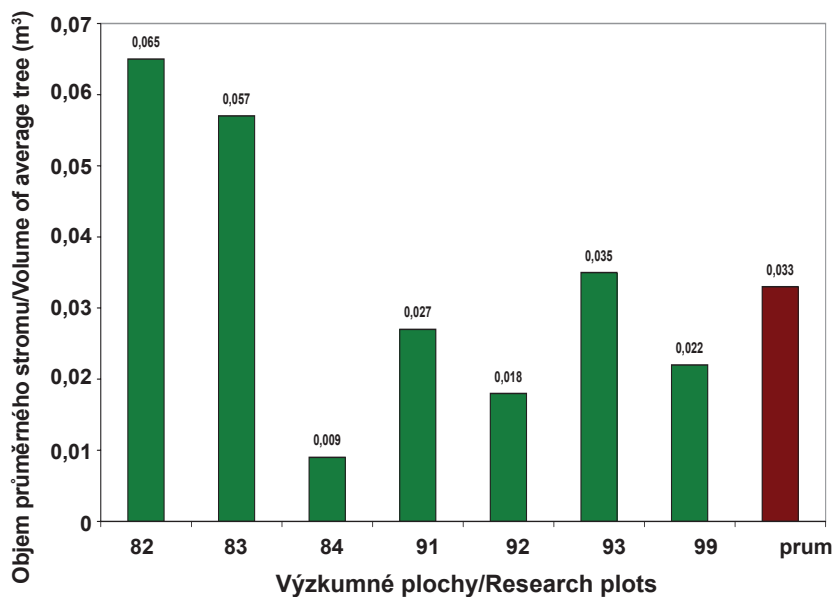
Č. plochy/ Plot no.	Výška/Height 2004		d _{1,3} /D.B.H. 2004	
	Provenience/Provenance	Opakování/Repetition	Provenience/Provenance	Opakování/Repetition
82	++	++	++	NS
83	++	++	NS	++
84	++	++	++	++
91	++	++	++	++
92	++	++	NS	+
93	++	++	++	NS
99	++	++	++	NS

Objem průměrného stromu kolísal od 0,036 m³ (8 - Javorník, Vápenná) do 0,016 m³ (6 - Vlašim, Louňovice) při průměrné hodnotě 0,021 m³. Zásoba se pohybovala v mezích 124,2 m³.ha⁻¹ (8 - Javorník, Vápenná) až 31,1 m³.ha⁻¹ (34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR), kdy průměr plochy činil 31,3 m³.ha⁻¹.

Vzájemné srovnání série ploch

Analýza variance výšek a výčetních tloušťek proveniencí, které jsou vysazeny na všech sedmi výzkumných plochách (10 potomstev),

umožnila posouzení statistické významnosti rozdílů sledovaných veličin z hlediska lokalit výsadby i testovaných proveniencí. Ve výškovém růstu byly analýzou variance prokázány statisticky vysoce významné rozdíly jak mezi jednotlivými ověřovacími plochami, tak mezi společnými potomstvy. Výrazně nižší výšky oproti ostatním plochám byly dosaženy na lokalitě č. 84 - Lesy města Písku, Temešvár, kde průměrná hodnota tohoto ukazatele pro všech deset proveniencí činila pouze 6,3 m. Přitom druhá nejvyšší hodnota na ploše č. 99 - Broumov, Bezděkov byla o více než 2 metry větší (8,6 m) a příliš se již nelišila od průměru



Graf 4.

Objemy průměrného stromu společných proveniencí na ověřovacích plochách série 1984 s bukem lesním (25 let)

Average tree volume values of common provenances on the verifying plots series 1984 with European beech (25 years)

všech ploch (9,1 m). Největších výšek dosahovaly buky na výsadbách č. 83 - Tábor, Křešice (11,1 m) a č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně (10,8 m). Ze zjištěných výsledků je tedy patrné, že rozdíl v průměrných výškách společných proveniencí mezi plochami s největší a nejmenší intenzitou růstu činí ve věku 25 let plných 4,8 m. Z hlediska širších rámců je zajímavé, že plochy s opačnými extrémními hodnotami výškového růstu leží v těže PLO 10 - Středočeská pahorkatina. Rozdílný výškový růst na výzkumných plochách je patrný z grafů 1 a 2.

Pokud jde o průměrné výčetní tloušťky deseti společných proveniencí, prokázala analýza variance opět vysoce významné rozdíly mezi výzkumnými plochami, mezi proveniencemi však rozdíly statisticky významné nebyly. Nejmenší průměrnou hodnotou výčetní tloušťky se opět vyznačovala lokalita č. 84 - Lesy města Písku, Temešvár (5,7 cm), nejvyšších hodnot pak tento parametr dosáhl na ověřovací ploše č. 82 - Lesy Jíloviště, Baně (10,8 cm). Průměr všech ploch činil 8,5 cm. Rozdíl mezi maximální a minimální průměrnou hodnotou výsadby byl tedy v 25 letech výrazný (5,1 cm). Průměrné výčetní tloušťky dosažené na jednotlivých výzkumných plochách jsou patrné z grafu 3. Na grafech 4 a 5 jsou pro úplnost zobrazeny též průměrné stromové objemy a hektarové stromové zásoby, ve kterých jsou vzhledem ke způsobu jejich odvození od přímo měřených veličin rozdíly mezi jednotlivými výsadbami zvláště patrné.

Z hlediska jednotlivých proveniencí, které lze na všech plochách srovnávat, si ve výškovém růstu nejlépe vedla provenience 8 - Javorník, Vápenná, jejíž průměrná výška ze všech sedmi ploch dosáhla 9,6 m. Nejmenší růst (8,8 m) byl shodně zaznamenán u potomstev 6 - Vlašim, Louňovice a 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko. Průměrná hodnota výčetních tloušťek všech deseti společných proveniencí se pohybovala v úzkém rozmezí 8 až 9 cm. Největší průměrné výčetní tloušťky na všech plochách (8,9 cm) dosáhlo potomstvo 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov, nejmenší (8,2 cm) potomstvo 16 - Jihlava, Štoky. Průměrné hodnoty odvozených veličin logicky kopírují situaci popsanou pro jejich vstupní parametry.

DISKUSE

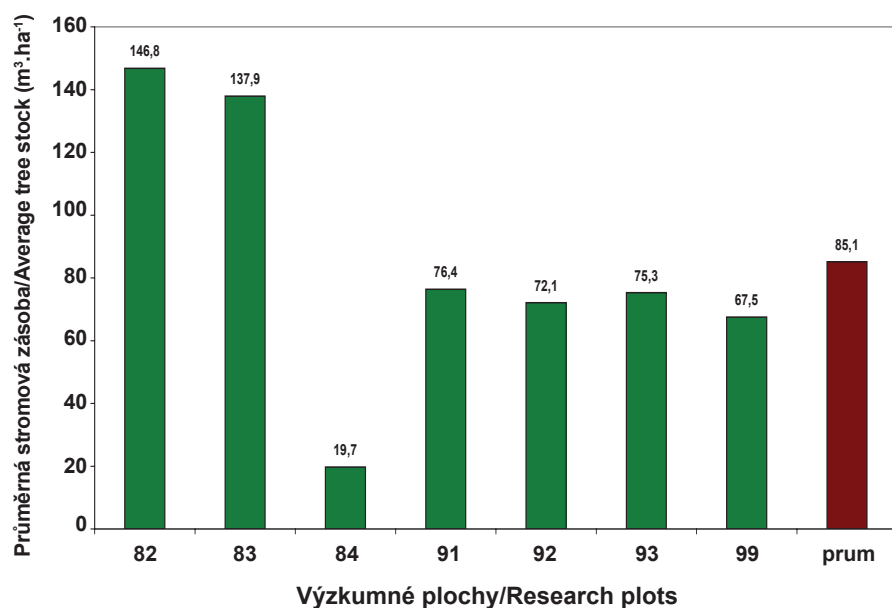
Protože výčetní tloušťky byly ve věku 25 let na výzkumných plochách zjišťovány poprvé, stejně jako odvozené veličiny stromový objem a stromová zásoba na 1 ha, lze provést pouze srovnání datových řad celkových výšek, které byly na jednotlivých plochách v minulosti získány. Pro různé plochy je však k dispozici různý počet měření.

Jak vyplývá z předchozího textu a příloh, ve věku 25 let se ve výškovém růstu na prvních pozicích nejčastěji objevovaly provenience 8 - Javorník, Vápenná, 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov a 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR. Naopak mezi nejpomaleji rostoucí patřily nejčastěji provenience 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko, 16 - Jihlava, Štoky a 6 - Vlašim, Louňovice.

Ve věku 3 roky při zjišťování výšky v lesní školce Čížová rostly nejrychleji provenience 34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR, 30 - Lenti, Nagykanisza, Maďarsko a 26 - Bardejov, Bardejovská Nová Ves 2, SR. Naopak nejpomaleji rostla potomstva 99 - Milevsko, 2 - Luhačovice a 7 - Loučná. Tato tři potomstva však nebyla na plochy pro nedostatek materiálu vysazena; z proveniencí zastoupených na hodnocených plochách rostly nejpomaleji 6 - Vlašim, Louňovice, 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR a 14 - Zábřeh na Moravě, Hynčína (ŠINDELÁŘ 1985b). Z výsledků je patrné, že stanovení výšek není v juvenilním stadiu vhodným kritériem předvídání vývoje porostů v pozdějších obdobích. Lze však upozornit na potomstvo 6, které patřilo již ve školce k nejpomaleji rostoucím a tuto vlastnost projevilo i ve věku 25 let. Naopak potomstvo 1 ukazuje již známou skutečnost, že velikostní třídění sazenic ve školkách nemusí vždy vést k hospodářsky hodnotnějším porostům.

Vyhodnocení výškového růstu série ploch (s výjimkou č. 99) v 7 letech publikoval HÝNEK (1990). Tři nejlepší provenience byly na jednotlivých plochách následující: č. 82 (17, 25, 34), č. 83 (34, 29, 16), č. 84 (8, 29, 16), č. 91 (3, 11, 1), č. 92 (3, 11, 13) a č. 93 (11, 3, 13). Naopak k třem nejpomaleji rostoucím potomstvům patřila: č. 82 (14, 6, 10), č. 83 (9, 10, 17), č. 84 (6, 1, 11), č. 91 (34, 18, 21), č. 92 (34, 21, 17) a č. 93 (21, 9, 16). Vidíme tedy, že potomstvo 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov, které patří k nejlepším v 25 letech, se objevovalo na prvních místech již ve věku 7 let. V jednom případě (plocha č. 84) bylo nejvyšší také potomstvo 8 - Javorník, Vápenná. Častěji se však na prvních místech objevily jiné provenience, jako 3 - Brumov, Vlára, 13 - Nové Město na Moravě, Cikháj, 34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR a 16 - Jihlava, Štoky, z nichž poslední jmenovaná patří ve 25 letech naopak k nejhorším. Potomstvo 34, které ve Středočeské pahorkatině patřilo k nejlepším, se na Českomoravské vrchovině objevilo naopak mezi nejhoršími. K slabě rostoucím patřila v 7 letech ještě např. potomstva 6 a 10.

Výzkumná plocha č. 82 byla hodnocena i ve věku 9 let. Nejrychleji rostla potomstva 25 - Muráň, Revúca, SR, 30 - Lenti, Nygykanisza, Maďarsko a 34 - VLS Kamenica nad Círochou, Vihorlat II, SR, nejpomaleji pak potomstva 18 - Jablunkov, Dolní Lomná, 9 - Hanušovice, Branná a 6 - Vlašim, Louňovice (HÝNEK, LOMSKÝ 1990). Dále jsou známy údaje z výzkumných ploch č. 91 a č. 93 hodnocených ve věku 11 let (ZMEŠKAL 1994). Na ploše č. 91 rostly nejlépe provenience 8, 3 a 11, slabě pak 21, 34 a 18. Na ploše č. 93 dosáhla



Graf 5.

Průměrná hektarová stromová zásoba společných proveniencí na ověřovacích plochách série 1984 s bukem lesním (25 let)

Average tree stock per 1 ha of common provenances on the verifying plots series 1984 with European beech (25 years)

největší výšky potomstva 11, 3 a 13, nejslabší růst byl zaznamenán u potomstev 16, 28 a 21. V PLO 16 se tedy opět na prvních pozicích objevují provenience 3 - Brumov, Vlára, 8 - Javorník, Vápenná a 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov. Potomstvo 34 - VLS Kamenica nad Cirochou, Vihorlat II, SR je na ploše ve středních Čechách třetí v pořadí. Na posledních pozicích se v uvedeném věku objevují již všechna tři potomstva (6, 16, 21), která patří k nejpomaleji rostoucím i v současnosti. Jak v PLO 10, tak i v PLO 16 byla mezi posledními i provenience 18 - Jablunkov, Dolní Lomná.

Pokud jde o plochu č. 99 - Broumov, Bezděkov, byly jako perspektivní v 9 letech označeny provenience 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov, 8 - Javorník, Vápenná a 3 - Brumov, Vlára, pomalu rostly provenience 34 a 21 (BALCAR 1991). Ve věku 25 let lze tento předpoklad beze zbytku potvrdit. Na ploše byla realizována i další měření ve věku 10 až 14 let (BALCAR 1995, 1996), vesměs se stejným výsledkem. Na této výsadbě si provenience zachovávají již od mladého věku víceméně stálý růstový trend.

Na plochách č. 82, 83, 93 a 99 bylo ještě uskutečněno hodnocení vybraných 13 proveniencí v 16 letech (BALCAR, HÝNEK 2000). Ve středních Čechách byla opět mezi nejlepšími provenience 34, v Podkrkonoší na ploše č. 99 byla třetí nejhorší. V PLO 16 a 23 rostla dobře provenience 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov. Pomalým růstem se v PLO 10 a 23 vyznačovala potomstva 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR a 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko.

Je evidentní, že růstový vývoj na pokusných výsadbách by si vyžádal podrobnější rozbor, který by však již překročil rámec tohoto příspěvku.

ZÁVĚR

Věk 25 let umožňuje již dosti spolehlivé hodnocení charakteristik zkoumaných proveniencí. Největších výšek dosahovaly buky na výsadbách č. 83 - Tábor, Křešice a č. 82 - Lesy Jiloviště, Baně, výrazně nižších pak na lokalitě č. 84 - Lesy města Písku, Temešvár. Z proveniencí, které byly vysazeny na všech plochách, dosáhlo největší průměrné výšky potomstvo 8 - Javorník, Vápenná (9,6 m). Nejslabší růst (8,8 m) byl shodně zaznamenán u potomstev 6 - Vlašim, Louňovice a 21 - Szuha, Gombásmagos, Maďarsko. Určitá potomstva se na základě měření v tomto věku jeví jako nadějná, jiná se vyznačují slabším růstem. Některé provenience si drží svůj rychlý růst již od juvenilního věku, jiné v průběhu vývoje jeho dynamiku často i dosti radikálně mění. Zatím bylo možno srovnávat pouze jeden ukazatel – výšku jedinců, do budoucna však bude možné porovnávat i ostatní charakteristiky, zejména výčetní tloušťku a objem. Je proto žádoucí uskutečnit ca za 10 let další hodnocení ploch a provést jejich vzájemné srovnání. Ukázalo se rovněž jako nutné

provést podrobný rozbor růstového vývoje testovaných jednotek na jednotlivých plochách.

V plánované druhé části příspěvku se předpokládá hodnocení proveniencí z hlediska kvalitativních znaků, fenologie rašení a geografické proměnlivosti na základě příslušnosti jejich mateřských porostů k přírodním lesním oblastem, lesním vegetačním stupňům a dříve navrhovaným semenářským oblastem. Podrobněji by měla být zpracována i otázka „místních“ dílčích proveniencí a proveniencí ze Slovenské republiky.

Poznámka:

Příspěvek vznikl s podporou projektu č. QF 4025 MZe NAZV a výzkumného záměru MZE0002070202.

LITERATURA

- BALCAR, V.: Prosperita pokusné výsadby 12 proveniencí buku lesního v trutnovské imisní oblasti. Zprávy les. výzkumu, 36, 1991, č. 4, s. 3-7.
- BALCAR, V.: Growth and development of 12 European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances planted in surroundings of the Trutnov power plant. In: Tesař, V. (ed.): Management of Forest Damaged by Air Pollution. Proceedings of the Workshop P2.05-07 Silviculture in Polluted Areas Working Party, Trutnov 5 - 9 June 1994. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague; University of Agriculture Brno 1995, s. 63-69.
- BALCAR, V.: Vývoj výsadby 12 proveniencí buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) na pokusné ploše pod vlivem imisí. Lesnictví-Forestry, 42, 1996, č. 2, s. 67-76.
- BALCAR, V., HYNEK, V.: Vývoj výsadby buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Journal of Forest Science, 46, 2000, č. 1, s. 1-18.
- GRUNDNER, F., SCHWAPPACH, A.: Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin, Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen 1938. 126 s.
- HUBAČ, K.: Hmotové tabulky pro buk. Lesnictví, 23 (50), 1977, č. 10, s. 775-798.
- HYNEK, V.: Výškový růst a mortalita buku lesního ve věku 7 let. Práce VÚLHM, 75, 1990, s. 97-117.
- HYNEK, V.: Provenienční výzkum buku lesního v České republice. Práce VÚLHM, 81, 1996, s. 5-19.
- HYNEK, V., LOMSKÝ, B.: Hodnocení výškového růstu, stomatární vodivosti a rychlosti transpirace u proveniencí buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) na ploše č. 82 Baně. Práce VÚLHM, 75, 1990, s. 119-136.
- HYNEK, V., LOMSKÝ, B., PASUTHOVÁ, J.: Evaluation of provenance trial with common beech (*Fagus sylvatica* L.) at the age of 7 years. In: Korpel', Š., Paule, L. (eds.): 3. IUFRO Buchensymposium. Sborník, Zvolen 3. - 6. 6. 1988. Zvolen 1988, s. 57-64.
- NOVOTNÝ, P.: Literární přehled dosavadních výzkumných aktivit souvisejících s ověřováním dílčích populací buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) v ČR. In: Novotný, P. (ed.): Šlechtění lesních dřevin v České republice a Polsku. Sborník ze semináře s mezinárodní účastí, Strnady 8. 9. 2005, 99 s. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2006, s. 84-99.
- ŠINDELÁŘ, J.: Genofond buku lesního v ČR a nástin opatření k jeho udržení a dokonalejšímu využití. Lesnická práce, 62, 1983a, č. 7, s. 301-308.
- ŠINDELÁŘ, J.: Inventarizace genofundu buku lesního jako základ opatření pro jeho udržení, reprodukci a využití. Práce VÚLHM, 63, 1983b, s. 9-47.
- ŠINDELÁŘ, J.: Výzkumná provenienční série ploch s bukem lesním *Fagus sylvatica* 1981 - 1984. Zprávy les. výzkumu, 30, 1985a, č. 3, s. 1-6.
- ŠINDELÁŘ, J.: Přehled současných poznatků o geografické proměnlivosti buku lesního se zvláštním zřetelem k podmínkám ČSSR. Studijní informace - Lesnictví, 1985b, č. 1, 96 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Přehled výsledků fenologických pozorování a některých dalších prvků časně diagnostiky u proveniencí buku lesního. Práce VÚLHM, 66, 1985c, s. 9-43.
- ŠINDELÁŘ, J.: Praktické závěry z výzkumu proměnlivosti buku lesního v ČR. Zprávy les. výzkumu, 32, 1987, č. 1, s. 1-6.
- ŠINDELÁŘ, J.: Ergebnisse einiger phänologischer Untersuchungen in den Provenienzflächen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). In: Korpel', Š., Paule, L. (eds.): 3. IUFRO Buchensymposium. Sborník, Zvolen 3. - 6. 6. 1988. Zvolen 1988, s. 47-56.
- ŠINDELÁŘ, J.: Některé předběžné výsledky výzkumu fenotypové proměnlivosti buku na vybraných plochách. Zprávy les. výzkumu, 34, 1989a, č. 1, s. 1-6.
- ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti snižování škod pozdními mrazy na kulturách buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Lesnictví, 35 (62), 1989b, č. 6, s. 521-534.
- ŠINDELÁŘ, J.: Představa žádoucích znaků a vlastností porostů buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) uznaných ke sklizni osiva a výběrových stromů. Zprávy les. výzkumu, 35, 1990, č. 1, s. 1-8.
- ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti využití osiva buku ze Slovenské republiky. Lesnická práce, 74, 1995, č. 9, s. 7-9.
- ZMEŠKAL, P.: Hodnocení pokusné provenienční plochy s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) na LZ Pelhřimov. Diplomová práce. Brno: LDF VŠZ 1994. 52 s., přílohy.

Results of experimental provenance plots series with the European beech (*Fagus sylvatica* L.) evaluation at the age of 25 years

Summary

Seven research plots with European beech (*Fagus sylvatica* L.), which are subject of evaluation in frame of presented paper, are located in three natural forest regions (PLO) of the Czech Republic (PLO 10 - Středočeská pahorkatina/Central Bohemian Upland/, PLO 16 - Česko-moravská vrchovina/Bohemian Moravian Highland/, PLO 23 - Podkrkonoší/Under Krkonoše Mts. Region/), 380 - 700 m elevation above sea level.

On all plantings, there have been measured heights and D.B.H. values of all growing individuals, in winter 2004/2005 at the age of 25 years. The average tree volume production and average growing stock per 1 hectare have been derived from volume tables (GRUNDNER, SCHWAPPACH 1942). In some cases, when input data from heights and D.B.H. measurement did not reach minimal parameters of mentioned tables, volume tables by HUBAČ (1977) have been used.

As for the basic evaluation parameter – height growth, there have been differences among provenances statistically significant. In this sense, the best provenances include 8 - Javorník, Vápenná, 11 - Frýdlant v Čechách, Oldřichov and 1 - Trenčín, Dolná Súča, SR. On the contrary, as regards the slowest growing provenances, it is possible to mention variants 21 - Szuha, Gombásmagos, Hungary, 16 - Jihlava, Štoky and 6 - Vlašim, Louňovice. Differences among D.B.H. values have mostly been found to be statistically significant. Nevertheless, growth in thickness, as well as both derived characteristics (average tree volume production and average growing stock per 1 hectare), is already of smaller predictable value, because of their higher dependence on number of individual provenances growing trees.

Age of 25 years makes enough credible evaluation of tested provenances characteristics possible, but this is unquestionable, that progress of these characteristics also depends on site conditions of research planting. It will be possible to derive more accurate conclusions about tested progenies, after measurement at higher age (by intervals ca 10 years). It is also appropriate to synthetically judge growth of provenances in comparison with other established experiments with European beech, as well.

Recenzováno

VLIV RŮZNÝCH ZPŮSOBŮ PĚSTOVÁNÍ SADEBNÍHO MATERIÁLU BUKU LESNÍHO (*FAGUS SYLVATICA* L.) VE ŠKOLCE NA NÁSLEDNÝ RŮST VE VÝSADBÁCH DO STADIA ZAJIŠTĚNÉ KULTURY

Influence of various nursery-cultivation methods upon beech seedlings growth after planting

Abstract

Growth measurements of beech seedlings grown by intensive nursery ways (plugs) in comparison to common planting stock have been performed on the three experimental plots at elevation from 520 to 920 m above sea level. Stimulation effect of tube plastic shelters used as protection against deer browsing was also evaluated. Results show very good performance of beech plugs not only at lower elevation but also in mountains. Growth rate during two years after planting was even higher in comparison to common planting stock. Better growth of plugs in plastic shelters is obvious. Plugs are likely to be better physiologically acclimatized to stimulation (greenhouse) effect of plastic tubes. However, further long-term monitoring (minimally to the stage of established plantation) is needed to evaluate the experimental plantations growth.

Klíčová slova: buk, zalesňování, krytokořenný sadební materiál, stimulace růstu

Key words: beech, reforestation, containerized planting stock, stimulation of growth

ÚVOD

V druhovém spektru listnatých dřevin při obnově lesa má nezapomenutelné místo buk lesní (*Fagus sylvatica* L.). Se širší kultivací buku lesního je spojena celá řada problémů zejména s náročností ochrany výsadb. Je proto třeba ověřit, jaký typ sadebního materiálu buku a jaký způsob jeho ochrany umožní odpovídající ujímavost, růst a dosažení zajištěné kultury v co nejkratším časovém úseku.

Buk lesní náleží k dřevinám, které velmi dobře reagují na intenzivní růstové prostředí ve školce (RIEDACKER 1978, JURÁSEK 1989). Přitom např. využití fóliového krytu přispívá výrazně k vyšší výtěžnosti bukovic, ochraně proti pozdním mrazům a dosažení lepších růstových parametrů semenáčků (KLINDER 1985, JURÁSEK 1989). VOIGT a BRANDT (1985) dokonce považují sjevu buku na venkovních záhonech za nevhodné vzhledem k daleko horším výsledkům než při pěstování pod fólií. Pro listnáče jsou velmi dobře využitelné i technologie pěstování krytokořenného sadebního materiálu (DUŠEK et al. 1987, LOKVENC 1990, KERR 1994, MENES et al. 1996, MAUER 1999, KUPKA 2004, MAUER et al. 2005). Pěstování buku v obalech ověřoval např. JURÁSEK (1989). V podmínkách fóliového krytu bylo dosaženo trojnásobného zvýšení tvorby biomasy a ostatních kvalitativních znaků v porovnání s venkovními podmínkami. Kvalitní výsadbyschopné

semenáčky byly vypěstovány již během prvního roku, pokud byly pěstovány druhým rokem po zaškolování bylo dosaženo velmi dobrých růstových parametrů umožňujících jejich použití i na extrémně horská stanoviště.

V současné době máme i pro krytokořenný sadební materiál k dispozici rozpracované standardy kvality (JURÁSEK 2002) a dostatečný sortiment biologicky vhodných typů pěstebních obalů (JURÁSEK et al. 2004). Komplexní ověřené technologie pro pěstování obalených semenáčků a sazenic ve školce tak umožňují postupné zvyšování podílu kvalitní krytokořenné sadby buku při obnově lesa. Pěstební výzkum realizovaný ve VÚLHM-VS Opočno se proto v současnosti intenzivně zabývá mimo jiné i optimalizací typů krytokořenného sadebního materiálu buku a vymezením možných rizik jeho použití na extrémnějších stanovištích.

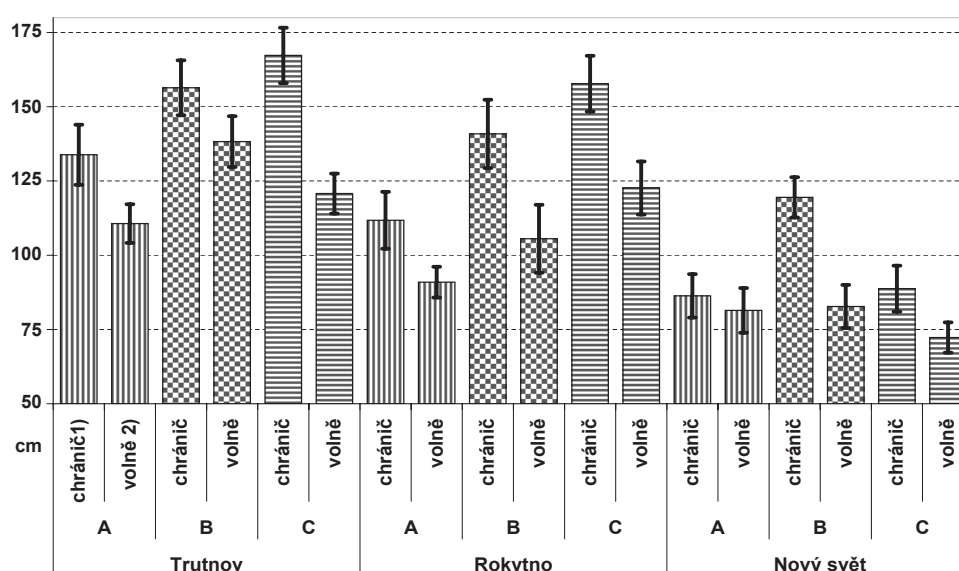
Pro zajištění uměle založené kultury buku, tak jak ho vyžaduje platný lesní zákon č. 289/1995 Sb., je podle našich zkušeností většinou nedostačující oplocení z relativně dostupného a velmi rozšířeného uzlového lesnického pletiva. Velkou slabinou tohoto pletiva je hustší vypletení pouze ve spodní části. Při vyšší sněhové pokrývce je toto pletivo „průhledné“ a výsadby jsou značně poškozovány hlavně zájci. Kultury se podle našich pozorování po těchto škodách mimo jiné i nepříznivě výškově diferencují. To výrazně snižuje šance na vypěstování

Tab. 1.

Popis a uspořádání variant na TVP založených prostokořenným a krytokořenným sadebním materiálem buku lesního
Description of plantations established using containerized and bare-rooted plants on experimental plots

Výzkumná plocha ¹⁾	Nadmořská výška ²⁾ (m n. m.)	Rok výsadby ³⁾	Varianty pokusů stejné na všech TVP ⁴⁾		
			A	B	C
Nový Svět	920	září/September 2000	prostokořenné ⁵⁾ sazenice 1+2	semenáček ⁶⁾ fk1+0 Jiffy tablety	semenáček ⁷⁾ fk1+0 plug
Rokytno	780	květen/May 2001			
Trutnov	520	duben/April 2001			

¹⁾Research plot, ²⁾Altitude (m above sea level), ³⁾Planting year, ⁴⁾Experimental variants on plots, ⁵⁾Bare-root plants, ⁶⁾Containerized seedling Jiffy, ⁷⁾Containerized seedling Plug.



Obr. 1.

Porovnání výškového růstu sadebního materiálu buku pěstovaného různými technologiemi na sérii výzkumných ploch v roce 2005. Chybové úsečky znázorňují interval konfidence na hladině významnosti 0,05.

Height growth of beech grown by intensive nursery ways on the research plots in 2005. Error segments illustrate interval of confidence on level of significance 0.05.

1) tube plastic shelter; 2) - control plot

kvalitního bukového porostu. Pro ochranu kvalitních jedinců buku má proto mimořádný význam použití plastových chráničů sazenic, které současně po výsadbě chrání stromek i před poškozením myšovitými hlodavci (JURÁSEK, BARTOŠ 2004).

MATERIÁL A METODY

Pro hodnocení vlivu nově používaných pěstebních technologií na růst sadebního materiálu buku byly v letech 2000 a 2001 založeny trvalé výzkumné plochy (dále TVP) na několika lokalitách v Krkonoších a v podhůří Krkonoš. TVP byly pracovně pojmenovány podle významných zeměpisných míst nacházejících se v jejich blízkosti. V nejnepríznivějších klimatických podmínkách se nachází plocha Nový Svět. Je situována jako jižní expozice nad městem Harrachov na svahu vrcholu Jakšín, LT 6K1, pásmo ohrožení porostů imisemi C. Druhá plocha nazvaná Rokytno je lokalizována na jihovýchodním svahu rekonstruovaného smrkového porostu nad osadou Rokytno, nedaleko Rokytnice nad Jizerou, LT 6K1. Třetí výzkumná plocha byla založena na území školního lesního podniku v Trutnově, lokalita „U Pěti buků“, jižní expozice, LT 5S.

K výsadbě na všech TVP byly použity výpěstky buku ze tří různých technologií pěstování ve školce. Jako varianta A byly označeny prostokořenné sazenice (1 + 2), semenáčky varianty B byly pěstovány jako krytokořenné (fk1 + 0) v tabletách JIFFY 7. Vzhledem k možným problémům s rozpadem síťoviny na těchto obalech a možným deformacím kořenů byly u poloviny semenáčků ve variantě tyto „punčošky“ odstraněny. Semenáčky varianty C byly pěstovány v sadbovačích QUICK POT 24T a vysazovány jako plug (fk1 + 0). Sadební materiál byl na všechny TVP vysázen do jamek 30 x 30 cm, v průměrném hektarovém počtu 9 tisíc ks.ha⁻¹, ochrana proti zvěři byla provedena oplocením výsadeb. Minimálně jedinci, u kterých je měřen tloušťkový přírůst, byly označeny evidenčním číslem. Přehled použitého sadebního materiálu na jednotlivých TVP je uveden v tabulce 1.

Na popsáných pokusných plochách byla v roce 2000 a 2001 provedena vstupní měření výšky nadzemní části a průměru kořenových krčků. Současně bylo provedeno hodnocení zdravotního stavu a tvarových odchylek nadzemních částí jako východisko pro dlouhodobější sledování odrůstání sadebního materiálu buku pěstovaného různými technologiemi v široké škále růstových podmínek. Tyto výsledky nejsou součástí tohoto příspěvku, proto není třeba popisovat metodiku hodnocení. Od roku 2002 probíhá na těchto TVP pravidelné roční měření výškového a tloušťkového přírůstu nadzemní části výsadeb včetně hodnocení jejich zdravotního stavu (výskyt poškození terminálních výhonů, poškození rostlin vlivem klimatických extrémů, poškození rostlin biotickými škůdci).

Další aspekt, který je zjišťován v rámci těchto pokusů, je stimulační efekt plastových chráničů sazenic, a to nejen ve výškovém transektu horských a podhorských poloh, ale i u různých typů sadebního materiálu buku lesního. Na všech TVP bylo do plastových chráničů umístěno vždy minimálně 60 ks semenáčků nebo sazenic od každé varianty. Stimulační efekt chráničů je porovnáván se sadebním materiálem vysazeným mimo individuální ochranu (plastové chrániče) do klasické oplocenky. U jednotlivých variant jsou tedy vždy sledovány odděleně jednotlivci umístění do plastových chráničů (část varianty označená v tabulkách a grafu jako „chránič“) a mimo plastový chránič (část označená jako „volně“).

Pro statistické vyhodnocení naměřených hodnot byl použit dvouvýběrový t-test s testováním rozptylu, programové vybavení MS Excel. Výsledky jsou uváděny v textu popisujícím výsledky. Grafické výstupy jsou dále doplněny chybovými úsečkami, jejichž velikost znázorňuje interval konfidence na hladině významnosti 0,05. Tato úsečka graficky udává interval, ve kterém se s 95% pravděpodobností bude nacházet střední (průměrná) hodnota testovaného souboru.

Tab. 2.

Procentické porovnání ztrát sadebního materiálu buku pěstovaného ve školce různými technologiemi čtyři roky po výsadbě
Comparison of losses (in %) of beech technology variants four years after planting

Lokalita ¹⁾	Variant ²⁾	Vysázeno ³⁾ (ks)	Ztráty ⁴⁾ (%)
Trutnov	A	chránič ⁴⁾	100
		volně ⁵⁾	203
	B	chránič	100
		volně	145
	C	chránič	100
		volně	162
Rokytno	A	chránič	60
		volně	196
	B	chránič	60
		volně	172
	C	chránič	60
		volně	196
Nový svět	A	chránič	98
		volně	115
	B	chránič	99
		volně	150
	C	chránič	99
		volně	150

¹⁾Locality ²⁾Variant ³⁾Number of planted individuals ⁴⁾Losses (%) ⁵⁾tube plastic shelter ⁶⁾control plot

Variant²⁾: chránič – individuální ochrana sadebního materiálu v plastových chráničích, volně – sadební materiál chráněn oplocením/Variant: tube plastic shelter – individual protection of planting stock in plastic containers, control plot – planting stock protected by fence

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z výsledků sledování mortality sadebního materiálu použitého na sérii výzkumných ploch vyplývá, že ztráty byly výrazně nižší u jedinců umístěných do plastových chráničů (varianta „chránič“), které za sledované období prvních čtyř let po výsadbě nepřesáhly mimo jedné výjimky 9 % (tab. 2). V chráničích byly ve většině případů menší ztráty u krytokořenného sadebního materiálu oproti prostokořennému. Z výsledků porovnání ztrát jedinců vysázených do oplocenky (varianty „volně“) vyplývá, že na TVP Trutnov byly ztráty dokonce nižší u intenzivně pěstovaného sadebního materiálu (varianta B, C) oproti prostokořennému (var. A). Na dalších plochách nejsou mezi variantami významné rozdíly. Z těchto dílčích výsledků tedy vyplývá, že z hlediska ujmavosti se sadební materiál buku intenzivně pěstovaný ve školce na ověřovaných lokalitách osvědčil. Podmínkou pro dosažení objektivních výsledků bylo zajištění důsledné ochrany výsadeb buku (např. použití rodenticidů proti hlodavcům, použití „hustého“ pletiva zabráňujícího okusu zajíců i při vyšší sněhové pokrývce, průběžné kontroly a opravy plastových chráničů), což platí pro všechny varianty sadebního materiálu bez rozdílu.

Z výsledků každoročního měření výšky nadzemních částí a tloušťky kořenového krčku výsadeb je v tomto příspěvku uvedeno srovnání průměrných výšek jednotlivých variant pokusu v roce 2005,

po 4 letech růstu sadebního materiálu (obr. 1). Z těchto výsledků je patrné, že u všech variant a na všech výzkumných plochách dosáhly v roce 2005 sazenice umístěné do chráničů (varianty „chránič“) vyšší průměrnou výšku ve srovnání se sazenicemi rostoucími v oplocence (varianty „volně“). Všechny tyto rozdíly, mimo prostokořenné varianty A na TVP Nový Svět, jsou statisticky průkazné. Na výše uvedeném obrázku není pro lepší přehlednost významnost rozdílů vyznačena, lze ji však nepřímou odvodit z chybových úseček znázorňujících intervaly konfidence. Na TVP Trutnov s nejpříhodnějšími růstovými podmínkami dosahovali v roce 2005 jedinci pěstovaní ve školce intenzivními technologiemi (varianta B a C) významně větší průměrné výšky oproti prostokořennému sadebnímu materiálu, a to nejen při jejich umístění do plastových chráničů, ale i při jejich růstu „volně“ v oplocence. Obdobné výsledky byly zjištěny i na TVP Rokytno. Na TVP Nový Svět, kde jsou vzhledem k vyšší nadmořské výšce relativně méně příznivé podmínky pro růst buku, nejsou výsledky po čtyřech letech růstu tak jednoznačné. Při hodnocení jedinců v plastových chráničích zde průkazně výrazně více výškově přirůstali jedinci z varianty B, ale u varianty C (rovněž intenzivně ve školce pěstovaná) byly rozdíly v porovnání s prostokořenným sadebním materiálem (var. A) neprůkazné. Průkaznost rozdílů ve většině případů zde nebyla potvrzena ani při porovnání růstu variant rostoucích „volně“ v oplocence.

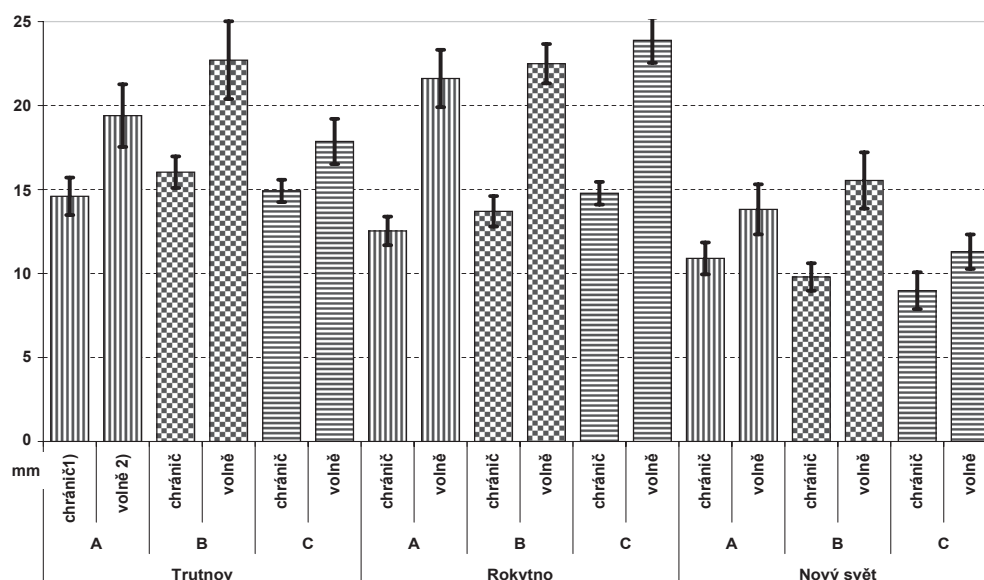
Z výsledků sledování tloušťky kořenového krčku u jednotlivých variant sadebního materiálu buku 4 roky po výsadbě (obr. 2) vyplývá, že u všech variant sadebního materiálu na všech výzkumných plochách byla zjištěna významně menší tloušťka kořenového krčku u sadebního materiálu umístěného do plastových chráničů oproti jedincům rostoucím v oplocence. Z porovnání jednotlivých variant sadebního materiálu rostoucího mimo plastové chrániče vyplývá, že na TVP Trutnov a Nový Svět dosáhly po čtyřech letech největší tloušťky kořenového krčku jedinci varianty B, na TVP Rokytno varianta C, tedy v obou případech krytokořenný sadební materiál pěstovaný intenzivními postupy.

Výše uvedené výsledky tedy předběžně potvrzují dobrou růstovou dynamiku sadebního materiálu pěstovaného intenzivně ve fóliových krytech, zjištěnou v předchozím výzkumu (JURÁSEK 1989, MENES et al. 1996). Potvrzuje se i využitelnost praktických zkušeností ze zahraničí (KUPKA 2004). Z našich poznatků je zřejmé, že kvalitní krytokořenný sadební materiál buku z intenzivních technologií je po výsadbě na zalesňované plochy růstově srovnatelný s klasicky pěstovaným sadebním materiálem a v určitých podmínkách může mít i řadu předností. K významným výhodám bezesporu patří rychlejší obnovení růstu po přesazení u variant intenzivně pěstovaných ve školce (JURÁSEK, BARTOŠ 2004).

ZÁVĚRY

V rámci pěstebního výzkumu probíhá sledování růstu sadebního materiálu buku pěstovaného intenzivními školkařskými postupy (krytokořenný sadební materiál z fóliového krytu) v porovnání se sadebním materiálem pěstovaným klasicky (prostokořenný sadební materiál z venkovních záhonů). Současně je u jednotlivých typů sadebního materiálu buku sledován stimulační vliv plastových chráničů sazenic, které zároveň slouží i jako ochrana proti zvěři. Prozatím je k dispozici čtyřletá řada měření. Předpokládáme, že komplexní zhodnocení růstu a zdravotního stavu výsadeb provedeme ve fázi zajištěné kultury.

Z dosavadních výsledků je zřejmá velmi dobrá ujmavost a růst sadebního materiálu buku z intenzivních technologií, což je ovšem podmíněno důslednou ochranou proti zvěři a hlodavcům. Plastové



Obr. 2.

Tloušťka kořenového krčku sadebního materiálu buku pěstovaného různými technologiemi na sérii výzkumných ploch v roce 2005. Chybové úsečky znázorňují interval konfidence na hladině významnosti 0,05.

Root collar diameter of beech grown by intensive nursery ways on the research plots in 2005. Error segments illustrate interval of confidence on level of significance 0.05.

1) tube plastic shelter; 2) - control plot

chrániče měly jednoznačně kladný vliv na ujímavost vysazených semenáčků a sazenic buku. U jedinců rostoucích v plastových chráničích byla po čtyřech letech růstu zjištěna prokazatelně menší tloušťka kořenového krčku ve srovnání se stejným sadebním materiálem chráněným v oplocence. Pozitivním zjištěním ve prospěch výpěstků z intenzivních technologií jsou minimální rozdíly ujímavosti při porovnání s prostokořeným sadebním materiálem buku pěstovaným ve školce klasicky na venkovních záhonech.

Zajímavým poznatkem z měření růstu výsadeb v plastových chráničích je i to, že v prvních letech po výsadbě lépe přirůstal sadební materiál z intenzivních školkařských technologií v porovnání s klasickým sadebním materiálem. Tyto výpěstky jsou zřejmě fyziologicky lépe připraveny na stimulační (skleníkový) efekt plastových chráničů. Výsledky již do určité míry potvrzují možnost využití výpěstků buku intenzivních technologií nejen v optimálních, ale i pro buk v extrémnějších stanovištních podmínkách.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropenní činností v měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- DUŠEK, V., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A.: Pokyny pro pěstování obalených semenáčků a sazenic. Lesnický průvodce, 1987, č. 2, 34 s.
- JURÁSEK, A.: K problematice pěstování sadbového materiálu buku. Zprávy lesnického výzkumu, 34, 1989, č. 4, s. 2-7.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., LOKVENC, T.: Krytokořený sadební materiál a úspěšnost obnovy lesa. In: Pěstování a užití krytokořeného sadebního materiálu. Sborník referátů z mezinárodní konference. Trutnov, 26. - 28. 5. 1999. Brno: MZLU 1999, s. 5-23.
- JURÁSEK, A. et al.: Komentář k ČSN 482115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 2002.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V.: Testování obalů krytokořeného sadebního materiálu. Lesnická práce, 83, 2004, č. 4, s. 188-189.
- JURÁSEK, A., BARTOŠ, J.: Dosavadní zkušenosti s použitím krytokořeného sadebního materiálu buku pěstovaného ve školce intenzivními postupy. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce 2004, s. 57-64. ISBN 80-86386-51-1
- KERR, G.: A comparison of cell grown and bare-rooted oak and beech seedlings one season after outplanting. Forestry, 67, 1994, č. 4, s. 297-312.
- KLINDER, E.: Erfahrungen bei der Anzucht von Rotbuche in Rolien-gewächshäusern. Soz. Forstwirtschaft, 1985, 4, s. 109-111.
- KUPKA, I.: Zkušenosti s použitím krytokořeného sadebního materiálu z intenzivních technologií ve Skandinávii. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce 2004, s. 27-34. ISBN 80-86386-51-1
- LOKVENC, T.: 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. Hradec Králové: Východočeské státní lesy 1990. 9 s.
- MAUER, O.: Technologie pěstování krytokořeného sadebního materiálu. In: Pěstování a užití krytokořeného sadebního materiálu. Sborník referátů z mezinárodní konference. Trutnov, 26. - 28. 5. 1999. Brno: MZLU 1999, s. 25-44.
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., BARTOVÁ, A., JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., SZABLA, K.: Produkce krytokořeného sadebního materiálu lesních dřevin. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce 2006. 136 s.
- MENES, P. A., ODLUM, K. D., PATERSON, J. M.: Comparative performance of bareroot and container-grown seedlings: an annotated bibliography. Forest Research Information Paper No. 132. Sault Ste. Marie, Ontario Forest Research Institute 1996. 151 s.
- RIEDACKER, A.: Premiers essais d'élevage de plants de chê et de hêtre sur tourbe et sous tunnel plastique. Rev. For. Franc., 1978, č. 6, s. 453-458.
- VOIGT, F., BRANDT, R.: Erste Ergebnisse zur Saatgutlagerung und Anzucht bei der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). Soz. Forstwirtschaft, 1985, 8, s. 168-170.

Influence of various nursery-cultivation methods upon beech seedlings growth after planting

Summary

Comparison of growth of beech containerized seedling grown by intensive technology with bare-rooted seedlings was done on research plot situated within the elevation transect (520 - 920 m a. s. l.). The variants of plantations were tested for stimulative effect of plastic tree tubes (various types of containerized and balled plants grown in plastic greenhouse, bare-rooted seedlings from nursery beds). Plastic tree tubes also serve as a protection against deer and rodents. Article summarizes results gained during the first four-year investigation after planting; complete evaluation of growth and health status is planned in the stage of established plantation.

Beech grown by intensive nursery ways shows very good survival rate and subsequent growth. Survival and growth also depend on consistent protection against deer and rodents. Use of plastic tube shelters decreases the plants' mortality after plantation. Seedlings grown by intensive nursery methods grew better compared with classic bare-rooted planting stock. The intensively grown seedlings are likely to be acclimatized to greenhouse effects of the plastic tree tubes. After four years, the individuals under shelter of the plastic tubes proved significantly smaller root collar diameter in comparison to the same planting stock fenced. Results already confirmed good prosperity of beech seedlings grown via intensive nursery methods either in lower, or in higher mountain localities.

Recenzováno

VLIV INTENZITY HNOJENÍ NA RŮST KRYTOKOŘENNÝCH SEMENÁČKŮ BUKU LESNÍHO

The influence of fertilization intensity on European beech containerized seedlings growth

Abstract

This paper compares morphological parameters of produced European beech containerized planting stock that was grown within experiments with different ways and intensity of industrial fertilizers application in nursery practice.

Klíčová slova: hnojení, semenáčky, buk lesní, morfologické charakteristiky

Key words: fertilization, seedlings, European beech, morphological parameters

ÚVOD

V posledních letech se stále častěji vyskytují dlouhodobější jarní periody sucha, které výrazně omezují možnost zalesňovacích prací a zvyšují ztráty ve výsadbách. U listnatých dřevin se proto jeví jako vhodná alternativa použití krytokořeného sadebního materiálu výsadbyschopného v podzimním období. Výhod intenzivního způsobu pěstování, kdy lze během jednoho roku dosáhnout ve školkařském provozu standardní výsadbyschopné kvality, využíváme při produkci sadebního materiálu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). S pěstováním krytokořeného sadebního materiálu ve fóliových krytech souvisí i použití různých typů hnojiv (NÁROVEC 2001). Nejčastěji se používají tzv. pomalu rozpustná hnojiva, u kterých lze očekávat nejen ovlivnění parametrů sadebního materiálu v průběhu pěstování v lesní školce, ale také při růstu a vývoji rostlin po výsadbě na trvalá stanoviště. Předkládaný příspěvek porovnává morfologické parametry vyprodukovaného krytokořeného sadebního materiálu buku lesního při různé intenzitě hnojení průmyslovými hnojivy.

METODIKA

Experimenty probíhaly opakovaně během tří vegetačních období v areálu Výzkumné stanice Opočno a byly první fází rozsáhlého projektu ověřujícího použitelnost tohoto sadebního materiálu pro různé typy zalesňovaných, zejména horských stanovišť. Podle Katalogu biologicky ověřených obalů pro pěstování sadebního materiálu lesních dřevin (JURÁSEK et al. 2004b, 2006) byly vybrány pěstební obaly (sadbobače) HIKO V 265, sadbobače byly umístěny na vzduchovém polštáři ve fóliovém krytu vybaveném automatickou závlahou.

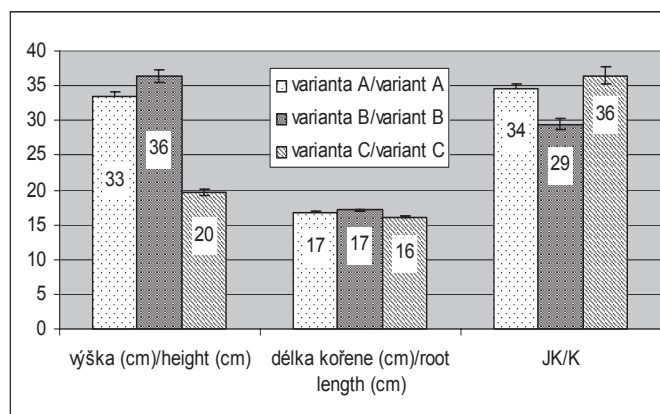
Experiment tvoří tři varianty intenzity hnojení pěstebního substrátu ve třech letech opakování:

- První varianta – (označena A) - vyhnojení pěstebního substrátu doporučenou (průměrnou) dávkou dlouhodobě působícího hnojiva, bez dodatečného hnojení na list za vegetace;
- druhá varianta – (označena B) - vyhnojení pěstebního substrátu dvojnásobnou dávkou (luxusní hnojení) dlouhodobě působících hnojiv, bez dodatečného hnojení na list;
- třetí varianta – (označena C) - je bez vyhnojení pěstebního substrátu, hnojení probíhá v průběhu vegetace na list „foliární výživou“.

Během vegetačního období byly ve fóliových krytech závlahou a větráním udržovány optimální růstové podmínky. Průběžně byla prováděna nutná pěstební ošetření (stratifikace osiva, závlaha rost-

lin, postřik fungicidy proti houbovým chorobám, ochrana insekticidy proti bejlmorce bukopupenové) každoročně podle konkrétních potřeb vždy komplexně v rámci rozpěstovaných ročníků (NÁROVEC, NÁROVCOVÁ 2003, MALINOVÁ et al. 2006). V letním období byla z fóliových krytů sejmuta fólie pro dobré otužení rostlin a vyzrání letorostů. Rozdělení pokusu do variant, druh použitého hnojiva, dávky hnojení udává tabulka 1. Varianty úrovně hnojení A a B jsou každoročně tvořeny širší škálou použitých hnojiv (OSMOCOTE a PLANTACOTE) s různou dobou uvolňování živin (uvedenou v měsících). Číselné indexy variant hnojení označující použitá hnojiva slouží pouze pro zpracování dat. Výhodnocení variant je provedeno ze všech rostlin škály použitých hnojiv.

Na konci vegetace byly každoročně zjišťovány morfologické parametry sadebního materiálu podle platné ČSN 48 2115 (výška nadzemní části, délka křídlového kořene, průměr kořenového krčku, poměr objemu kořenů k objemu nadzemní části, podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořenového systému a nepřipustné

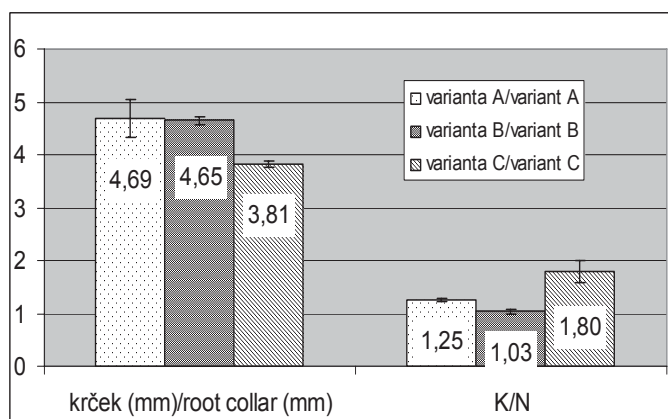


Obr. 1.

Grafické porovnání hodnot průměrné výšky nadzemní části (výška), délky křídlového kořene (délka kořene) a podílu objemu jemných kořenů v objemu kořenového systému (JK/K) pro varianty pokusů A, B, C

Graphic comparison of mean aboveground part height values (height), tap root length (root length) and fine roots volume part in root system volume (JK/K) for experimental variants A, B, C

Pozn.: Chybové úsečky znázorňují interval spolehlivosti střední hodnoty průměru (confidence) na procentu spolehlivosti 95 %./Note: Whiskers show 95% confidence and probability.



Obr. 2.

Grafické porovnání hodnot průměru kořenového krčku (krček) a poměru objemu kořenového systému k objemu nadzemní části (K/N) pro varianty pokusů A, B, C

Graphic comparison of root collar mean values (root collar) and root system volume rate to aboveground part volume (K/N) for experimental variants A, B, C

Pozn.: Chybové úsečky znázorňují interval spolehlivosti střední hodnoty průměru (confidence) na procentu spolehlivosti 95 %./Note: Whiskers show 95% confidence and probability.

deformace kořenového systému), které byly statisticky zpracovány v programu QC Expert (statistická analýza dat, porovnání výběrů). Soubor zpracovaných dat vychází z údajů pro 1 500 krytokořených semenáčků buku lesního.

VÝSLEDKY

Průměrné hodnoty měřených morfologických charakteristik, interval spolehlivosti střední hodnoty průměru (confidence) na procentu spolehlivosti 95 % v rámci jednotlivých variant hnojení uvádí obrázky 1 a 2.

Ze zpracování sumárních výsledků vyplývají následující poznatky:

- Statisticky významná rozdílnost v rámci sledovaných variant intenzity hnojení je zaznamenána pro výšku nadzemní části (obr. 1). Průměrná hodnota výšky nadzemní části krytokořených semenáčků buku lesního pro variantu luxusního hnojení substrátu (B) je 36 cm, průkazně nižší (33 cm) je výška pro variantu průměrné dávky hnojiva v substrátu (A), průkazně nejnižší je výška pro variantu bez vyhnojení substrátu (C) 20 cm.
- Délku křivého kořene limitovala výška použitého pěstební obalu, u všech variant pokusu prorůstal křivý kořen, popř. panohy, celý výškový profil obalu, rozdíly v délce křivého kořene jsou statisticky nevýznamné.
- Hodnoty průměru kořenového krčku vykazují statisticky shodné průměry pro varianty A a B (hodnota 4,7 mm). Průkazně nižší průměr kořenového krčku má varianta C (3,8 mm) (obr. 2).
- Významně se liší také hodnoty poměru objemu kořenů k objemu nadzemní části a podíl jemných kořenů v objemu celého kořenového systému (obr. 2). Nejvyšší průměrné hodnoty tohoto parametru jsou ve variantě C (vyjádřeno bezrozměrným číslem 1,80), nejnižší pro luxusní vyhnojení substrátu ve variantě B (1,03).
- Podíl jemných kořenů v objemu celého kořenového systému je průkazně nejvyšší pro variantu C (36 %), nejnižší pro variantu B

(30 %). Je třeba podotknout, že tento parametr u všech variant trojnásobně přesahuje normativní požadavek (tj. 10 %).

Deformace kořenových soustav se v rámci celého pokusu pohybují v rozmezí 0 do 2 %, v žádné z hodnocených variant hnojení nepřesáhly normou ČSN 48 2115 stanovený limit pro standardní kvalitu.

DISKUSE A ZÁVĚR

Změnami technologie pěstování, které popisuje MAUER, PALÁTOVÁ (2004), a následnými systémovými změnami, kdy přestaly být v lesních školkách používány nevhodné typy obalů (JURÁSEK et al. 2004a, b, NÁROVCOVÁ 2004), byla u krytokořeného materiálu snížena možnost vzniku deformací vyvolaných vlastní technologií na minimum. I z našich pokusů uváděných v tomto příspěvku je zřejmé, že při důsledném uplatnění technologií produkce krytokořeného sadebního materiálu (ověřený pěstební obal s ochrannými prvky zabráňujícími vzniku deformací, kvalitní vzduchový polštář, výsev bukovic s klíčkem kratším než 0,5 cm, homogenní substrát, aj.) je reálné vypěstovat krytokořený sadební materiál bez kořenových deformací. Prokazuje to detailní hodnocení kořenových systémů jednotlivých variant pokusu, kde nebyly zjištěny deformace kořenových systémů (odchylky architektiky kořenového systému).

V našich pokusech se opakovaně potvrzuje, že intenzivními metodami pěstování buku v lesních školkách lze vypěstovat velmi kvalitní výsadby schopný sadební materiál. Obdobné výsledky již byly získány v minulých letech (JURÁSEK 1989). Publikované výsledky řady autorů (SZABLA 2003, BARTOVÁ, MAUER 2004, KUPKA 2004) rovněž potvrzují dobrou kvalitu krytokořených bukových semenáčků.

Způsob a intenzita hnojení, uplatněné v rámci experimentů, se promítají v morfologických parametrech produkovaných rostlin. Vyhnojení pěstební substrátu doporučenými průměrnými dávkami dlouhodobě působících hnojiv (bez dodatečného hnojení v průběhu vegetační sezony) umožňuje vypěstování výsadby schopných semenáčků, které splňují neopomenutelné parametry kvality sadebního materiálu podle platné ČSN 48 2115.

Doporučeným hnojením substrátu dlouhodobě působícími hnojivy bylo dosaženo těchto morfologických parametrů jednoletých krytokořených semenáčků buku lesního: výška nadzemní části: 33 cm; průměr kořenového krčku: 4,7 mm; poměr objemu kořenů k nadzemním částem: 1,25; věk: 1 rok; nepřipustné deformace kořenových systémů: 2 %.

Statisticky významně na zvyšující dávku hnojiv v substrátu (luxusní hnojení, varianta B) reaguje růst nadzemní části. Naopak poměr objemu kořenových soustav k nadzemní části se snižuje v důsledku relativně vyššího nárůstu nadzemní části. Průměr kořenového krčku se luxusním vyhnojením substrátu nemění, také nenarůstá procento deformací.

Luxusní dávka dlouhodobě působícího hnojiva vede k vyššímu délkovému růstu. Z praktického hlediska jde o prodloužení v průměrné hodnotě 3 cm (výška 33 cm pro variantu A a 36 cm pro variantu B). Tento třicetimetrový výškový rozdíl lze současně z hlediska ekonomických aspektů pěstování sadebního materiálu považovat za nedostatečný efekt luxusního hnojení.

Do jaké míry se promítají různé způsoby a intenzita hnojení při pěstování sadebního materiálu v následném růstu na trvalá stanoviště především při umělé obnově lesa v horských polohách, je předmětem dalšího sledování. Detailně je sledován rozvoj kořenových

Tab. 1.

Přehled variant hnojení při pěstování krytokořených semenáčků buku lesního

Summary of fertilization variants applied to European beech containerized seedlings growing

Varianta/Variant		Použité hnojivo/Fertilizer used	Dávkování hnojiva/Fertilizer dose
A	Průměrná dávka hnojiva v substrátu před výsevem/ Mean dose of fertilizer before sowing	A1 - OSMOCOTE 12 – 14 měsíců/12 – 14 months	4 kg/m ³
		A3 - OSMOCOTE 3 – 4 měsíce/ 3 – 4 months	2 kg/m ³
		A10, 15 - PLANTACOTE 4 měsíce/4 months	2 kg/m ³
		A12, 17 - PLANTACOTE 6 měsíců/6 months	2 kg/m ³
B	Luxusní dávka hnojiva v substrátu před výsevem/ Luxury dose of fertilizer before sowing	B2 - OSMOCOTE 12 – 14 měsíců/12 – 14 months	8 kg/m ³
		B4 - OSMOCOTE 3 – 4 měsíce/3 – 4 months	4 kg/m ³
		B11, 16 - PLANTACOTE 4 měsíce/4 months	4 kg/m ³
		B13, 18 - PLANTACOTE 6 měsíců/6 months	4 kg/m ³
C	Bez hnojiva v substrátu (kontrola)/Without fertilizer in substrate (control)	C5 - foliární výživa/(Wuxal)/foliar nutrition	doporučená dávka na list/recommended leaf dose
		C9 - foliární výživa/(Kristalon)/foliar nutrition	doporučená dávka na list/recommended leaf dose
		C14- foliární výživa/(Kristalon)/foliar nutrition	doporučená dávka na list/recommended leaf dose

soustav a rozrůstání kořenů mimo kořenový bal v podmínkách chudých horských stanovišť v závislosti na intenzitě hnojení ve školce. Cílem bude posoudit, zda na extrémních stanovištích nebude docházet k druhotným deformacím vlivem omezeného rozrůstání kořenů těchto výpěstků.

Poděkování:

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

LITERATURA

- BÁRTOVÁ, A., MAUER, O.: Chemické a mechanické možnosti ovlivnění tvorby kořenového systému lesních dřevin. [Chemical and mechanical possibilities to affect the root system development in forest tree species.] In: Kořenový systém – základ stromu. Sborník referátů z konference. 25. 8. 2004 Křtiny. Brno, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů [2004], s. 92-102. ISBN 80-239-3335-3
- ČSN 48 2115 - Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 2003. 17 s.
- ČSN 48 2115. Změna Z1 - Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 2002. 15 s.
- JURÁSEK, A.: K problematice pěstování sadbového materiálu buku. Zprávy lesnického výzkumu, 34, 1989, č. 4, s. 2-7.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J.: Problematika použití krytokořeného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách České republiky. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. [Kostelec nad Černými lesy], Lesnická práce 2004a, s. 6-15. ISBN 80-86386-51-1
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V.: Testování obalů krytokořeného sadebního materiálu. Lesnická práce, 83, 2004b, č. 4, s. 188-189.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V.: Průvodce krytokořeným sadebním materiálem lesních dřevin. [Containerised planting stock of forest species guidebook]. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2006. 56 s. ISBN 80-86386-78-3
- KUPKA, I.: Zkušenosti s použitím krytokořeného sadebního materiálu z intenzivních technologií ve Skandinávii. [Experiences of containerized seedlings produced in intensive technologies in Scandinavia.] In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Jiloviště-Strnady, VÚLHM-VS Opočno v nakladatelství Lesnická práce, s. r. o., 2004, s. 27-34. ISBN 80-86386-51-1
- MALINOVÁ, M., PROCHÁZKOVÁ, Z., PANÁČKOVÁ, S.: Vliv délky a zakřivení primárního kořínku (radikuly) bukovic a pozice bukovic v substrátu při sázení na možnou tvorbu deformací kořenového krčku bukových semenáčků. [Impact of the length and curving of beechnut radicle and beechnut position on the substrate at sowing on possible root collar deformation of European beech seedlings.] Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006, č. 3, s. 157-161.
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E.: Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. [Kostelec nad Černými lesy], Lesnická práce 2004, s. 22-26. ISBN 80-86386-51-1
- NÁROVEC, V., NÁROVCOVÁ, J.: Stránky o bejlmorce *Contarinia fagi*. In: Škodliví činitelé v lesích Česka 2002/2003. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Praha-Suchbát, 26. 3. 2003. Sest. P. Kapitola. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 2003, s. 74-76.
- NÁROVCOVÁ, J.: Vliv tvarových deformací dřevin na kvalitu zakládání lesních porostů. In: Jurásek a kol.: Periodická zpráva výzkumného záměru za rok 2004 Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí. Opočno 2004.

NÁROVEC, V.: 100x o hnojení v lese. Zásady zlepšování lesních půd a výživy lesních porostů hnojením. [Forest soils fertilization.] 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2001. 31 s. ISBN 80-86386-16-3

SZABLA, K.: Ekonomické aspekty pěstování a použití kontejnerových sazenic v lesním hospodářství. In: Perspektivy pěstování krytokořenného sadebního materiálu v podmínkách České republiky po vstupu do EU. Sborník referátů. Dlouhá Loučka 3. 9. 2003. B. m. n., [2003], [s. 5-13].

The influence of fertilization intensity on European beech containerized seedlings growth

Summary

It is actually possible to grow containerized planting stock free from root deformation provided that the technologies of containerized planting stock production (proved containers with components that prevent from deformation forming, quality air pruning, sowing of beech nuts whose germ length is shorter than 0.5 cm, homogenous substrate etc.) are properly respected. This fact demonstrates detailed assessment of root systems of individual experimental variants, where no root system deformation (deviation in root system architecture) was found. Thus, it is repeatedly confirmed that we can get plantable planting stock of high quality by using intensive silvicultural methods for containerized European beech seedlings growing in forest nurseries. Morphological parameters of produced plants reflect the way and intensity of fertilization used within experiments. Aboveground part growth significantly reacts to increased dose of fertilizer in substrate (luxury fertilizer application, variant B) in a statistical sense. On the contrary, root system volume rate to aboveground part decreases in consequence of relatively higher increment of aboveground part. Root collar mean value does not change after luxury fertilizer application into substrate, and deformation percentage does not increase as well.

Recenzováno

VLIV PROSVĚTLENÍ NA TLOUŠŤKOVÝ PŘÍRŮST BUKOVÉ KMENOVINY

Influence of release treatment on diameter increment of European beech

Abstract

The paper deals with the growth reaction and defoliation of beeches on shelterwood cutting of various intensity on experimental plot Štolpichy. Plot is situated in the Jizerské hory Mts. in mature beech stand with admixture of spruce and sycamore. Different intensity of release treatments divided the stand into 9 plots. For next analysis, the plots were grouped into 5 variants according to the intensity of cutting. Diameter increment reaction and foliage changes were studied during 10-year period. Releasing positively influenced the increment of remaining trees, increment reaction decreased with increasing stand density. Mean diameter increment was 2.4 cm in the 10-year period. Mean foliage decreased from 80% during the 10 years. Defoliation of trees was affected by complex of factors.

Klíčová slova: buk, prosvětlení, tloušťkový přírůst, olistění, stromová třída, Jizerské hory

Key words: European beech, release, diameter increment, foliage, tree classes, Jizerské hory Mts.

ÚVOD

Buk je významná produkční dřevina našich lesů, v přirozené druhové skladbě má dominantní zastoupení (cca 40 %). Zaváděním stejnověkých jehličnatých monokultur se podíl buku ve střední Evropě postupně snižoval, v současné druhové skladbě České republiky jeho podíl mírně přesahuje 6 % (Zpráva o stavu lesa 2006). Buk se významně podílí na plnění dřevoprodukčních i ostatních funkcí lesa. Problematika omezeného využívání bukového dřeva souvisí s nepříznivou sortimentační skladbou a výskytem nepravého jádra. Kvalitu sortimentů i výskyt nepravého jádra lze částečně ovlivnit pěstebními postupy. Pravděpodobnost a rozsah výskytu nepravého jádra u buku se zvyšují s rostoucím věkem, nerovnováhou poměru nadzemní a podzemní části stromů a závisí i na postupech předchozího hospodaření (VON BÜREN 1998). Výběrem kvalitních stromů a jejich následným uvolněním lze předpokládat jejich zvýšený přírůst a tím i dřívější dosažení cílové tloušťky, nebezpečí výskytu nepravého jádra je omezeno vlivem nižšího věku a příznivějším poměrem nadzemní a podzemní biomasy stromů rostoucích ve volném zápoji (KLADTKE 2002).

Rostoucí zájem o zvyšování podílu buku v porostech a rychlé dosažení žádoucích sortimentů s sebou přináší i hospodářské postupy odlišné od klasických. Prosvětlování porostů jako hospodářský postup vede k plnému a často trvalému porušení zápoje v druhé polovině obmýetí, svoji silou přesahuje probírkové zásahy (PEŇÁZ 1994). Cílem pěstebních zásahů ve fázi kmenoviny je dlouhodobá podpora tloušťkového přírůstu vybraných kvalitních stromů v porostní úrovni. Případné využití přirozené obnovy závisí na obnovním cíli a postupech hospodaření. Předmětem příspěvku je zhodnocení vlivu různé síly prosvětlení na tloušťkový přírůst a zdravotní stav bukové kmenoviny na výzkumné ploše Štolpichy v průběhu 10 let po prosvětlení.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Většina dřevin pozitivně reaguje zvýšeným přírůstem na uvolnění, velikost a doba reakce závisí na dřevině, stanovištních podmínkách, síle uvolnění a růstové fázi stromů (ASSMANN 1968). Buk jako polostinná dřevina si dlouhodobě udržuje schopnost pozitivní přírůstové reakce na uvolnění. Četné pokusy potvrdily schopnost přírůstové

reakce bukových porostů na prosvětlení i ve vysokém věku. Poznatky o přírůstové reakci jednotlivých stromů na uvolnění jsou omezené (BÖRNER 1997). Dosavadní pěstební postupy používané v bukových porostech byly orientovány na pěstování dlouhých kvalitních kmenů. Dlouhá doba obmýetí nutná pro dosažení dimenzí požadovaných sortimentů zvyšuje nebezpečí výskytu nepravého jádra. Prosvětlování starších porostů bylo prováděno většinou v souvislosti s následnou obnovou nebo předržením vybraných stromů pro dosažení sortimentů požadovaných rozměrů. Pěstováním bukových porostů ve volnějším zápoji se podporují větší koruny vybraných stromů, jejich zvýšený přírůst umožňuje zkrácení doby pro dosažení vhodných dimenzí. Buk reaguje na uvolnění koruny zvýšením přírůstu i ve značně vysokém věku a vyplňuje uvolněný prostor. Značná přírůstová schopnost a plasticita růstu buku až do vysokého věku slibují možný přírůstový potenciál. Naopak silné prosvětlování starších porostů zvyšuje vytváření výrazně asymetrických korun a tím i nebezpečí výskytu vad (DEBELJAK, MLINŠEK 1998).

Dřívější pokusy s prosvětlováním bukových porostů v Evropě byly orientovány na produkci silných sortimentů, prodloužení produkce a snahu o celkové zvýšení produkce. Bukové porosty jsou schopny pozitivně reagovat na prosvětlení až do vysokého věku. Trvalým snížením výčetní základny pod kritickou mez dochází logicky k snížení produkce, vyšší přírůst uvolněných stromů nedokáže nahradit redukcí těžbou (ASSMANN 1968). Produkce silných sortimentů závisí na způsobu a síle prosvětlení, věku a plánovaném obmýetí porostů. Poznatky o způsobu prosvětlení (náhlé nebo postupné) se částečně rozcházejí, některé stromy mohou reagovat na náhlé uvolnění nepříznivě (PARKÁN 1961). Efekt silných zásahů v dospívajících bukových porostech na výzkumných plochách v Německu hodnotil WIEDEMANN (1943). Přestože došlo k zvýšení přírůstu uvolněných stromů, porostní přírůsty reagovaly na redukcí G (průměrně o 25 %) snížením přírůstu o 10 – 20 %. Negativní přírůstová reakce po náhlém prosvětlení byla výraznější než při prosvětlování pozvolném. Různí autoři udávají zvýšení tloušťkového přírůstu stromů po uvolnění v rozmezí 0,5 – 6 mm ročně v závislosti na síle prosvětlení, pozici a vitalitě stromu, stanovištních a klimatických podmínkách. Variabilita přírůstu omezuje možnost stanovení jednoznačných pěstebních postupů v těchto porostech (BÖRNER 1997, DHÔTE 1994, 1996, ŠTEFANČÍK 1994).

Tab. 1.

Rozměry středního kmene a charakteristika těžebního zásahu jednotlivých ploch (v závorce směrodatná odchylka hodnot)
Mean stem dimensions and characteristics of cutting on variants (standard deviation in brackets)

Plocha/Plot	d před těžbou/ DBH before cut (cm)	d po těžbě/ DBH after cut (cm)	Výška/ Height (m)	Redukce N/ Tree cut (%)	Redukce G/Basal area cut (%)	Varianta zásahu/ Variant
2	41,6 (9,5)	50,2 (6,1)	28,3	54	40	silný/heavy
3	40,4 (11,8)	47,9 (11,0)	27,9	51	33	střední/mean
4	41,5 (10,7)	47,0 (9,7)	28,2	42	28	střední/mean
5	42,4 (10,1)	42,9 (9,8)	28,5	2	3	kontrola/control
6	38,8 (10,4)	42,2 (9,6)	27,9	26	15	slabý/weak
7	37,6 (12,0)	41,4 (12,3)	27,5	43	33	kotlíky/gaps
8	37,5 (9,8)	39,5 (10,9)	27,6	38	32	kotlíky/gaps
9	34,3 (8,9)	36,6 (9,5)	27,2	28	22	slabý/weak

Novější experimenty s uvolňováním buku v Německu jsou zaměřeny na produkci požadovaných sortimentů při zkráceném obmýti a omezení výskytu nepravého jádra (KLÄDKE 1997). Pěstováním stromů ve volném zápoji se vytváří mohutnější koruny, které zajistí odpovídající tloušťkový přírůst uvolněných stromů. Opakovaným uvolňováním kvalitních jedinců lze docílit produkci sortimentů s tloušťkou 60 cm v obmýti 90 let (KLÄDKE 2002, GUERICKE 2002, HAYWOOD 2002).

V našich podmínkách publikoval prvotní výsledky pokusu s různou silou prosvětlení v dospívající bukové kmenovině JURČA (1961). Redukce porostní zásoby o 10 – 40 % se v následném 7letém období výrazněji neprojevovala na poškození porostu sněhem a větrem. Tloušťkový přírůst vybraných uvolněných stromů se zvyšoval s rostoucím prosvětlením (JURČA 1961). Problematika výchovy bukových porostů byla dlouhodobě řešena zejména na Slovensku (opakovaně ŠTEFANČÍK, ŠEBÍK), kde byl rozsáhlý projekt k problematice prosvětlování kmenovin založen v Kremnických vrších v roce 1989. Experiment sleduje vliv různého prosvětlení na jednotlivé složky dospívajícího bukového porostu. Těžebním zásahem různé síly na dílčích plochách (úprava zakmenění na hodnotu 0 (holina), 0,3 (silný zásah), 0,5 (středně silný zásah), 0,7 (mírný zásah) a 0,9 (kontrolní plocha bez zásahu)) se upravily četnosti stromů, zastoupení stromových tříd a kvalita porostu. Při těžbě byly přednostně odstraňovány stromy nižších stromových tříd, nekvalitní a poškozené. Na objektu je sledován vliv různě silného těžebního zásahu na tloušťkový přírůst (BARNA, MARUŠÁK 2003, JEŽÍK 1998, 1998a), zdravotní stav porostů (ŠTEFANČÍK, CÍČÁK 1993) a další porostní charakteristiky (např. BARNA 2000).

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumná plocha Štolpichy založená na podzim 1997 leží v nadmořské výšce 580 m na SZ úbočí Jizerských hor nad obcí Hejnice. Plocha leží na okraji NPR Jizerskohorské bučiny; realizovaný postup hospodaření je v souladu s plánem péče daného území (VACEK, PODRÁZSKÝ, SOUČEK 1996). Buk má v porostu dominantní zastoupení, javor a smrk tvoří jednotlivou příměs. Původně přimíšený smrk byl z porostu postupně odstraňován v 80. letech v důsledku zhoršeného zdravotního stavu, zakmenění v době zakládání plochy kolísalo od 0,65 do 0,78. Tabulkový věk porostu byl 125 let, absolutní výšková bonita 26. Výchozí stav porostu odpovídal stanovištním podmínkám a věku (VACEK, SOUČEK, PODRÁZSKÝ 1999). Půdní podmínky na

lokalitě lze charakterizovat jako oligotrofní kambizem s odpovídající zásobou živin, matečnou horninu tvoří středně zrnitý granodiorit. Na prameništích a vodou ovlivněných místech je limitující hladina vody v půdě. Typologicky plocha patří k SLT 5Y a 5A; tyto SLT v NPR Jizerskohorské bučiny dominují (60 %). Území patří do chladné klimatické oblasti. Díky umístění na úbočí hor jsou srážky dostatečné (nad 1 000 mm), průměrná roční teplota přesahuje 7 °C. Vliv imisí v těchto polohách není výrazný, modelová roční depozice síry daného území nepřesahuje 30 kg/ha (SLODIČÁK et al. 2005).

Cílem experimentu je zhodnocení přírůstové reakce a zdravotního stavu bukové kmenoviny na různou sílu prosvětlení. Při založení plochy v roce 1997 bylo u jednotlivých stromů provedeno měření výčetní tloušťky, rozměrů koruny ve čtyřech směrech, cenotické postavení podle KONŠELA (1931) a určeny souřadnice stromů. Pro sestrojení výškové křivky a délky koruny bylo změřeno odpovídající množství stromů v jednotlivých tloušťkových stupních. Pro dílčí plochy byly vypočítány základní porostní charakteristiky. Těžebním zásahem v zimě 1997/1998 byl porost podle síly zásahu rozdělen na 9 dílčích ploch. Plochu č. 1 tvoří okrajová clonná seč, na plochách č. 2 - 9 byl realizován různě silný těžební zásah. Plocha č. 5 byla ponechána jako kontrola (pouze nahodilá těžba). Na plochách č. 7 a 8 byly vloženy kotlíky rozdílné velikosti a tvaru, prosvětlení na ostatních plochách bylo clonné (tab. 1). Těžbou byly přednostně odstraňovány nekvalitní stromy nižších stromových tříd, s rostoucí silou zásahu se zvyšoval i podíl odstraněných stromů hlavní úrovně.

Opakované biometrické měření (tloušťka, výška) nepoškozených živých stromů proběhlo v letech 2002 a 2007. Hodnocení zdravotního stavu a olistění proběhlo každoročně ve sledovaném období na konci srpna podle metodiky ICP Forests. Ve smyslu metodiky byly do hodnocení zahrnuty jedinci 1. - 3. stromové třídy. Při hodnocení bylo uvažováno výškové postavení stromů v porostu a s tím spojená potenciální kvalita koruny.

Při vlastním hodnocení vlivu těžebního zásahu na přírůstovou reakci a olistění byla vyloučena plocha č. 1 s nízkým počtem stromů, ostatní plochy byly spojeny do skupin podle podílu odstraněné výčetní základny (tab. 1). Hodnocení tloušťkového přírůstu podle stromových tříd zahrnovalo pouze buk rostoucí v nadúrovni a hlavní porostní úrovni. Přimíšené dřeviny a buky nižších stromových tříd byly pro nízký počet z detailního hodnocení vyloučeny, nízké zastoupení na jednotlivých plochách způsobuje výrazné kolísání středních

Tab. 2.

Střední tloušťka a rozdělení četností (%) jednotlivých stromových tříd na variantách ploch (směrodatná odchylka tlouštěk v závorce)
Mean diameter and frequency (%) of tree classes on variants (standard deviation for DBH in brackets)

Varianta/Variant	Před těžbou/Before cut							Po těžbě/After cut						
	N	tloušťka/DBH	stromová třída/ tree class					N	tloušťka/DBH	stromová třída/tree class				
	ks/ha	(cm)	1	2a	2b	3	4	ks/ha	(cm)	1	2a	2b	3	4
kontrola/control	177	42,4 (10,5)a	29	47	17	7		167	42,9 (9,8)	29	50	16	5	
kotlíky/gaps	179	37,3 (11,4)b	17	52	22	8	1	100	39,7 (12,2)	24	51	15	8	2
slabý/weak	185	36,4 (10,7)b	16	52	21	10	1	132	39,0 (10,3)	20	52	20	8	
střední/mean	173	40,9 (11,3)a	21	51	20	8		90	47,4 (10,3)	37	54	8	1	
silný/heavy	174	42,3 (9,9)a	32	41	20	7		77	50,2 (6,1)	59	30	7	4	

Různá písmena u tlouštěk před zásahem představují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti 0,05./Various letters at DBH before cut mean statistically significant differences among individual variants on significance level 0.05.

hodnot na základě změny několika málo stromů. Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly testovány metodou analýzy variance statistickým programem NCSS. Porovnání jednotlivých variant bylo provedeno testem Tukey-Kramer.

VÝSLEDKY

Dimenze středního kmene před těžbou odpovídaly tabulkovým hodnotám pro daný věk, druhovou skladbu a stanovištní podmínky (tab. 1). Výchozí tloušťka středního kmene porostu byla 39,5 cm, výška 28,3 m (horní výška 31,5 m). Nižší rozměry středního kmene na variantách Slabý a Kotlíky ovlivňoval menší podíl nadúrovňových stromů, střední tloušťky na těchto variantách se statisticky lišily od ostatních (tab. 2). Různá síla těžebního zásahu na jednotlivých plochách upravila tloušťku středního kmene a variabilitu hodnot. Těžební zásah přednostně odstraňoval stromy nižších stromových tříd, nemocné a poškozené, na kontrole těžba tvořila pouze sanitární výběr. Díky vyrovnané korunové výšce porostu se střední výška těžebním zásahem výrazněji nezměnila, početní posuny výšek na jednotlivých plochách nepřesáhly chybu měření (0,5 m).

Těžbou převážně slabých stromů došlo na jednotlivých plochách k logickému nárůstu střední tloušťky, vytvořením maloplošných kotlíků (varianta Kotlíky) se střední tloušťka změnila minimálně. Výchozí stav rozdělení stromů do stromových tříd před těžebním zásahem odpovídal bukové kmenovině. Počty stromů v hlavní vrstvě (stromová třída 1 a 2a) na jednotlivých variantách dosahovaly cca 70 %, výskyt nižších stromových tříd byl omezený (tab. 2). Pouze na variantě Slabý podíl stromů vrůstavých a zastíněných, životaschopných přesahoval 10 %. Výrazně vyšší podíl nadúrovňových stromů byl na variantách Silný a Kontrola. Po těžebním zásahu zůstal zachován podíl stromů třídy 2a na jednotlivých plochách. Pouze na variantě Silný došlo těžbou ke snížení podílu všech stromových tříd mimo nadúrovňových, na ploše zůstalo pouze 27 stromů. Podíl nadúrovňových stromů se po těžbě logicky zvýšil na všech variantách (tab. 2).

Přírůstová reakce jednotlivých stromů na uvolnění značně kolísala v závislosti na síle a charakteru prosvětlení, sociálním postavení stromů a proměnlivosti. Střední tloušťkový přírůst celého porostu v první periodě (1997 – 2002) dosahoval 1,14 cm (Sx 0,68), v druhé periodě (2003 – 2007) 1,29 cm (Sx 0,96). U některých stromů nebyl ve sledovaném období zaznamenán měřitelný tloušťkový přírůst, maximální tloušťkový přírůst v první periodě dosahoval 3,4 cm, v dru-

hé až 5,6 cm. V obou sledovaných obdobích byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly tloušťkového přírůstu podle síly prosvětlení porostu, s rostoucí silou zásahu se zvyšovala i přírůstová reakce. Nejnižší tloušťkový přírůst vykazovala v obou periodách kontrolní plocha bez zásahu, tloušťkový přírůst na variantě Slabý byl v jednotlivých obdobích srovnatelný s kontrolou (tab. 3). Snížení G o cca 20 % převážně těžbou slabých stromů se neprojevilo zvýšením tloušťkového přírůstu ponechaných stromů. Nejsilněji prosvětlená varianta vykazovala nejvyšší tloušťkový přírůst, rozdíly mezi přírůsty na variantách Střední a Silný však nebyly statisticky průkazné. Varianta Kotlíky vykazovala srovnatelný tloušťkový přírůst jako stejně silně prosvětlená varianta s clonnou sečí (tab. 3)

Střední tloušťkový přírůst jednotlivých stromových tříd klesal v závislosti na postavení stromů v porostu (obr. 1). V první periodě byl u nadúrovňových stromů nejvyšší přírůst zaznamenán na variantě Kotlíky. Na variantách Střední a Kontrola byl přírůst srovnatelný, na variantě Slabý přírůst dokonce mírně poklesl. Přírůst v druhé periodě měl obdobné hodnoty, varianta Kotlíky i přes nižší prosvětlení vykazovala vyšší přírůst než nejsilněji prosvětlená plocha. Většina nadúrovňových stromů měla odpovídající růstové podmínky a na uvolnění již nebyla schopna výrazněji reagovat zvýšením tloušťkového přírůstu. Uvolněním stromů hlavní úrovně (2a) se zvýšil jejich přírůst na všech plochách ve srovnání s kontrolou. Přírůst se zvyšoval s prosvětlením, nejsilněji prosvětlená varianta vykazovala nižší přírůst než varianta Kotlíky. V druhé periodě zaznamenaly úrovně stromy další zvětšení přírůstu s výjimkou varianty Silné. Střední přírůst stromů 2a v druhé periodě na variantě Kotlíky převýšil přírůst nadúrovňových stromů na variantách Kontrola a Slabé. Stromy třídy 2b v první periodě reagovaly na uvolnění pouze mírně. Výraznější zvýšení přírůstové reakce na uvolnění nastalo až v druhé periodě, opoždění přírůstové reakce je logické s ohledem na předchozí postavení stromů a nutnost adaptace na realizované uvolnění. U všech stromových tříd se v druhé periodě výrazněji zvýšila variabilita hodnot (obr. 1). Nižší hodnoty přírůstu jednotlivých stromových tříd na nejsilněji prosvětlené ploše pravděpodobně ovlivnil nízký počet stromů a značná variabilita.

Vývoj olistění

Nižší nadmořská výška sledovaného porostu, vhodné stanovištní podmínky a průběh reliéfu omezují působení nepříznivých faktorů. Výchozí olistění celého porostu v roce 1997 bylo 91 %, buk jako dominantní dřevina měl shodné olistění (tab. 4). Střední hodnoty olistění

Tab. 3.

Periodický střední tloušťkový přírůst (cm/5 let) v jednotlivých obdobích (směrodatná odchylka)

Periodic mean diameter increment (cm/5 years) in periods (standard deviation in brackets)

Varianta zásahu/ Variant	Perioda měření/Measurement periods	
	1997 - 2002	2003 - 2007
kontrola/control	0,98 (0,68) a	1,01 (0,79) a
slabý/weak	0,99 (0,62) a	1,13 (0,90) ab
kotlíky/gaps	1,35 (0,75) b	1,57 (1,20) bc
střední/mean	1,29 (0,51) b	1,48 (0,74) b
silný/heavy	1,52 (0,60) b	1,52 (1,02) bc

Různá písmena u tlouštěk před zásahem představují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami na hladině významnosti 0,05./Various letters at DBH before cut mean statistically significant differences among individual variants on significance level 0.05.

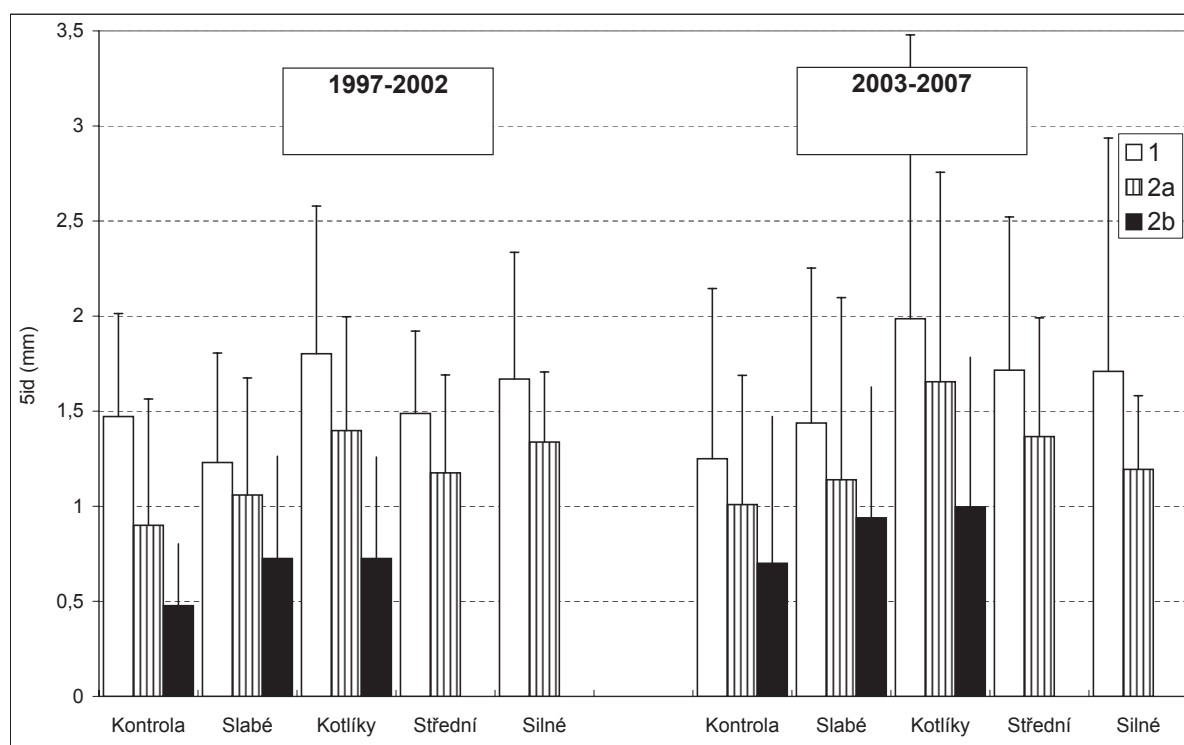
u smrku a javoru jsou ovlivněny nízkým zastoupením obou dřevin, pokles olistění u jednotlivých stromů způsobuje výrazné kolísání hodnot (např. smrk rok 2000, 2002). Přestože těžbou v zimě 1997/1998 byly přednostně odstraňovány méně kvalitní stromy v podúrovni, početním vyloučením těžných stromů v zimě 1997/1998 se výchozí olistění v roce 1997 zvýšilo pouze mírně (91,9 %). Různá síla zásahu na jednotlivých plochách výrazně upravila podmínky prostředí, pokles průměrného olistění v roce 1998 však nelze vysvětlit pouze jako reakci porostu na těžební zásah. Průměrné olistění stromů 1. stromové třídy pokleslo výrazněji než stromů hlavní úrovně. Část listů původně založených jako stinné vykazovala vlivem nadměrného ozáření nekro-

tické poškození okrajů. Po odeznění negativní reakce na těžební zásah nebyly na jednotlivých plochách zjištěny nějaké výraznější vztahy mezi silou realizovaného těžebního zásahu, hodnotou olistění a jeho následným vývojem. V následném období mělo olistění přes kolísavý průběh sestupný trend, minimální hodnota byla zjištěna v roce 2002. V dalším období střední hodnota olistění kolísala okolo 80 %. Průběh olistění ve sledovaném období ovlivňovaly klimatické podmínky v jednotlivých letech, výskyt suchých period, poškozování listů (opakovaně bejdomorka) a další faktory. Javor měl srovnatelné olistění s bukem, výrazně nižší hodnoty olistění smrku ovlivňuje i boční tlak korun sousedních buků (tab. 4).

Olistění stromů se snižovalo s klesajícím cenotickým postavením stromů. Dominantní stromy (stromové třídy 1 a 2a) po celou dobu vykazovaly vyšší hodnoty olistění než stromy subdominantní (stromové třídy 2b a 3). Rozdíly mezi oběma skupinami stromů se postupně snižovaly, po roce 2005 nebyly rozdíly statisticky průkazné na hladině významnosti ($\alpha = 0,05$). Nízká četnost ponechaných stromů 3. stromové třídy negativně ovlivňuje průběh olistění. Postupné odumírání 1 stromu výrazně snižovalo střední hodnoty olistění do roku 2000. V následném období se olistění vrůstáných stromů postupně stabilizovalo, vykazuje ale nižší hodnoty ve srovnání se stromy vyšších stromových tříd (tab. 4).

DISKUSE

Zahraniční poznatky k problematice prosvětlování dospělých bukových porostů se většinou týkají příznivějších růstových podmínek. Uváděné hodnoty tloušťkového přírůstu po prosvětlení (až 6 mm ročně) je možné u nás dosáhnout pouze na nejlepších bonitách v mladších porostech (KLÁDKE 2002, JEŽÍK 1998a). Zjištěná přírůstová reakce



Obr. 1.

Střední tloušťkový přírůst buku podle stromových tříd

Mean diameter increment of beech according the tree classes

Tab. 4. Střední hodnoty olistění podle dřevin, olistění buku na jednotlivých plochách a podle stromových tříd (směrodatná odchylka hodnot olistění v závorkách)
Mean foliage of species, beech foliage on plots and according the tree classes (standard deviation of foliage in brackets)

Rok/ Year	Dřevina/Species			Varianta zásahu/Variant				Stromová třída/Tree class				
	buk/beech	smrk/ spruce	javor/sycamore	kontrola/control	kotlíky/gaps	slabý/weak	střední/mean	silný/heavy	1	2a	2b	3
1997	91,0(8,1)	73,9(12,4)	92,1(5,4)	90,3(12,7)	90,4(9,0)	90,8(7,4)	91,7(5,0)	92,2(6,2)	95,0(4,5)	92,4(4,4)	87,5(8,9)	79,9(15,7)
1998	86,9(9,7)	75,6(12,1)	85,3(8,3)	88,6(14,2)	84,1(9,4)	86,5(8,5)	88,8(5,9)	89,1(7,7)	88,7(8,1)	88,5(6,2)	84,3(8,0)	71,3(21,6)
1999	90,0(10,3)	76,7(13,1)	89,5(7,2)	93,3(10,6)	87,7(10,0)	88,4(9,4)	91,8(12,0)	91,2(6,5)	91,6(10,6)	91,9(5,7)	86,1(8,6)	73,8(21,0)
2000	84,2(10,5)	67,2(25,6)	82,6(14,0)	86,8(10,3)	81,7(12,3)	82,7(11,1)	85,3(7,0)	88,5(5,9)	87,4(7,7)	85,7(6,9)	79,4(8,3)	66,4(24,2)
2001	82,7(9,5)	75,6(8,1)	80,3(18,4)	83,7(11,4)	82,1(9,8)	83,7(9,7)	81,4(6,8)	81,4(7,7)	83,5(9,0)	84,2(6,8)	80,3(7,7)	69,3(20,4)
2002	78,6(10,1)	69,4(17,9)	71,6(25,7)	81,2(7,3)	78,8(8,4)	75,9(11,8)	79,2(11,4)	81,2(7,5)	79,5(10,6)	79,1(9,9)	76,5(8,8)	74,5(10,9)
2003	79,8(7,9)	75,6(8,1)	80,0(7,5)	83,1(4,4)	78,3(8,2)	78,4(9,6)	80,7(5,7)	80,4(7,4)	80,5(7,9)	80,3(7,6)	78,4(6,9)	74,8(10,6)
2004	81,6(6,5)	74,4(9,5)	81,5(6,1)	82,5(3,3)	81,5(9,2)	81,1(6,7)	81,9(4,4)	81,3(4,2)	82,8(6,7)	81,9(4,1)	79,8(7,4)	75,5(13,8)
2005	80,0(8,3)	72,5(11,7)	80,6(6,4)	82,5(6,0)	80,1(9,3)	81,6(7,6)	76,5(7,9)	76,9(8,7)	80,2(8,2)	80,9(6,2)	78,7(10,4)	73,6(14,6)
2006	81,1(8,0)	71,9(13,0)	81,5(7,4)	83,4(5,3)	80,9(9,4)	81,9(7,6)	79,7(7,6)	77,0(9,0)	81,2(9,3)	82,0(6,0)	79,4(8,9)	76,0(12,5)
2007	81,2(7,4)	72,9(13,6)	76,8(7,1)	83,3(4,1)	80,6(7,9)	81,2(7,1)	80,0(9,4)	81,2(6,3)	81,6(6,9)	81,8(6,7)	80,2(7,7)	75,0(12,1)

(2 - 3 mm ročně) odpovídá stanovištním podmínkám a věku porostu. Rozdíly mezi různě silně prosvětlenými variantami na sledované ploše byly malé. Pouze část stromů reagovala na uvolnění výraznějším zvýšením tloušťkového přírůstu. Jednotlivé varianty uvolnění vykazují statisticky průkazné rozdíly, rozdíly vykazují i stromové třídy. Rozdílnou přírůstovou reakci jednotlivých stromových tříd zjistili také ŠTEFANČÍK (1994) a JEŽÍK (1998a) na experimentu v Kremnických vrších. Největší přírůst vykazovaly uvolněné úrovně stromy s kvalitní korunou. Vyšší rozdíly mezi přírůstem jednotlivých stromových tříd na plochách v Kremnických vrších lze vysvětlit výraznějším prosvětlením a nižším věkem porostu (JEŽÍK 1998a). Obdobné výsledky s výraznou přírůstovou reakcí dominantních buků ve věku 130 – 160 let zjistili analýzou vývrtů FRANZ et al. (1989). Šetření BÖRNERA (1997) potvrdilo značnou variabilitu přírůstové reakce na uvolnění u různých silných stromů na jednotlivých plochách.

Názory na možnou změnu vitality stromů po uvolnění se rozcházejí. ROLLOFF (1984) upozorňuje na nebezpečí odumírání jednotlivých buků jako následek silného rozvolnění bukových kmenovin, dřívější šetření nepotvrdilo výraznější šok ve vitalitě po uvolnění buků MITSCHERLICH (1954). Změna světelných a mikroklimatických podmínek spolu se snížením konkurence se na sledované lokalitě projevila i na hodnotách olistění. Poznatky o poklesu hodnot olistění při poklesu zakmenění zjištěné v Kremnických vrších (ŠTEFANČÍK, CÍČÁK 1993) se na sledované ploše nepodařilo prokázat.

ZÁVĚR

Výsledky dosavadních experimentů s prosvětlováním mýtních bukových porostů potvrdily schopnost přírůstu buku po uvolnění do vysokého věku. Přírůst uvolněných buků však značně kolísal v závislosti na stanovištních a porostních podmínkách, síle způsobu uvolnění a vitality uvolněných stromů. Bukový porost s jednotlivou příměsí dalších dřevin na lokalitě Štolpichy reagoval zvýšeným přírůstem na rostoucí sílu zásahu. Přírůstová reakce jednotlivých stromových tříd se lišila, nejvýraznější přírůstovou reakci na uvolnění vykazovaly stromy hlavní úrovně s dostatečně vyvinutou korunou. Nadúrovně stromy nebyly schopny výrazněji využít další uvolnění na zvýšení přírůstu. Přírůst původně potlačených stromů po uvolnění se výrazněji nezměnil. Pokles průměrného olistění stromů na lokalitě Štolpichy se postupně zastavil a stávající hodnoty dosahují cca 80 %. Vliv různě silného prosvětlení na následný vývoj olistění se nepodařilo prokázat. S klesající stromovou třídou se postupně snižuje i průměrné olistění buku.

Poznatky o přírůstové reakci buku na uvolnění lze úspěšně využít při obnovních zásazích a prosvětlování porostů. Stromy reagují na uvolnění zvýšením tloušťkového přírůstu, postupně rozrůstání korun, zvýšení vitality a plodivosti se příznivě projevují i na výskytu přirozené obnovy. Včasným uvolňováním dominantních buků se symetrickými korunami lze dosáhnout požadovaného zkrácení doby obměty a tím i poklesu nebezpečí snížené kvality dřeva. Zjištěné poznatky lze aplikovat i při transformaci stávajících jehličnatých porostů s jednotlivou příměsí buku. Po uvolnění těchto stromů lze předpokládat postupné zlepšování stability porostů a zvýšení potenciálu přirozené obnovy přimíšených dřevin.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován na základě šetření provedených v rámci dlouhodobého výzkumného záměru Mze ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ASSMANN, E.: Náuka o výnose lesa. Bratislava: Príroda, 1968. 487 s.
- BARNA, M.: Impact of shelterwood cutting on twig growth in predominant beech in predominant beech trees (*Fagus sylvatica* L.). Ekologia (Bratislava), 2000, roč. 19, č. 4, s. 341-353.
- BARNA, M., MARUŠÁK, R.: Diameter structure of a beech parent stand at shelterwood cut phases. Folia oecologica, 2003, vol. 30, no. 2, s. 91-98.
- BÖRNER, M.: Zu Wachstum und Wachstumsreaktion der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) nach Freistellung im fortgeschrittenen Alter. LINCOM Studien zur Forstwissenschaft, 1997, 03, 197 s.
- DEBELJAK, M.; MLINŠEK, D.: Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) und ihr Reaktionsvermögen. Schweiz. Z. Forstw., 1998, vol. 149, no. 2, s. 71-86.
- DHÔTE, J. F.: Hypothesis about competition for light and water in even-aged beech (*Fagus silvatica* L.). Forest Ecology and Management, 1994, vol. 69, s. 219-232.
- DHÔTE, J. F.: A model of even-aged beech stands productivity with process based interpretations. Annales des Sciences Forestieres, 1996, vol. 53, s. 1-20.
- FRANZ, F., PRETZSCH, H., NÜSSLEIN, S.: Strukturentwicklung und Wuchsverhalten von Buchenbeständen in der Verjüngungsphase. AFJZ, 1989, vol. 160, no. 6, s. 114-123.
- GUERICKE, M.: Untersuchungen zur Wuchsdynamik der Buche. Waldwachstumskundliche Beobachtungen und waldbauliche Konsequenzen auf Grundlage langfristig beobachteter Durchforstungsversuche. Forst und Holz, 2002, no. 11, s. 231-237.
- HAYWOOD, A.: Growth of advanced European beech trees in the transformation phase in the southern Black Forest. Freiburg, 2002. 152 s.
- JEŽÍK, M.: Vplyv sily zásahu v bukovej kmeňovine na vývoj biomerických a morfológických znakov stromov. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 1998, roč. 44, č. 5, s. 329-343.
- JEŽÍK, M.: Vplyv denzity a sociologického postavenia stromov na hrobkový prírastok bukovej kmeňoviny. In: Lesy a lesnícky výskum pre tretie tisícročie. 11. - 14. októbra 1998, Zvolen, 1998a. s. 459-463.
- JURČA, J.: Prosvětlování jako základní problematika v dozrávajících porostech. Sborník československé akademie zemědělských věd. Lesnictví, 1961, č. 4, s. 401-412.
- KLÄDTKE, J.: Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. AFZ/Der Wald, 1997. no. 52, s. 1019-1023.
- KLÄDTKE, J.: Wachstum grosskroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen. Forstarchiv, 2002, vol. 73, s. 211-217.
- KONŠEL, J.: Stručný nástin tvorby a pěstění lesů. Písek: Matice lesnická, 1931. 552 s.
- MITSCHERLICH, G.: Der Einfluss der Bestandesdichte auf den Zuwachs der Rotbuche in Nord- und Westdeutschland. Forstwiss. Centralblatt, 1954, s. 194-210.
- PARKÁN, J.: Vliv prosvětlování na kvantitativní i kvalitativní přírůst stejnověkých porostů. Práce VÚL ČSSR, 1961, vol. 21, s. 31-79.
- PEŇÁZ, J.: Prosvětlování porostů. In: Lesnický naučný slovník, Praha: MZe ČR, 1994. s. 140.
- ROLOFF, A.: Nur zwei trockene Sommer oder mehr? Zur Bestimmung der Ursache derzeitiger Kronendürre und Absterbeerscheinungen in Buchenbeständen. Forst und Holz, 1984, vol. 39, no. 14-15, s. 364-366.
- SLODIČÁK, M. et al.: Lesnické hospodárení v Jizerských horách. Edice Grantové služby LČR, 2005. 232 s.
- ŠTEFANČÍK, I.: Vplyv ťažbovo-obnovného zásahu na štruktúru a hrobkový prírastok bukovej kmeňoviny. Lesnícky časopis - Forestry Journal, 1994, roč. 40, č. 4, s. 285-295.
- ŠTEFANČÍK, I., CÍČÁK, A.: Dynamika vývoja zdravotního stavu buka po ťažbovo-obnovnom zásahu roznej sily. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 1993, roč. 39, č. 5, s. 395-404.
- VACEK S., PODRÁZSKÝ V., SOUČEK J.: Plán péče o národní přírodní rezervaci Jizerskohorské bučiny (stávající NPR Špičák, Stržový vrch, Poledník, Štolpichy, Frýdlantské cimbuří, Paličník, Tišina) na období 1997 – 2011. Liberec: SCHKO ČR – CHKO JH, 1996. 33 s. + 147 s. příloh.
- VACEK, S., SOUČEK, J., PODRÁZSKÝ, V.: Porostní poměry, obnova a stabilizace komplexu Jizerskohorských bučin. Sborník Severočeského Muzea – přírodní vědy. Liberec: 1999, č. 21, s. 17-44.
- VON BÜREN, S.: Buchenrotkem: Erkennung, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 1998, vol. 149, s. 955-970.
- WIEDEMANN, E.: Lichtungsbetrieb und ungleichaltrige Bestandesformen im reinen Buchenbestand. Zeitschrift für gesamte Forstwesen, 1943, č. 5, s. 227-243.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005. Praha: MZe, 2006. 136 s.

Influence of release treatment on diameter increment of European beech

Summary

According to release treatments within a homogeneous mature beech stand in 1997 nine canopy-different plots were established on the Štolpichy experimental plot. The aim of the experiment is to reveal growth response to the release treatments, development of health status and site-related treatments promoting natural regeneration. Prior to cutting, there were measured biometric characteristics of the stand; repeated investigations of radial increment were conducted in 2003 and 2007. Foliage was recorded in accordance with the ICP Forests principles every year. Rate of the release treatment affected the individuals left in the stand in terms of increased radial increment. Basal area of suppressed trees reduced by 20% did not affect the diameter increment compared to control plot. Comparable intensity of both shelter-wood and gap-felling variants led to higher radial increment in gap-felling one. The increment of trees depended on their social status. Therefore the dominant individuals with large crowns responded to release treatment more slowly in their diameter growth than large-crown individuals from general level of upper canopy. More suppressed trees responded even later. The initial foliage of the stand exceeded 90%. Mean foliage fell immediately due to cutting, climatic conditions and pests. The mean foliage decreased in the course of our investigation being stabilized around 2002 at the value of 80%. Sycamore maple shows similar foliage while low spruce foliage seems to be affected by social status of individuals within the stand. The higher values of foliage were found in dominant trees rather than in subdominant ones.

Recenzováno

PŘÍZEMNÍ VEGETACE A VÝSKYT A VÝVOJ PŘIROZENÉ OBNOVY BUKU NA LOKALITĚ PTAČÍ KUPY V JIZERSKÝCH HORÁCH

Ground vegetation, occurrence and development of natural beech regeneration in locality Ptačí kupy in the Jizerské hory Mts.

Abstract

Early stadium of natural regeneration of beech with respect to forest weed species was investigated in the rests of beech or beech with spruce forest stands in the summit part of the Jizerské hory Mts. (Czech Republic). The survival, growth and deer browsing of beech seedlings in *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa* and on litter were compared. There were found differences in survival and growth of seedlings in variants of plant cover but in most cases not statistically significant. Intensity of deer browsing had no relation to forest weed species.

Klíčová slova: buk, přirozená obnova, horské lesy, druhy buřeně

Key words: European beech, natural regeneration, mountain forests, forest weed species

ÚVOD

Významným biotickým faktorem, který ovlivňuje úspěšnost přirozené i umělé obnovy, je bylinná vegetace – buřeně (DUŠEK in LOKVENC et al. 1992). V pracích je hodnocen jak vliv metličky křivolaké, borůvky, nejčastěji se však vyskytuje hodnocení negativního působení porostů třtiny *Calamagrostis villosa* (JANÍK 1998, VACEK, SOUČEK 2001, ŠERÁ et al. 2000, KOOLJMAN et al. 2000). Je popisována jak konkurence v kořenovém, tak nadzemním prostoru – stíněním i mechanicky zaleháváním především za spolupůsobení sněhu.

Cílem tohoto příspěvku je posoudit míru ovlivnění výskytu a vývoje přirozené obnovy buku v horních partiích Jizerských hor typem přízemní vegetace.

ROZBOR PROBLEMATIKY

V přirozené druhové skladbě představoval buk svými více jak 40 % nejrozšířenější dřevinou na území našeho státu. V současné době je jeho udávané zastoupení 6,6 %, cílem však je ho navýšit na 18 % (MZe 2006).

Výškové optimum pro buk v České republice se pohybuje od 500 do 800 m n. m., vyskytuje se však zhruba od 300 do 1 000 m n. m. (KOBLÍŽEK 1990). Jen velmi ojediněle sahají porosty s bukem až k horní hranici lesa (VACEK, VAŠINA, BALCAR 1988).

Limitujícími faktory pro výskyt buku jsou srážky pod 250 mm v období květen až září a vegetační doba kratší než 5 měsíců, stanoviště s vysokou hladinou podzemní vody, podmáčená stanoviště, ale i příliš suché půdy, mělké půdy bez možností růstu kořenů šterbinami a extrémně mělké půdy (OTTO 1994).

Směrem ke kontinentálnímu klimatu, na sever a se stoupající nadmořskou výškou se snižuje kvantita a kvalita fruktifikace buku (SVOBODA 1955). Dobrá úroda semen v bučinách souvisí s teplejším a sušším létem předcházejícího roku a s celkově příznivými klimatickými faktory v průběhu kvetení buku a růstu mladých plodů. Deštivé počasí, mrazy a poškození hmyzem omezují plodivost (VACEK, MAREŠ 1985). Z výsledků prací zabývajících se periodicitou semených let a kvantitou semenné produkce vyplývá, že bohatá úroda bukovic se v průměru z celého areálu objeví každé 4 roky (ŠINDELÁŘ

1993). Semena rozšiřují ptáci a drobní savci. Pro potřeby přirozené obnovy často postačují slabší úrody, zvláště když je v rámci delší obnovní doby možné využít více takových úrod po sobě.

Růst jedinců v růstové fázi náletů a nárostů v nestejnověkých bukových porostech, kdy obnova probíhá pod mateřským porostem, velmi silně ovlivňuje nejen zápoj porostu (stupeň clonění), ale i typ vegetačního krytu, nadmořská výška i ostatní růstové faktory (VACEK, CHROUST, SOUČEK 1996).

MATERIÁL A METODIKA

V roce 2003 byl v Jizerských horách silný semenný rok. Pro studium výskytu a odrůstání přirozené obnovy buku ve vrcholových partiích Jizerských hor byly v roce 2004 založeny 4 výzkumné plochy ve fragmentech smrkobukových až bukosmrkových porostů v okolí lokality Ptačí kupy. Na každé ploše byla do sledování zahrnuta jak část v oplocence, tak mimo oplocenku pro současné posouzení vlivu zvěře.

Výzkumná plocha Ptačí kupy I (880 - 930 m n. m.) leží v porostní skupině (PS) 466A15/2b (oplocená část) a 446A17 (neoplocená část). Z typologického hlediska náleží k souborům lesních typů 7N a 6K, výjimečně 6Y, expozice SV, sklon 5 – 18°. Porost tvoří zhruba 25 m vysoká středně až silně rozvolněná bučina (VACEK et al. 1999). Rozsáhlé oplocení horní části plochy nebylo v posledních letech důsledně udržováno, po zimě 2005/06 bylo zcela upuštěno od jeho oprav.

Plocha Ptačí kupy II je umístěna v porostní skupině 462A16/4/1a v nadmořské výšce 950 – 970 m n. m, sahá tak takřka k vrcholové části přírodní rezervace (PR) Ptačí kupy. Mateřský porost tvoří cca 20 m vysoká mírně rozvolněná smrková bučina. Typologicky spadá do SLT 7N. Svah o sklonu 5 – 10° je orientován na JZ. Porostní skupina je z velké části oplocena, mimo oplocenku zůstalo pouze několik bukových výstavků. Prostor v okolí oplocenky je oblíbeným stávaníštěm zvěře, ojediněle zvěř vniká i do oplocenky.

Výzkumná plocha Ptačí kupy III je lokalizována v porostní skupině 463D17/1a (oplocená) a 461A17/10b (neoplocená část) v nadmořské výšce 880 m n. m. Souborem lesních typů je tu 6S, sklon na JZ orientovaného svahu je asi 5°. Oplocenou část tvoří cca

Tab. 1.

Počet založených plošek podle lokalit a variant. Opl. - oplocenka; mimo - mimo oplocenku

Number of little plots in accordance with localities and variants. Opl. – fenced; mimo – out of exclusion fence

Počet z varianty/ Number of variant:		Ptačí kupy I.		Ptačí kupy II.		Ptačí kupy III.		Ořešník II.		Celkem/ Total
		opl.	mimo	opl.	mimo	opl.	mimo	opl.	mimo	
hrabanka/litter (h)		4	3	3	-	3	1	1	5	21
<i>Avenella flexuosa</i> (A)		3	3	3	2	1	0	1	4	17
<i>Calamagrostis villosa</i>	řidká/sparse (Ca)	3	3	3	1	2	1	1	3	17
	středně hustá/ middle dense (Cb)	4	2	3	1	4	2	1	6	23
	hustá/dense (Cc)	3	1	3	1	3	-	1	5	17
<i>Vaccinium myrtillus</i> (V)		3	3	3	-	3	1	1	3	18
CELKEM/TOTAL		20	15	18	5	16	5	6	26	111

Tab. 2.

Podíl poškozených starších jedinců buku okusem v roce 2004 a počet nepoškozených v oplocence, mimo oplocenku a celkem
Varianty: „h“ - hrabanka, A - *Avenella flexuosa*, Ca - *Calamagrostis villosa* řidká, Cb - *C. villosa* středně hustá, Cc - *C. villosa* hustá, V - *Vaccinium myrtillus*Proportion of browsed older (from the year 2003 and older) beech seedlings in 2004 and number of non-browsed ones in an exclusion fence, out of exclusion fence and totally. Variants: h - litter, A - *Avenella flexuosa*, Ca - *Calamagrostis villosa* sparse, Cb - *C. villosa* middle dense, Cc - *C. villosa* dense, V - *Vaccinium myrtillus*

Oplocenka/Fenced		Mimo/Out of fence		Celkem/Totally		
poškozeno/ browsed (%)	nepoškozených/ non-browsed (N/m ²)	poškozeno/ browsed (%)	nepoškozených/ non-browsed (N/m ²)	poškozeno/ browsed %	nepoškozených/ non-browsed (N/m ²)	
h	7,53	9,30	6,19	2,14	7,01	6,08
A	5,62	9,97	19,05	1,19	11,88	5,32
Ca	6,60	6,31	6,37	1,41	6,51	4,00
Cb	9,11	6,92	8,89	2,20	9,00	4,66
Cc	17,44	5,30	10,00	0,68	14,58	3,40
V	6,28	4,20	19,02	2,96	11,74	3,69
Vše/ All	8,67	6,95	11,41	1,78	9,84	4,57

Pozn.: N/m² – počet na m²Note: N/m² – number per m²

25 m vysoká středně rozvolněná bučina. Porost v neoplocené části je mírně rozvolněná buková smrčina.

Výzkumná plocha Ořešník II je umístěna v PS 460B12/1c, 459A12b a 456C17, nadmořská výška 780 – 840 m. Výška porostních skupin se pohybuje mezi 20 – 25 m, všechny jsou středně až silně rozvolněné. Stanovištní podmínky charakterizují SLT 6K a 6N. Sklon SZ svahu se pohybuje od 5° do 15°.

Pro posouzení vlivu převládající vegetace byla na každé ploše stabilizována série plošek 2 x 2 m ve variantách *Calamagrostis villosa* – řidká (Ca), *C. v.* – středně hustá (Cb) a *C. v.* – hustá (Cc), *Avenella flexuosa* (A), *Vaccinium myrtillus* (V) a hrabanka (h). Pro umístění plošek byla přednostně volena místa s iniciálním stadiem obnovy.Možnosti umístění plošek byly dány různým výskytem daného typu porostu na lokalitě, velikostí oplocenek a stavem přirozené obnovy. Celkem bylo založeno 111 plošek, tedy 444 m² (tab. 1).

Na podzim roku 2004 byl na ploškách sledován počet semenáčků z roku 2004, jednoletých a starších. U starších jedinců byl zjišťován počet internodií, zaznamenáván okus a případně další poškození. V roce 2005 bylo měření doplněno o měření výšky a výškového přírůstu.

Pro účely tohoto zpracování byla varianta půdního krytu považována za základní faktor ovlivňující přirozenou obnovu. Jako starší byly označeny semenáčky z roku 2003 a starší. Vybrané parametry byly v závislosti na charakteru dat testovány dvoufaktorem.

Tab. 3.

Průměrný počet, medián, maximum a limity intervalu spolehlivosti (confidence; průměr $\pm$ confidence = interval spolehlivosti) počtu semenáčků z roku 2004 na 1 m² podle variant: a) v oplocence, b) mimo oplocenku, c) vše. Viz také poznámky u tabulky 2
Mean number, median, maximum and confidence value of the number of seedlings from 2004 per m² in accordance to variants: a) fenced, b) out of fence, c) all. See also captions to table 2

a) Oplocenka/Fenced									
Rok/Year	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	přežilo/ survived %	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	3,36	1,25	37,16	2,50	1,25	10,75	3,00	1,78	0,55
A	3,13	1,56	50,00	2,38	1,25	7,25	4,00	1,58	0,88
Ca	6,64	4,25	64,02	3,25	2,75	35,25	20,25	6,72	3,86
Cb	21,10	17,75	84,11	10,63	9,25	115,75	92,50	17,62	14,14
Cc	9,68	6,48	66,93	3,38	2,38	48,75	36,25	8,93	6,62
V	1,60	0,93	57,81	0,25	0,00	9,75	4,50	1,89	1,07
Celkem/Total	8,13	5,86	72,07	2,75	1,50	115,75	92,50	4,36	3,48
b) Mimo/Out of fence									
Rok/Year	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	přežilo/ survived %	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	6,50	6,14	94,44	2,50	2,25	19,25	18,00	4,64	4,62
A	3,83	2,50	65,22	1,00	1,50	14,25	8,75	3,00	1,91
Ca	22,97	22,09	96,19	0,50	0,63	103,50	98,00	25,08	24,62
Cb	11,84	9,57	80,81	3,75	2,00	46,00	46,25	8,83	9,08
Cc	10,14	4,50	44,37	6,25	2,75	37,75	18,75	8,65	4,37
V	2,46	2,14	86,96	0,25	0,25	7,25	9,50	2,13	2,41
Celkem/Total	9,71	7,97	82,03	2,50	1,75	103,50	98,00	4,98	4,83
c) Vše/All									
Rok/Year	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	přežilo/ survived %	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	4,78	3,45	72,25	2,50	1,38	19,25	18,00	2,41	2,36
A	3,50	2,06	58,82	1,75	1,50	14,25	8,75	1,76	1,11
Ca	14,32	12,65	88,30	2,00	1,00	103,50	98,00	12,92	12,50
Cb	16,67	13,84	82,99	5,25	3,75	115,75	92,50	10,29	8,72
Cc	9,87	5,66	57,38	5,50	2,75	48,75	36,25	6,35	4,31
V	1,96	1,43	72,93	0,25	0,25	9,75	9,50	1,43	1,21
Celkem/Total	8,86	6,83	77,09	2,50	1,50	115,75	98,00	3,29	2,91

ANOVou (Scheffeho test) a neparametrickým Kruskal-Wallisovým (One-Way ANOVA) testem v statistickém softwaru NCSS 2004 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při šetření byla konstatována velká variabilita počtu semenáčků na sledovaných ploškách (tab. 3 a 4), která se projevila i v průběhu statistického vyhodnocení. Běžně na těchto lokalitách dochází k tvorbě sekundárního přírůstu, počet internodií proto nebyl vhodným ukazatelem věku semenáčků. V roce 2005, ob rok po silném semeném roce 2003, byl výskyt tohoročních semenáčků velmi ojedinělý. Ojediněle se na hodnocených ploškách vyskytovaly také semenáčky smrku a jeřábu.

Okus

Posuzován byl okus starších jedinců buku. Vzhledem k nedůslednosti v údržbě oplocení se poškození okusem vyskytovalo i v oplocence (tab. 2). Celkový průměrný procentický podíl byl v oplocence pouze o 2,7 % nižší (8,7 % vs. 11,4 %), podíly poškození jednotlivých variant byly nižší jen ve dvou případech (A a V). Pořadí variant podle

procenta poškození v oplocence a mimo oplocenku se různilo; zatímco v oplocence byla nejvíce poškozena varianta Cc (17,4 %) a nejméně A (5,6 %), mimo oplocenku byly krajními variantami A a V (19,0 %) a „h“ (6,19 %). Analýza rozptylu variant z celého souboru dat nezamítá hypotézu o shodnosti rozptylů variant ($p = 0,677$).

V oplocence i přesto zbývá jednoznačně více nepoškozených jedinců (průměrně 7,0 oproti 1,8 ks/m² mimo oplocenku – tab. 2). Na výsledku stavu poškození pouze ve vztahu k variantám (bez ohledu na oplocení) měly nejvyšší váhu plošky v oplocence s násobně vyšším počtem semenáčků, proto se poměr jednotlivých variant více blíží rozložení v oplocence. Test analýzy rozptylu počtu nepoškozených jedinců opět nepotvrdil rozdílnost mezi variantami ($p = 0,785$). Nebyl nalezen ani vztah mezi kombinací faktorů varianta – oplocení, vliv oplocenky na počty nepoškozených jedinců byl však shledán jako velmi vysoce průkazný ($p = 0,000$).

Dalo by se předpokládat, že více se bude okus vyskytovat na variantách s řídkým porostem nebo bez porostu, kde je lepší přehlednost pro zvěř. Tento předpoklad však nebyl naplněn. Více se na okusu pravděpodobně projevil výskyt stávaníště zvěře, jeho frekvence a blízkost k sledovaným ploškám.

Tab. 4.

Průměr, medián, maximum a limity intervalu spolehlivosti (confidence) počtu všech semenáčků na 1 m² podle variant: a) v oplocence, b) mimo oplocenku, c) vše. Viz také poznámky u tabulky 2

Mean number, median, maximum and confidence value of the number of all seedlings per m² in accordance to variants: a) fenced, b) out of fence, c) all. See also captions to table 2

a) Oplocenka/Fenced									
Rok/Year	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	% z roku/ from 2004	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	15,23	13,55	88,96	11,50	11,25	35,25	34,00	5,85	6,07
A	14,88	13,44	90,34	14,75	15,50	34,00	25,50	6,37	5,01
Ca	15,56	13,33	85,71	12,75	11,50	43,00	26,50	7,23	5,08
Cb	31,44	30,71	97,68	27,88	31,38	123,75	101,50	17,96	15,24
Cc	16,23	14,03	86,44	10,13	8,50	52,25	41,25	10,99	9,35
V	6,53	6,25	95,79	4,75	3,50	24,50	30,75	4,18	5,24
Celkem/Total	17,19	15,80	91,90	11,38	9,50	123,75	101,50	4,87	4,33
b) Mimo/Out of fence									
Rok/Year	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	% z roku / from 2004	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	10,17	9,47	93,17	4,25	3,50	27,75	27,75	6,42	6,51
A	6,06	4,39	72,48	4,75	4,25	15,75	10,75	3,33	2,36
Ca	25,31	24,84	98,15	3,50	3,38	111,75	108,25	26,45	26,45
Cb	15,27	12,05	78,87	7,00	5,25	49,75	46,50	9,17	8,80
Cc	10,96	5,29	48,21	6,50	3,50	38,25	19,00	8,58	4,21
V	6,25	5,79	92,64	5,50	3,75	16,75	28,75	4,06	6,62
Celkem/Total	12,49	10,46	83,75	5,75	3,50	111,75	108,25	5,25	5,18
c) Vše/All									
Rok/ar	Průměr/Mean			Medián		Maximum		Confidence ($\alpha = 0,05$)	
	2004	2005	% z roku/ from 2004	2004	2005	2004	2005	2004	2005
h	12,95	11,71	90,44	9,38	6,50	35,25	34,00	4,46	4,53
A	10,21	8,65	84,73	8,50	6,75	34,00	25,50	4,06	3,43
Ca	20,15	18,75	93,07	11,25	9,50	111,75	108,25	13,23	13,02
Cb	23,71	21,78	91,88	19,00	7,00	123,75	101,50	10,86	9,77
Cc	14,06	10,43	74,16	8,00	3,50	52,25	41,25	7,47	6,12
V	6,41	6,06	94,51	5,50	3,75	24,50	30,75	2,97	4,12
Celkem/Total	15,03	13,34	88,76	8,25	5,75	123,75	108,25	3,60	3,37

Výskyt a přežívání semenáčků z roku 2004

Průměrný počet semenáčků buku z roku 2004 (semenáčky 2004) na podzim téhož roku na všech sledovaných ploškách byl 8,9 na m² (tab. 3). Při porovnání stavu v oplocence a mimo oplocenku byl zjištěn vyšší průměrný počet u variant mimo oplocenku (9,7 vs. 8,1 ks/m²). Také průměrné přežívání semenáčků z roku 2004 bylo vyšší mimo oplocenku (88,2 % vs. 72,1 %).

Z variant dosáhla v roce 2004 nejvyšší průměrný počet semenáčků 2004 ze všech sledovaných plošek varianta Cb (16,7 ks/m²), následována variantou Ca (14,3 ks/m²). Bylo to způsobeno relativně vysokým počtem semenáčků na několika ploškách varianty Cb v oplocence (21,1 ks/m²) a Ca mimo oplocenku (23,0 ks/m²) – viz maximální hodnoty v tabulce 3. Nejnižší průměrný počet byl zaznamenán ve všech případech u varianty V. Pořadí plošek dané průměrným počtem semenáčků se v roce 2005 změnilo pouze minimálně, nejvyšší počet byl opět u variant Ca nebo Cb a nejnižší u varianty V.

Přežívání semenáčků do roku 2005 při posuzování celého souboru plošek bylo nejúspěšnější ve variantě Ca (88,3 %), nejméně úspěšně pak ve variantách Cc (57,4 %) a A (58,8 %) – tabulka 3. Vzhledem k variabilitě dat však nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v přežívání mezi variantami z celého souboru dat ($p = 0,798$). V oplocence bylo maximální průměrné přežití zaznamenáno na variantě Cb (84,1 %),

mimo oplocenku to byla Ca (96,2 %), tedy stanovištně blízké varianty. Nastal však rozpor mezi relativním přežíváním na variantě „h“, neboť zatímco v oplocence byla vyhodnocena jako nejméně úspěšná, mimo oplocenku je druhou nejúspěšnější. Minimální přežití mimo oplocenku bylo zaznamenáno na variantě Cc. Statistické vyhodnocení nepotvrdilo statisticky významné rozdíly mezi přežíváním ve variantách v oplocence a mimo oplocenku, jako těsně neprůkazný se projevil i výsledek testování kombinace obou faktorů ($p = 0,071$).

Výskyt a přežívání všech semenáčků

Průměrný počet všech semenáčků na sledovaných ploškách na metr čtverečný byl 15,0 v roce 2004 a 13,3 v roce 2005 (tab. 4). Vzhledem k velmi ojedinělému výskytu semenáčků z roku 2005 to znamená mortalitu 20 %. Průměrný počet semenáčků v oplocence byl o 38 % vyšší než mimo oplocenku (17,2 ks/m² vs 12,5 ks/m²), také přežívání do roku 2005 v oplocence převyšuje stav mimo oplocenku o 8,2 %. Výsledkem je o třetinu vyšší průměrný počet všech jedinců v oplocence.

Z hodnocení průměrného počtu všech semenáčků na ploškách podle variant v roce 2004 vyplývá, že nejvyšší počet byl v oplocence a v celém souboru dat u Cb (31,4 ks/m² a 23,7 ks/m²) a mimo oplocenku u Ca (25,3 ks/m²). Opět se zde projevil plošky s výrazně vyšším

Tab. 5.

Průměrná výška semenáčků z roku 2004 a starších v roce 2005 a 2004 a relativní přírůst podle variant. Oplocenka - plošky v oplocence apod. Vysvětlení variant viz u tabulky 2. Písmena u jednotlivých hodnot relativního přírůstu označují skupiny statistické homogenity testovaných parametrů

Mean height of the seedlings from the year 2004 and older in the year 2004 and 2005 and relative increment according to variants. See also captions in table 2. Homogenous groups of relative increment are designed by letters of the alphabet (the same letter means the same group of statistical homogeneity)

Z roku/ From 2004	Oplocenka/Fenced				Mimo/Out of fence				Vše/All			
	výška/height		přírůst/ increment		výška/height		přírůst/ increment		výška/height		přírůst/increment	
	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)
h	9,32	10,77	1,45	13,63	8,32	9,69	1,37	13,91	8,64	10,04	1,40	13,82 a
A	9,69	10,97	1,28	12,41	9,04	11,09	2,04	17,85	9,52	11,00	1,47	13,79 ab
Ca	9,58	10,67	1,09	10,26	8,52	10,94	2,42	21,05	8,63	10,91	2,28	19,92 ab
Cb	9,07	10,67	1,63	15,40	8,18	9,99	1,81	17,78	8,57	10,29	1,73	16,74 b
Cc	6,93	8,52	1,59	18,20	8,25	9,75	1,49	15,80	7,22	8,79	1,57	17,67 ab
V	9,77	12,08	2,31	18,10	11,17	12,73	1,57	11,15	10,12	12,24	2,13	16,36 a
Celkem/Total	8,50	10,04	1,55	15,60	8,37	10,37	2,00	18,56	8,43	10,24	1,81	17,35
Starší/Older	Oplocenka/Fenced				Mimo/Out of fence				Vše/All			
	výška/height		přírůst/ increment		výška/height		přírůst/ increment		výška/height		přírůst/increment	
	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)	2004 (cm)	2005 (cm)	(cm)	(%)
h	14,31	15,68	1,46	9,31	15,28	18,73	3,45	17,84	14,50	16,29	1,86	11,02 abc
A	16,00	18,56	2,55	12,60	15,45	18,37	2,92	15,23	15,92	18,53	2,61	12,99 abc
Ca	16,93	18,93	2,00	10,59	17,71	22,32	4,61	20,73	17,09	19,62	2,54	12,67 c
Cb	19,14	22,63	3,49	14,56	19,85	23,33	3,48	14,89	19,25	22,74	3,49	14,61 bc
Cc	24,08	28,05	3,98	13,25	17,49	19,57	2,08	11,23	23,62	27,46	3,84	13,11 ab
V	26,45	29,34	2,89	9,45	26,51	31,36	4,85	14,81	26,48	30,21	3,73	11,75 a
Celkem/Total	18,30	20,93	2,66	11,90	19,33	23,16	3,83	16,33	18,50	21,36	2,89	12,76

počtem semenáčků z roku 2004 (viz výše). Počet nejnižší byl v roce 2004 v případě oplocenky a celého souboru dat záležitosti varianty V, mimo oplocenku měla těsně nejnižší počet varianty A. Tento relativní stav byl zachován i následující rok. Nízký počet všech semenáčků zde koresponduje i s nízkým počtem semenáčků z roku 2004. Obtížné klíčení a časné přežívání semenáčků v borůvce může být způsobeno hromaděním opadu v nakypřené formě na větvích polokeře, čímž je snížena možnost kontaktu bukovic a raných stadií semenáčků s vlhkým půdním prostředím.

Z pohledu celého souboru dat jsme zaznamenali úbytek relativního počtu všech jedinců mezi lety 2004 a 2005 o 11,2 % na 13,3 ks (tab. 4). V oplocence pak počet poklesl o 8,1 % na 15,8 ks/m² a mimo oplocenku o 16,3 % na 10,5 ks/m². Úbytek byl převážně zapříčiněn mortalitou semenáčků z roku 2004, výjimečně semenáčků starších.

Průměrný relativní pokles počtu semenáčků do roku 2005 byl v oplocence mezi 14,3 % u varianty Ca a 2,2 % u varianty Cb. Mimo oplocenku se hodnoty pohybovaly mezi 51,8 % u varianty Cc a 1,9 % u varianty V. Celkově nejlépe z tohoto pohledu dopadla varianta V (úbytek 5,5 %) a nejhůře varianta Cc (25,8 %). Vzhledem k variabilitě dat však nebyly u relativních změn počtu semenáčků shledány mezi variantami statisticky průkazné rozdíly ($p = 0,195$).

Výšky a přírůst

Průměrná výška semenáčků z roku 2004 podle variant byla v témže roce v oplocence značně vyrovnaná, pouze varianta Cc byla nižší než rozmezí 9,0 – 9,8 cm (tab. 5). Na ploškách mimo oplocenku byly hodnoty rozkolísanější. Průměrný přírůst za rok 2005 se pohyboval mezi 1 – 2 cm, pouze u varianty Ca mimo oplocenku byl 5 cm. Navýšení přírůstu bylo záležitostí dvou plošek, na kterých byly pravděpodobně příznivější mikrostaništní podmínky (světlo, vlhkost atp.). Nepříliš

vysoký počet semenáčků z roku 2004 u této varianty byl pak příčinou navýšení průměrné hodnoty.

Hodnoty relativního přírůstu v oplocence i mimo zhruba odpovídají rozložení přírůstů absolutních. V případě celého souboru dat buk dosáhl nejvyššího relativního přírůstu na variantě Ca (19,9 %), následované variantami Cc (17,7 %) a V (16,4 %). Nejnižší přírůst byl zaznamenán na variantě A a „h“ (13,8 %). Statistickým testováním relativních přírůstů byl zjištěn vysoce průkazný vliv varianty na přírůst ($p = 0,000$); vzájemným porovnáváním průměrů pak byly zjištěny vysoce průkazné rozdíly mezi variantou Cb a variantami „h“ a V (tab. 5), tedy na jedné straně mezi variantou s relativně hustým porostem oproti variantám s porostem o srovnatelné hustotě a bez porostu. Nelogický výsledek analýzy bude opět důsledkem variability dat.

Průměrná výška i relativní přírůst starších semenáčků byly vyšší u plošek mimo oplocenku. Rozhodující vliv na to měly mikroklimaticky příhodné plošky varianty Ca mimo oplocenku (viz výše). V roce 2004 byla nejnižší průměrná výška starších semenáčků buku jak v oplocence, tak mimo u varianty „h“ (14,3 cm a 15,3 cm) a nejvyšší u V (26,5 cm). Vyšší semenáčky v borůvce odpovídají i poznatkům z Krkonoš (VACEK, SOUČEK 2001). Celkově rozložení výšek koresponduje s předpokládanou reakcí semenáčků na konkurenční působení porostu buřeně zvýšením přírůstu. V celém souboru dat je v případě hustších variant celková výška, ale i přírůst vyjádřený v centimetrech, vyšší než v případě variant řidších. Odchyly od tohoto předpokladu v případě odděleného porovnávání oplocených a neoplocených plošek budou způsobeny nižším počtem hodnocených míst, kdy se více projevuje variabilita. Porovnání relativních přírůstů variant z celého souboru dat však nevykazuje stav potvrzující výše uvedený předpoklad. Zjišťujeme zde nejnižší relativní přírůst u varianty „h“ (11,0 %) a nejvyšší u varianty Cb (14,6 %). Proti očekávání nejhustší varian-

ta travního porostu Cc je podle přírůstu v pořadí druhou. Z výsledků testování relativních přírůstů vyplynul vysoce průkazný rozdíl mezi polohou (oplocenka / mimo - $p = 0,000$) i mezi variantami ($p = 0,003$) a interakcí těchto parametrů ($p = 0,000$). Vysoce průkazné rozdíly byly zjištěny mezi relativními přírůsty na variantě Ca a variantách V a Cc a mezi variantou Cb a V (tab. 5). Při porovnání charakteru vyčleněných variant docházíme opět k závěru příčinné nelogičnosti výsledku analýzy.

ZÁVĚR

V naší studii byly naznačeny následující závěry:

- Hustý porost třtiny byl negativním faktorem pro přežívání semenáčků buku.
- Klíčení a časné přežívání semenáčků v porostu borůvky bylo nízké, pouze mírně lepší situace byla v porostu metličky. V obou případech může být příčinou tohoto stavu půdní vlhkost – pod borůvkou obtížný kontakt klíčících semen s půdou pro nekom-paktnost opadu ukládaného na větve polokeře, v porostu metličky pak zvýšené kolísání půdní vlhkosti.
- U řídkého a středně hustého porostu třtiny nebyl zaznamenán negativní vliv na výskyt a přežívání semenáčků v porovnání s ostatními variantami. Spíše zde vyplývá pozitivní efekt jejího krytu, který může být spojen i s kladným vlivem třtiny na chemismus půdy (např. FIALA et al. 2005).
- Nebylo potvrzeno zvýšení relativního přírůstu semenáčků v hustých variantách bušeně oproti variantám řídkým jako předpokládaná odpověď na vzájemnou konkurenci.
- Nebyl zjištěn vztah mezi variantou bylinného pokryvu a okusem.
- Nedůsledně udržované oplocení mělo snížený význam pro ochranu náletu.

Vzhledem ke značné variabilitě přirozené obnovy na výzkumných plochách je statistická významnost naznačených závěrů omezená a bude vhodné v šetřeních tohoto tématu dále pokračovat.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnicích se podmínkách prostředí (dílčí záměr 04: Obnova, přestavba a zakládání lesů v měnicích se podmínkách prostředí s ohledem na funkce lesa)“.

LITERATURA

- FIALA, K., TŮMA, I. et al.: The role of *Calamagrostis* communities in preventing soil acidification and base cation losses in a deforested mountain area affected by acid deposition. *Plant and Soil*, 2005, č. 268, s. 35-49.
- JANÍK, R.: The influence of selected factors on the biomass production of the *Calamagrostis arundinacea* species in the conditions of submountain beech forests. *Lesnictví – Forestry*, 1998, č. 44, s. 145-152.
- KOBLÍŽEK, J.: FAGUS L. – buk. In: Květena České republiky 2. vyd. Praha, Academia 1990, s. 17-20.
- KOOIJMAN, A. M., EMMER, I. M., FANTA, J., SEVINK, J.: Natural regeneration potential of the degraded Krkonoše forests. *Land Degradation & Development*, 11, 2000, s. 459-473.
- LOKVENC, T. et al.: Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNAP; Opočno, VÚLHM-VS 1992. 111 s.
- OTTO, H.-J.: Waldökologie. Stuttgart, Ulmer 1994. 383 s.
- SVOBODA, P.: Lesní dřeviny a jejich porosty II. Praha, SZN 1955. 573 s.
- ŠERÁ, B., FALTA, V., CUDLÍN, P., CHMELÍKOVÁ, E.: Contribution to knowledge of natural growth and development of mountain Norway spruce seedlings. *Ekológia (Bratislava)*, 2000, č. 16, s. 420-434.
- ŠINDELÁŘ, J.: Přirozená obnova, základní opatření k záchraně a reprodukci genových zdrojů buku lesního. TEI pro lesnickou praxi, 1993, č. 1, 11 s.
- VACEK, S. et al.: Obnova a zakládání bukových a smíšených porostů s bukem v extrémních imisně ekologických podmínkách. In: Jurásek, A. et al.: Pěstování lesa v ekotopích narušených antropogenní činností. Výroční zpráva 1999. Opočno, VÚLHM-VS 1999. 26 s.
- VACEK, S., CHROUST, L., SOUČEK, J.: Produkční analýza autochtonních bučin. *Lesnictví-Forestry*, 42, 1996, č. 2, s. 54-66.
- VACEK, S., MAREŠ, V.: Morfologická proměnlivost a kvalita bukvic ze semenných let 1982 - 1984. *Práce VÚLHM*, 1985, č. 66, s. 45-73.
- VACEK, S., SOUČEK, J.: Přirozená obnova v horských lesích Sudet. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia... Opočno, 13. – 14. 9. 2001. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 2001, s. 239-248.
- VACEK, S., VAŠINA, V., BALCAR, Z.: Analýza autochtonních bukových porostů SPR Rýchory a Boberská stráň. *Opera Corcontica*, 25, 1988, s. 13-55.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR 2006. 136 s.

Ground vegetation, occurrence and development of natural beech regeneration in locality Ptačí kupy in the Jizerské hory Mts.

Summary

In 2004, one year after strong beech mast year, 4 research plots in the summit part of the Jizerské hory Mts. were established in the rests of mature beech and beech with spruce forest stands (780 – 980 m above sea level). For the study of occurrence and growth of beech natural regeneration with respect to forest weed species, series of little plots (2 x 2 meters) were settled, partly in game-proof fence, partly without fencing. The variants investigated were: *Calamagrostis villosa* – sparse (Ca), *C. v.* – medium dense (Cb) and *C. v.* – dense (Cc), *Avenella flexuosa* (A), *Vaccinium myrtillus* (V) and litterfall (“h”). There were 111 little plots established, it means 444 m² totally (tab. 1).

In the autumn of 2004, seedlings from the year 2004, one year old and older were counted. Number of internodes of older seedlings, deer browsing and possibly other damage were observed. In 2005, the observation was completed by height and height increment measuring.

For the purpose of this processing, the forest weed variant was considered to be a basic factor affecting natural regeneration of beech. The seedlings from 2003 and older were labelled older seedlings. Selected parameters were statistically tested by two-factorial ANOVA or non-parametrical Kruskal-Wallis test (in accordance to data type) in statistical software NCSS ($\alpha = 0.05$).

A high variation of number of seedlings per square meter on the monitored little plots was observed (see tab. 3 and 4). Secondary height increment is common in these localities, therefore number of internodes was not useable parameter to determine the age of seedlings. In 2005, one year after the strong mast year, the occurrence of new seedlings was very rare.

Because of bad state of game-proof fencing, deer browsing was observed in fenced areas too (tab. 2). The total percent share of browsed seedlings was lower in fence for 2.7% only, but the mean number of non-browsed seedlings was unambiguously higher there. There was no statistical difference between variants. The presumption of higher occurrence of browsing in localities/variants with more sparse ground cover was not validated, the impact of closeness and frequency of game resting haunts seems to be more important factor for deer browsing.

The mean number of seedlings of beech from the year 2004 (seedlings 2004) in all little plots was 8.9 per m² (tab. 3). The mean number of seedlings 2004 as well as mean survival of seedlings was higher outside the fence. The highest mean number of seedlings 2004 was on the variant Cb and the lowest on the variant V. The most successful survival of beech seedlings to the year 2005 (all data included) was on the variant Ca (88.3%), the worst situation was in the variants Cc (57.4%) and A (58.8%). Considering the fenced plots only, the most of the seedlings survived on the variant Cb, outside the fence it was on variant Ca, so relatively close variants. Comparative difference in relative survival on variant “h” in the fenced areas and outside was observed (tab. 3).

The mean number of all seedlings on the little plots was 15.0 in 2004 and 13.3 in 2005 (tab. 4). Because of very rare presence of 2005 seedlings (see above) it means mortality of 20%. Mean number of all seedlings as well as mean survival to the year 2005 was higher in the fenced variants. In 2004, variant Cb was the one with the highest mean number of all little plots and of the non-fenced plots (23.7 and 31.4 per m²), the highest number in the fence has Ca (25.3 beeches per m²). The lowest mean number was in all plots and in the fence in variant V and outside the fence in variant A. Mean relative decrease of number of seedlings to 2005 in all plots was 11.2 % (to 13.3 beeches per m²). There were no significant differences between relative decreases of number of seedlings in the variants.

The mean height of the 2004 seedlings in the fence in 2004 was very balanced (9.0 to 9.8 cm), only seedlings on the variant Cc were lower (tab. 5). There were higher differences outside the fence. Mean increment of seedlings to 2005 was mostly between 1 and 2 cm. There were highly significant differences in the increment of variant Cb and variants “h” and V in all data. Mean height as well as height increment of all seedlings was higher in the plots outside the fence. The overall spread of mean heights of variants corresponded with the expected reaction of seedlings to the concurrence of forest weed by increasing of their height increment. In the case of all dataset, mean height and mean increment (cm) were higher in the variants with more dense cover. The values of relative increment had rather different course. Highly significant differences between relative increment on the variant Ca and variants V and Cc and between variants Cc and V were found (tab. 5).

The presented results indicate that: 1) dense *Calamagrostis* flora can be a negative factor for survival of beech, 2) germination and early survival of seedlings in *Vaccinium* was low, only little better situation was in *Avenella*, 3) sparse and middle dense cover of *Calamagrostis* had no negative impact on occurrence and survival of seedlings compared to other variants; 4) presumption of higher relative height increment of seedlings in dense variants of weed cover was not confirmed; 5) there was no relation between variant of forest weed cover and deer browsing. Because of the high variability of the natural regeneration on the research plots, the statistical significance of the presented results is very limited and subsequent research would be suitable.

Recenzováno

Ivan Kuneš¹ – Vratislav Balcar² - Eva Vykypělová¹ - Jiří Zadina¹ - Jana Šedlbauerová¹ - Daniel Zahradník¹; ¹Fakulta lesnická a dřevařská, ČZU Praha; ²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

VLIV JAMKOVÉ A POMÍSTNÉ POVRCHOVÉ APLIKACE DOLOMITICKÉHO VÁPENCE NA MNOŽSTVÍ A CHEMICKÉ SLOŽENÍ BIOMASY SMRKU ZTEPILÉHO V JIZERSKÝCH HORÁCH

Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of Norway spruce in the Jizerské hory Mts.

Abstract

The subject of this contribution is to assess the effects of liming and the chosen form of application of dolomitic limestone powder on the biomass of young Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) trees. The analysis was carried out 12 years after planting. Both the roots and above-ground biomass of the carefully chosen sample trees belonging to the “control” variant are compared with the ones of sample trees belonging to ameliorated variants. Two different forms of limestone application are evaluated in this case: surface application and application in planting holes. There have been no negative impacts of liming observed in this particular experiment. On the contrary, liming has stimulated the production of roots as well as the above-ground biomass, and raised the total amounts of macronutrients bound in the sample trees. The top/root ratio in terms of biomass volume remained equal for all the compared variants. In spite of the flat-shaped root system of Norway spruce, an unusually shallow anchoring of roots of all the sample trees was surprising.

Klíčová slova: Jizerské hory, *Picea abies*, kořenová biomasa, nadzemní biomasa, vápnění, bodová meliorace, pomístná meliorace
Key words: The Jizerské hory Mts., *Picea abies*, root biomass, above-ground biomass, liming, spot amelioration

ÚVOD

Znalost množství a chemického složení biomasy vzorníků smrku ztepilého odebraných z porostů na zalesněných imisních holinách umožňuje odhadnout celkové množství a distribuci živin a biomasy ve stromové složce smrkových porostů v období těsně po vytvoření zápoje. Právě v tomto období se stává aktuálním první výchovný zásah (SLODIČÁK, 2005), který ukončuje periodu, v níž porost nebyl ovlivňován porostní výchovou.

Předkládaná práce hodnotí výstupy z destrukčních analýz smrkových vzorníků odebraných včetně kořenových systémů 12 let po zalesnění imisní holiny při prvním výchovném zásahu do porostu. Představuje tak příspěvek do problematiky biomasy smrku ztepilého. Práce navíc hodnotí míru ovlivnění tvorby a chemického složení biomasy mladých vzorníků jamkovou a pomístnou povrchovou aplikací dolomitického vápence (cíleným vápněním). Příspěvek navazuje na publikace KUNEŠE (2003), kde je hodnocena mortalita a odrůs-

tání smrkové výsadby včetně jejího ovlivnění cíleným vápněním a KUNEŠE et al. (2006a, b, 2007), kde je posuzován účinek cíleného vápnění na chemismus půdy a na druhové složení a biomasu bylinného patra ve smrkové kultuře.

METODIKA

Pokusná kultura se smrkem ztepilým (*Picea abies* /L./ KARST.) byla založena v roce 1991 v rámci výzkumného objektu VÚLHM – VS Opočno (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995).

Smrková kultura se nachází na oplocené ploše na zalesněné imisní holině v nadmořské výšce 960 m ve svahu s jihozápadní expozicí pod vrcholem Středního Jizerského hřebene (SZŠ 50°49'39", VZD 15°21'16") asi 1 km severně od osady Jizerka. Stanoviště je řazeno do lesního typu kyselá smrčina třtinová (8K2), hospodářského souboru 721 a pásma imisního ohrožení B.

Tab. 1.

Aritmetické průměry výšky, koruny a tloušťky v krčku vždy u pěti vybraných vzorníků na každou variantu (tučně) ve vztahu k průměrným hodnotám těchto parametrů pro celou jim příslušející variantu, kterou vzorníky reprezentují
Parameters of sample trees (bold) in relation to mean characteristics of whole variant represented

Varianta/ Variant	Parametr/Parameter	Výška 02/ Height 02 (cm)	Rozdíl/ Difference	Koruna 02/ Crown 02 (cm)	Rozdíl/ Difference	Krček 02/ Stem base diameter 02 (cm)	Rozdíl/ Difference
Kontrola/ Control	zpracované vzorníky/sample trees	158	- 1 %	125	+ 6 %	4,7	+ 4 %
	celá varianta/whole variant	159		118		4,5	
Povrch/ Surface	zpracované vzorníky/sample trees	203	0 %	146	+ 9 %	5,6	0 %
	celá varianta/whole variant	202		134		5,6	
Jamka/ Planting hole	zpracované vzorníky/sample trees	217	- 2 %	127	- 12 %	6,1	0 %
	celá varianta/whole variant	222		145		6,1	

Průměrná roční teplota (za období 1996 – 2003) je 4,9 °C a celkové roční srážky (průměr za období 1994 – 2003) dosahují 1 046 mm (BALCAR in SLODIČÁK 2005). Horninové podloží je tvořeno biotitickou žulou, půdním typem je horský humusový podzol.

Průměrná koncentrace SO_2 v ovzduší byla v době založení experimentu $25 \mu\text{g m}^{-3}$ (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994), avšak v současné době jsou zaznamenávané koncentrace SO_2 výrazně nižší, v období 1999 až 2002 se průměrné koncentrace SO_2 ve vzduchu pohybovaly pod $10 \mu\text{g m}^{-3}$. Koncentrace F v ovzduší (1978 - 1998) byla $0,18 \mu\text{g m}^{-3}$ (SLODIČÁK et al. 2005).

Pokusná výsadba sestává z desíti čtvercových plošek (100 m^2), na každou z nich bylo vysazeno 50 ks čtyřletých sazenic smrku ztepilého ve sponu $2 \times 1 \text{ m}$ (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995). Výsadba se nachází ve svahu, proto jsou plošky uspořádány v řadě sledující vrstevnici a pravidelně se střídají podle své příslušnosti k jednotlivým variantám.

Vedle kontroly se čtyřmi opakováními, která jsou představována jednotlivými ploškami, byly založeny dvě vápněné varianty, každá se třemi opakováními. Ve vápněné variantě „jamka“, byl při výsadbě kultury na každou sazenici použit 1 kg jemné moučky dolomitického vápence a promíšen s půdou v jamce (bodová aplikace). Velikost jamek zde byla přibližně $35 \times 35 \times 25 \text{ cm}$. U vápněné varianty „povrch“ byla jemná moučka dolomitického vápence rozptýlena na povrch půdy kolem jednotlivých stromků v kruzích o průměru 1 m (pomístná plošková aplikace). I zde činila dávka vápence 1 kg na stromek.

Obsah Ca v moučce dolomitického vápence činil 21,5 % a obsah Mg byl 11,3 %. Moučka obsahovala 5,8 % částic větších než 1 mm, 16,3 % částic s průměrem mezi 1 a 0,5 (mm), 20,4 % částic o velikosti mezi 0,5 a 0,2 (mm) a 57,2 % částic menších než 0,2 mm (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995).

Pro potřeby destrukční analýzy bylo na počátku léta 2003 těsně před realizací prořezávky vybráno na každou výsadbovou variantu 5 vzorníkových stromů (vzorníků), tj. na celou experimentální výsadbu bylo odebráno celkem 15 stromů. Každý vzorník byl pečlivě vytypován tak, aby z hlediska všech tří hlavních dendrometrických charakteristik zároveň (výška, průměr při bázi kmínku a průměr koruny) odpovídal středním hodnotám výsadbové varianty, kterou reprezentuje.

Střední hodnoty (aritmetické průměry) výsadeb jednotlivých variant u výše zmíněných dendrometrických charakteristik byly použity jako standard (100 %) pro výběr vzorníků. Střední hodnoty sady pěti vzorníků reprezentujících určitou variantu se u výšky a tloušťky v krčku nesměly lišit od průměrů celé jim příslušející výsadbové varianty (standardu) o více jak 10 %. V případě rozměru koruny, u níž je přesnost měření nižší, nesměla odchylka aritmetického průměru sady vzorníků od průměru celé varianty (standardu) překročit 15 %. Obvykle byl ale tento rozdíl menší, viz tabulku 1.

Odběr vzorníků v letním období umožňuje vyzvednutí stromů včetně kořenových systémů a tudíž i kalkulace celkového množství biomasy a základních živin, které v sobě stromy jednotlivých variant poutají.

Léto však není standardní dobou odběru asimilačního aparátu jehličnanů pro posouzení stavu výživy. Koncentrace živin v pletivech dřevin v průběhu roku kolísají (MATERNA 1963, ŠRÁMEK et al. 2004). Proto se pletiva jehličnatých dřevin pro účely chemické analýzy za účelem zjištění stavu výživy standardně odebírají na podzim po přechodu dřevin do vegetačního klidu. V tuto dobu již nicméně na výzkumné ploše Jizerka panují podmínky (sníh, mráz), které nedovolují odběr

kořenů. Z tohoto důvodu byly tři z pěti vzorníků na každou variantu odebrány v létě (červenec 2003) včetně kořenů, aby byl k dispozici materiál pro analýzy vedoucí ke stanovení celkového množství živin, které v sobě celé stromy poutají. Zbývající dva vzorníky na každou variantu byly odebrány na podzim (listopad 2003) bez kořenových systémů k posouzení stavu výživy nadzemních pletiv.

Vzorníky odebrané v létě 2003

Na počátku léta 2003, tedy 12 let po založení pokusu, byly pro každou ze tří porovnávaných variant odebrány tři vzorníkové stromky (vzorníky).

Kořenové systémy všech vzorníků byly separovány od okolní půdy a vcelku vyzvednuty ze země. Byly očištěny a prudkým proudem vody zbaveny zbytků zeminy a travního drnu, kterým prorůstaly.

U kořenového systému každého vzorníku byly provedeny následující operace: Byla změřena délka všech kosterních kořenů. Dále byly vybrány tři dominantní kosterní kořeny: jako kritérium sloužila kombinace celkové délky kořene a jeho tloušťky před zaústěním do kmínku. V naprosté většině případů měly dominantní kosterní kořeny největší délku, ale nemuselo tak tomu být vždy. Na třech dominantních kosterních kořenech se evidovaly všechny vedlejší kořeny silnější než 2 mm a dále všechny jemné kořeny s tloušťkou pod 2 mm. Případné další větvení kořenů s tloušťkou pod 2 mm, ani jejich výskyt na vedlejších kořenech vybihajících z kosterního kořene, nebyly při evidenci zohledňovány.

Při určování délky kosterních kořenů se měřicí pásmo vedlo od kmínku a při jakémkoliv větvení sledovalo vždy silnější kořen. Délka vedlejších kořenů vyúsťujících z kosterního kořene se do údaje délky kosterního kořene nezapočítávala.

Protože i velmi pečlivý přístup při oddělování kořenových systémů od země nemohl zabránit odtržení některých jemných kořenů, byly všechny čerstvé jizvy po jemných kořenech započítány do celkového počtu kořenů s tloušťkou pod 2 mm. Poté byl celý kořenový systém rozdělen a rozstřihán do následujících tloušťkových tříd (cm): (0,0; 0,5>; (0,5; 1,0>; (1,0; 1,5>; (1,5; 2,0>; (2,0; 3,0> a 3 cm a více. Xylometricky byl stanoven objem biomasy kořenů v rámci těchto tloušťkových tříd.

Následně byly vzorky kořenů, u každého vzorníku rozdělené podle tloušťkových tříd, předány do laboratoře ke stanovení hmotnosti sušiny. Po odvážení pak byly vzorky sušiny vždy tří příslušných vzorníků v rámci každé varianty, které patřily do stejné tloušťkové třídy, sloučeny ve směsný vzorek. Pro každý takový směsný vzorek, reprezentující danou tloušťkovou třídu kořenů v rámci jedné varianty, bylo stanoveno procento hlavních živin (N, P, K, Ca, Mg, S) a celkový obsah spalitelných látek.

U vzorníků byla hodnocena i nadzemní část. U stromů odebraných v létě byl nejprve (vedle objemu kořenů) samostatně stanoven objem kmínků s kůrou a větví s jehličím. Poté byla u nadzemních částí každého vzorníku oddělena kůra od kmínků a po předsušení také veškeré jehličí od větví. Větve byly následně rozštěpkovány zahradním štěpkovačem, aby bylo usnadněno jejich laboratorní zpracování. Nadzemní část každého vzorníkového stromu tedy byla rozdělena do následujících sekcí: dřevo z kmínku, kůra z kmínku, rozštěpkované neodkorněné větve a jehličí. Na rozdíl od kořenů se zde materiál ze vzorníků jedné varianty neslučoval do směsných vzorků a pro každý jednotlivý vzorek (tj. sekci z každého vzorníku, nikoliv z celé varianty) byla laboratorně stanovena jak hmotnost veškeré sušiny vzorku, tak i chemické složení (N, P, K, Ca, Mg, S).

Pro analýzu chemického složení jehličí vzorníku se náhodně odebral materiál ze směsi všeho jehličí daného stromu, stejně tomu bylo u rozštěpkovaných větví a kůry kmínku.

Materiál pro chemickou analýzu dřeva kmínku se získával z pilin uvolněných provrtáním báze kmínku, dále provrtáním jeho středové části a rovněž části v blízkosti terminálu. Vzhledem k odlišnému průměru kmínku v jednotlivých místech odběru tak bylo nejvíce dřevní hmoty pro analýzu uvolněno provrtáním báze, nejméně pak provrtáním kmínku v blízkosti terminálu. Dřevní materiál uvolněný vrtáním z uvedených třech odběrových partií se smíchal a podstoupil analýzu jako jeden vzorek. Byla tím alespoň rámcově zachována proporce mezi množstvím dřeva na bázi kmene, v jeho středové a terminální části.

Vzorníky odebrané na podzim 2003

Důvodem podzimního odběru vzorníkových stromů bylo získání dat o chemickém složení pletiv k posouzení výživy srovnatelných s údaji z jiných studií. Období vegetačního klidu je u jehličnanů standardní odběrová doba pro diagnostiku výživy (STEFAN et al. 2000). Odlišnému cíli analýz vzorníků z podzimního odběru je proto přizpůsobena i metodika jejich zpracování, která není totožná jako u vzorníků odebraných v létě.

Ke stanovení chemického složení asimilačního aparátu smrků bylo u podzimních vzorníků použito pouze nové jehličí z letorostů druhého řádu na třetím přeslenu, což je konvence používaná na ploše Jizerka. Kůra a dřevo kmínku k chemickým analýzám pocházely z báze kmínku, jeho středu a ze zóny pod terminálem kmínku. Chemické složení rozštěpkovaných větví s kůrou se nestanovovalo.

Do každého „podzimního“ směsného vzorku z určité části stromu (jehličí, kůra a dřevo kmínku) bylo zahrnuto přibližně stejné množství materiálu z obou vzorníkových stromů dané varianty.

Hmotnost sušiny byla u vzorníků z podzimního odběru stanovena stejným způsobem a pro stejné části jako u vzorků z léta. Byly k ní přičteny hmotnosti vzorků, které samostatně prošly chemickou analýzou.

Odhad množství biomasy a živin poutaných ve stromech

Pro kalkulace množství sušiny a distribuce živin ve stromech jednotlivých variant byla použita hmotnost sušiny jak vzorníků z podzimu, tak vzorníků z léta. Autoři předpokládají, že případný přírůst mezi vrcholným červencem, kdy byla odebrána první část vzorníků, a listopadem, kdy se odebral zbytek vzorníkových stromů, lze v horských podmínkách s krátkou vegetační dobou zanedbat. Odhad průměrné hmotnosti sušiny určité sekce nadzemní části (dřevo kmínku, kůra kmínku, rozštěpkované neodkorněné větve a jehličí) ve stromech příslušné varianty se tedy kalkuloval ze všech pěti odebraných stromů v dané variantě.

Průměrná hmotnost sušiny podzemní biomasy je určena součtem průměrných hmotností jednotlivých tloušťkových tříd kořenů pro každou trojici kořenových systémů odebraných v létě na příslušné variantě.

Odhad celkového množství živin se kalkuloval vynásobením průměrné hmotnosti sušiny každé části stromu v dané variantě hodnotami letní koncentrace živin v pletivech příslušné části vzorníku. Použily se tedy hodnoty zastoupení živin v sušině pletiv zjištěné u vzorníků odebraných v létě, protože v létě byly, na rozdíl od podzimu, odebrány i kořeny.

Laboratorní zpracování vzorků

Chemické analýzy rostlinného materiálu byly provedeny v Laboratoři Tomáš se sídlem ve Výzkumné stanici v Opočně podle metodik, které podrobně popisuje ZBÍRAL (1994).

Statistické zpracování

Statistická analýza je založena na mezivariantním srovnání koncentrací živin v sušině jednotlivých částí nadzemní biomasy a kořenů. U nadzemní biomasy byla použita neparametrická Kruskal–Wallisova analýza rozptylu, u kořenů byl použit párový Wilcoxonův test. V případě koncentrací živin v kořenech musely být varianty srovnávány po dvojicích. U každé dvojice variant byl Wilcoxonův test aplikován na párové srovnání sad koncentrací v šesti tloušťkových třídách kořenů. U obou typů statistických analýz byla zvolena 5% hladina významnosti. Objem čerstvé biomasy, množství sušiny ani na sušině závislý celkový obsah živin nebyly statisticky hodnoceny. Vzorníky byly vybírány podle dendrometrických charakteristik tak, aby co nejlépe reprezentovaly svou variantu. Vzhledem k tomu, že výška, tloušťka v krčku i průměr koruny přímo ovlivňují množství biomasy, není výběr vzorníků z tohoto hlediska náhodný a tedy nelze aplikovat statistiku založenou na náhodném výběru.

VÝSLEDKY

Distribuce biomasy kořenů a morfologická struktura kořenového systému vzorníků srovnávaných variant

Průměrný objem kořenů vzorníků u varianty s povrchovou aplikací cca o dvě třetiny převyšuje kontrolu a u varianty „jamka“ dosahuje téměř dvojnásobku hodnoty zaznamenané u kontroly. Podrobnější informace o rozložení objemu čerstvé biomasy kořenů podává tabulka 2.

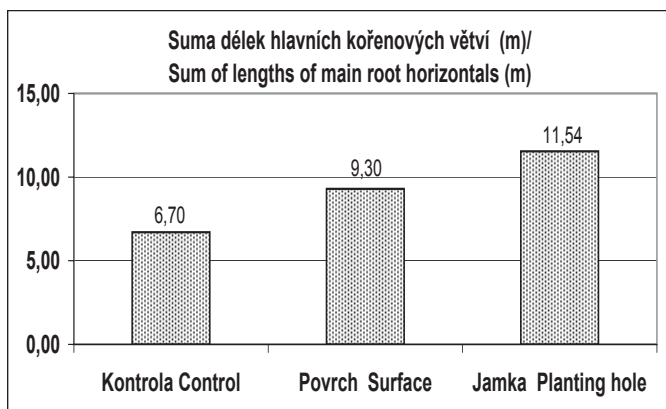
Tab. 2.

Biomasa kořenů a její distribuce do tloušťkových tříd
Root biomass distribution to thickness classes

Distribuce objemu kořenové biomasy (ml)/ Volume of particular root thickness classes (ml)			
Třída tloušťková/Root thickness class (cm)	Kontrola/ Control	Povrch/ Surface	Jamka/ Planting hole
(0,0 - 0,5>	135	196	281
(0,5 - 1,0>	53	118	124
(1,0 - 1,5>	56	83	58
(1,5 - 2,0>	42	60	97
(2,0 - 3,0>	68	133	150
(3+)	410	683	795
Celkem/Sum	763	1273	1506

Vzorníky jamkové varianty měly ve svém kořenovém systému také nejvíce kosterních kořenových větví, průměr zde vychází 10,3 ks na vzorník. Následuje varianta „povrch“, kde na jeden vzorník připadá v průměru 7,3 ks kosterních kořenových větví, u kontroly to je 6,7 ks na jeden vzorník.

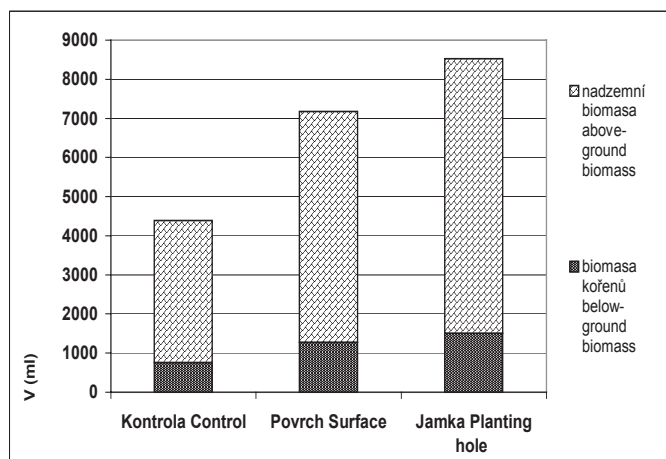
Při mezivariantním srovnání průměrných hodnot sumy délek všech hlavních kořenových větví (L) v jednom kořenovém systému vyšla opět nejlépe do jamky vápněná varianta. U varianty „jamka“ je L o 72 % větší než u kontroly, varianta „povrch“ předstihuje z hlediska L kontrolu o 32 %, viz obrázek 1.



Obr. 1.

Průměrné hodnoty součtu délek kosterních kořenových větví na jeden kořenový systém

Sum of length values of main root horizontals within one root system



Obr. 2.

Průměrný objem celkové biomasy vzorníků u jednotlivých variant

Average volume of total biomass of the sample trees within the particular variants

Počet jemných kořenů ($d < 2$ mm) zjišťovaný na vybraných třech dominantních kosterních kořenech dosahoval u kontroly v průměru 71 ks na jeden kořen, u varianty s povrchovou aplikací to bylo v průměru 82 ks na jeden dominantní kořen a u varianty s jamkovou aplikací v průměru 86 ks na jeden dominantní kořen. Pokud jsou ale počty jemných kořenů vztaženy na 1 metr délky dominantního kosterního kořene, vychází kontrola lépe než vápněné varianty: průměrné relativní počty jemných kořenů jsou u kontroly 49 ks/m, u varianty „povrch“ 42 ks/m a u varianty „jamka“ 43 ks/m.

Počet vedlejších kořenů silnějších než 2 mm, zjišťovaný na vybraných třech dominantních kosterních kořenech, dosahoval u kontroly v průměru 2,8 ks na jednu kořenovou větev, u povrchové vápněné varianty to byly 3 kusy a u jamkové vápněné varianty v průměru 3,4 ks vedlejších kořenů ($d > 2$ mm) na jeden kosterní kořen.

Objem celkové biomasy vzorníků - relace mezi nadzemní a kořenovou biomasou

Při srovnání objemu celkové čerstvé (kořenové + nadzemní) biomasy vzorníků (obr. 2) dosahuje varianta „povrch“ více jak 1,6násobku a varianta „jamka“ více jak 1,9násobku průměrné hodnoty objemu kontrolních vzorníků. Poměr mezi objemem nadzemní biomasy a biomasou podzemní kořenové je u všech tří variant velmi podobný; u kontroly a varianty „jamka“ se rovná 4,7 a u varianty „povrch“ odpovídá 4,6.

Obsah živin a spalitelných látek v kořenovém systému vzorníků srovnávaných variant

Chemické analýzy kořenové biomasy potvrdily u všech tří variant očekávaný pokles zastoupení sledovaných živin (N, P, K, Ca a Mg) v závislosti na zvětšující se tloušťce kořenů.

Procentuální obsah N u varianty „jamka“ v podstatě dosahoval úrovně registrované u kořenů kontrolní varianty. To je v jistém smyslu překvapivé, protože u jamkové aplikace lze v jamkovém prostoru mladých dřevin předpokládat nejintenzivnější účinek vápnění na dynamiku tohoto prvku; miněny jsou zde především potenciální negativní dopady. Ve srovnání s kontrolou se zdá být procentuální zastoupení N zřetelně, avšak nijak dramaticky, nižší u varianty s povrchovou aplikací vápence. Statistická analýza však neshledala rozdíly v koncentraci N mezi variantami jako průkazné.

Relativní zastoupení P a K se zdá být v kořenech vzorníků vápněných variant nižší než u kontroly. Tento rozdíl mezi variantami ustupuje s přibývajícím tloušťkou kořenů. Statistická analýza rozdíl v koncentraci P a K v kořenech mezi variantami neoznačila jako průkazný.

Procentuální obsah Ca je v nejtenčích kořenech vzorníků obou vápněných variant zřetelně vyšší než u kontroly, avšak rozdíl kontroly a varianty „povrch“ není označen jako signifikantní. Párový Wilcoxonův test shledává jako průkazný pouze rozdíl varianty „jamka“ od variant „povrch“ a „kontrola“.

Překvapením bylo relativní zastoupení Mg. Ačkoliv použitý vápenc obsahoval 11,3 % tohoto prvku, jeho procento v kořenech nejnižší tloušťkové třídy bylo u vápněných variant nižší, než jaké bylo registrováno u kontroly. V případě vápněné varianty „jamka“ je přitom tento „hořčíkový skluz“ vůči kontrole značný. U žádných z dvojic variant ale párový Wilcoxonův test neoznačil rozdíly koncentrací Mg v sušině kořenů za průkazné.

U S je distribuce v jednotlivých variantách a tloušťkových třídách kořenů velice proměnlivá. Obecně se ale zdá, že procento zastoupení tohoto prvku je u vzorníků vápněných variant spíše vyšší než v případě kontrolních vzorníků. Statistická analýza ani zde neoznačila rozdíly mezi variantami jako průkazné.

Z pohledu celkového množství živin poutaných kořenovým systémem vzorníků bude hodnocení odlišné než v případě relativních koncentrací v sušině. Jak vyplývá z tabulky 4, kořenové systémy vzorníků vápněných variant poutají ve své biomase v celkovém úhrnu ve všech případech větší množství sledovaných prvků než kořenové systémy vzorníků z kontrolní varianty. Do celkového množství poutaných prvků totiž významně promlouvá zásoba sušiny kořenové biomasy, která je u vzorníků vápněných variant významně vyšší než u kontroly.

Tab. 3.

Procento zastoupení živin a spalitelných látek v sušině kořenové biomasy vzorníků srovnávaných výsadbových variant v rámci jednotlivých tloušťkových tříd kořenů, intervaly tloušťkových tříd jsou uvedeny v cm

Percentage of selected macroelements and combustibles proportion (LOI) in dry root biomass within particular root thickness classes

Varianta/Variant	Tloušťková třída kořenů (cm)/ Root thickness class (cm)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Spalitelné látky/ Combustibles percentage (LOI) (%)
Kontrola/Control	(0,0 - 0,5>	0,46	0,05	0,43	0,27	0,125	0,082	98,290
	(0,5 - 1,0>	0,34	0,03	0,25	0,16	0,047	0,078	99,856
	(1,0 - 1,5>	0,21	0,02	0,13	0,06	0,02	0,073	99,283
	(1,5 - 2,0>	0,18	0,01	0,11	0,10	0,018	0,136	99,134
	(2,0 - 3,0>	0,23	0,01	0,16	0,12	0,025	0,099	99,307
	(3+)	0,19	0,01	0,12	0,17	0,023	0,058	99,319
Povrch/Surface	(0,0 - 0,5>	0,41	0,04	0,37	0,31	0,116	0,100	99,811
Povrch/Surface	(0,5 - 1,0>	0,26	0,02	0,19	0,12	0,033	0,084	99,018
Povrch/Surface	(1,0 - 1,5>	0,21	0,01	0,14	0,14	0,029	0,140	99,318
Povrch/Surface	(1,5 - 2,0>	0,22	0,01	0,16	0,17	0,033	0,099	99,174
Povrch/Surface	(2,0 - 3,0>	0,23	0,01	0,14	0,14	0,028	0,044	99,423
Povrch/Surface	(3+)	0,16	0,01	0,10	0,15	0,022	0,126	99,556
Jamka/Planting hole	(0,0 - 0,5>	0,45	0,03	0,27	0,37	0,083	0,153	98,480
Jamka/Planting hole	(0,5 - 1,0>	0,33	0,03	0,19	0,18	0,043	0,100	99,148
Jamka/Planting hole	(1,0 - 1,5>	0,25	0,01	0,15	0,22	0,032	0,085	99,150
Jamka/Planting hole	(1,5 - 2,0>	0,23	0,01	0,13	0,21	0,029	0,098	99,334
Jamka/Planting hole	(2,0 - 3,0>	0,21	0,01	0,11	0,15	0,026	0,133	98,871
Jamka/Planting hole	(3+)	0,18	0,01	0,08	0,16	0,026	0,093	99,914

Tab. 4.

Absolutní množství biomasy, živin a síry na kořenový systém jednoho vzorníku u srovnávaných variant

Amount of biomass and macroelements bound in biomass of one average root system within particular variants

Varianta/Variant	Tloušťková třída kořenů (cm)/ Root thickness class (cm)	Hmotnost sušiny (g)/ Dry mass weight (g)	N tot (g)	P tot (g)	K tot (g)	Ca tot (g)	Mg tot (g)	S tot (g)
Kontrola/Control	(0,0 - 0,5>	69,1	0,315	0,031	0,297	0,186	0,086	0,057
	(0,5 - 1,0>	26,5	0,090	0,007	0,066	0,042	0,012	0,021
	(1,0 - 1,5>	24,7	0,052	0,005	0,032	0,015	0,005	0,018
	(1,5 - 2,0>	17,9	0,032	0,002	0,020	0,018	0,003	0,024
	(2,0 - 3,0>	28,3	0,066	0,003	0,045	0,034	0,007	0,028
	(3+)	178,6	0,340	0,009	0,214	0,304	0,041	0,103
	Celkem/Sum	345,1	0,896	0,056	0,675	0,599	0,155	0,251
Povrch/Surface	(0,0 - 0,5>	98,1	0,406	0,036	0,363	0,304	0,114	0,098
Povrch/Surface	(0,5 - 1,0>	57,4	0,149	0,010	0,109	0,069	0,019	0,048
Povrch/Surface	(1,0 - 1,5>	44,8	0,093	0,004	0,063	0,063	0,013	0,063
Povrch/Surface	(1,5 - 2,0>	26,8	0,060	0,003	0,043	0,046	0,009	0,027
Povrch/Surface	(2,0 - 3,0>	61,7	0,142	0,007	0,086	0,086	0,017	0,027
Povrch/Surface	(3+)	288,1	0,458	0,020	0,288	0,432	0,063	0,364
Povrch/Surface	Celkem/Sum	576,9	1,307	0,080	0,952	1,000	0,235	0,627
Jamka/Planting hole	(0,0 - 0,5>	138,8	0,626	0,039	0,375	0,513	0,115	0,212
Jamka/Planting hole	(0,5 - 1,0>	57,8	0,189	0,016	0,110	0,104	0,025	0,058
Jamka/Planting hole	(1,0 - 1,5>	28,0	0,069	0,003	0,042	0,062	0,009	0,024
Jamka/Planting hole	(1,5 - 2,0>	41,8	0,097	0,004	0,054	0,088	0,012	0,041
Jamka/Planting hole	(2,0 - 3,0>	68,5	0,142	0,005	0,075	0,103	0,018	0,091
Jamka/Planting hole	(3+)	355,4	0,631	0,018	0,284	0,569	0,092	0,332
Jamka/Planting hole	Celkem/Sum	690,3	1,754	0,085	0,941	1,438	0,271	0,758

Uložení kořenů v půdním profilu

Kořenové systémy vzorníků byly u všech variant v půdě uloženy velice mělce. Kořeny prorůstaly půdou na spodní hranici humusového horizontu F (drť) těsně pod drnem travní buřeny, se kterým byly v těsném kontaktu. Pokud narazily na překážku (kámen, pařez), obvykle jí nepodrustaly, ale obrůstaly kolem ní. Přestože smrk vytváří plochý povrchový kořenový systém, takto extrémně mělké zapuštění kořenů u vzorníků všech variant bylo překvapivé. Tento jev autoři nemohou dokladovat číselně, ale byl zcela zřejmý při archeologickém vyvzdávání kořenových systémů.

Chemické složení nadzemních pletiv z podzimních odběrů

U všech tří variant je možné konstatovat, že s výjimkou Ca jsou sledované prvky (N, P, K, Mg, S) procentuálně nejvíce zastoupeny v jehličí, poté následuje kůra a nejméně jich obsahuje dřevo. Ca je proti tomu nejvíce zastoupeno v kůře, poté v jehličí a nakonec ve dřevě (viz tab. 5).

Koncentrace N v sušině jehličí a kůry z podzimního odběru je u kontrolní varianty vyšší než u vápněných variant. Zastoupení N v jehličí na kontrole a variantě „povrch“ je na hranici deficitu, u jamkové vápněné varianty je zásobení N již deficitní.

Procentuální obsah P v jehličí je u vápněných variant nepatrně vyšší než u kontroly. U všech tří variant naznačuje koncentrace P v sušině jehličí zhoršené zásobení. V kůře a dřevě obsahuje nejvíce P varianta „povrch“, o něco méně je tohoto prvku u kontrolní varianty a nejméně je ho u vzorníků z varianty „jamka“.

Draslíkem v jehličí jsou nelépe zásobeny vzorníky z jamkové přívápněné varianty, následuje kontrolní varianta a nejméně K je v jehličí povrchově vápněných smrků. U všech tří variant je výživa draslíkem dostatečná. V kůře a ve dřevě mají ale proti tomu vzorníky varianty „povrch“ podíl K největší, menší zastoupení tohoto prvku má varianta „jamka“ a nejméně K je obsaženo v kůře a ve dřevě kontrolních vzorníků.

Podíl Ca v jehličí a v kůře mají obě vápněné varianty podle očekávání vyšší než kontrola. Koncentrace Ca v jehličí všech tří variant nicméně odpovídá dostatečnému zásobení. V případě dřevní hmoty kmínku je procento tohoto prvku u vzorníků všech tří variant prakticky vyrovnané.

Mg je v pletivu asimilačního aparátu obsažen nejvíce u vzorníků z varianty s povrchovou aplikací. Obsah Mg v jehličí vzorníků pocházejících z variant „jamka“ a „kontrola“ je nižší. Koncentrace Mg v jehličí všech tří variant je ale na postačující úrovni. V kůře a ve dřevě vzorníků je obsah hořčíku všech tří variant podobný s mírným nárůstem jamkové přívápněných smrků.

Nejvyšší obsah S v jehličí, v kůře i ve dřevní hmotě byl registrován u vzorků kontrolní varianty. Vzorky vápněných variant „povrch“ a „jamka“ obsahovaly síry zřetelně méně. Koncentrace S v asimilačním aparátu indikují přetrvávající zatížení stanoviště sirnými polutanty.

Poměr N/P v jehličí byl na kontrole 14,7, u varianty „povrch“ 12,5 a u varianty „jamka“ 11,6. Poměr N/K byl u kontroly 2,22, na variantě „povrch“ 2,57 a na variantě „jamka“ 1,95. Poměr N/Ca byl na kontrolní variantě 3,95, u varianty „povrch“ 2,74 a na variantě „jamka“ 2,79. Poměr N/Mg byl na kontrole 12,0 a na variantách „povrch“ a „jamka“ 9,6 a 11,0. Všechny zjištěné poměry odpovídaly u všech tří variant normálu. Pro hodnocení stavu výživy jak z hlediska koncentrací živin, tak vzájemných poměrů živin v sušině jehličí byla použita kritéria podle VRIESE et al. (1998).

Chemické složení nadzemních pletiv z letních odběrů

Přehled koncentrací makroelementů v pletivech vzorníků odebraných v létě 2003 je uveden v tabulce 6.

U materiálu ze vzorníků odebraných v létě („letní sušina“) vykazovaly směsné vzorky ze všech ročníků jehličí při srovnání s pletivem z ostatních částí u všech variant největší koncentrace N, K, S a ve většině případů i P. Nejvyšší podíl vápníku na hmotnostní jednotku letní sušiny byl zaznamenán u kůry. Nejnižší koncentrace živin v sušině byly registrovány u odkorněného dřeva kmínku.

Z hlediska mezivariantního srovnání vykazovaly nejvyšší průměrnou koncentraci N v letní sušině jehličí vzorníky z jamkové vápněné varianty. U větví, dřeva a kůry byl však podíl N na hmotnostní jednotku sušiny nejvyšší u kontroly. Statistická analýza ale rozdílů v koncentracích N mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy (jehličí, dřevo kmínku, větve, kůra).

Tab. 5.

Koncentrace hlavních živin ve vybraných nadzemních pletivech vzorníků odebraných ve standardní odběrovou dobu v prosinci 2003
Nutrition of chosen above-ground tissues of the trees sampled in the autumn of 2003

Část vzorníku/ Plant compartment	Varianta/Variant	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Poslední ročník jehličí (podzimní odběr)/ Current-year needles (autumn sampling)	Kontrola/Control	1,26	0,09	0,57	0,32	0,105	0,159
	Surface/Povrch	1,23	0,10	0,48	0,45	0,129	0,121
	Planting hole/Jamka	1,17	0,10	0,60	0,42	0,106	0,132
Kůra kmínku (podzimní odběr)/ Stem bark (autumn sampling)	Kontrola/Control	0,76	0,05	0,34	0,6	0,072	0,114
	Surface/Povrch	0,60	0,06	0,39	0,74	0,075	0,071
	Planting hole/Jamka	0,57	0,05	0,37	0,85	0,080	0,070
Dřevo kmínku (podzimní odběr)/ Stem wood (autumn sampling)	Kontrola/Control	0,12	0,03	0,07	0,11	0,015	0,092
	Surface/Povrch	0,13	0,04	0,11	0,11	0,015	0,060
	Planting hole/Jamka	0,14	0,03	0,09	0,13	0,018	0,043

Procentuální obsah P v letní sušině jehličí a naštěpkovaných větví je nejvyšší u kontroly, naopak v sušině dřeva kmínku vykazuje P nepatrně vyšší podíl u variant vápněných. Kruskal-Wallisova analýza ale rozdíly v koncentracích P mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Koncentrace K v letní sušině všech čtyř částí nadzemní biomasy je nejmenší u jamkové vápněných vzorníků. Statistická analýza ale rozdíly v koncentracích K mezi variantami neoznačila jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Procento Ca v jehličí a kůře je nejvyšší u varianty „jamka“. V případě sušiny větví a dřeva kmínku je průměrná koncentrace tohoto prvku u vzorníků obou vápněných variant podobná a pohybuje se nad hodnotami zaznamenanými u kontrolní varianty. Statistická analýza ale rozdíly v koncentracích Ca mezi variantami neoznačila jako signifikantní ani u jedné části nadzemní biomasy.

Relativní zastoupení Mg v jehličí je nejvyšší u jamkové vápněné varianty. U ostatních částí nadzemní biomasy mají jamkové vápněné smrky koncentraci Mg nejnižší. V rozštěpkovaných větvích, dřevě kmínku a kůře je koncentrace Mg nejvyšší u povrchové vápněné varianty. Statistická analýza nicméně rozdíly v koncentracích Mg mezi variantami neoznačila jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Vzorníky povrchové vápněné varianty vykazují ve většině případů rovněž nejvyšší koncentraci S v nadzemní sušině. Pouze v případě kůry je koncentrace síry nepatrně vyšší u kontrolních vzorníků. Statistická analýza rozdíly v koncentracích S mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Smyslem letních odběrů byla především kvantifikace živin v celých stromech, proto způsob sestavení vzorků pro laboratorní chemické analýzy je u letních odběrů odlišný od odběrů z podzimu, kde šlo především o zhodnocení stavu výživy (viz metodika). Výsledky analýz z léta a podzimu tudíž nelze, právě vzhledem k metodickým odlišnostem jejich odběru, vzájemně konfrontovat.

Celkové množství sušiny a živin akumulované v nadzemní a podzemní biomase smrkových vzorníků

Ucelený přehled týkající se distribuce biomasy a jednotlivých živin v rámci stromových vzorníků jednotlivých variant uvádí tabulka 7.

Jak vyplývá z tabulky 7, vzorníky obou vápněných variant vytvořily výrazně větší množství celkové biomasy než jejich protějšky z kontrolní varianty. Stromy reprezentující variantu „povrch“ v sobě akumulují o 71 % více sušiny a smrky z varianty „jamka“ o 110 % více sušiny než stromy na kontrole.

Tab. 6.

Koncentrace živin v pletivech nadzemních částí vzorníků odebraných v létě 2003

Nutrition of chosen above-ground tissues of the trees sampled in the summer of 2003

Část stromku/Compartment	Variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Jehličí/Needles	kontrola/control	x	1,10	0,077	0,50	0,79	0,086	0,145
		s	0,10	0,026	0,09	0,17	0,020	0,028
	povrch/surface	x	0,99	0,073	0,51	0,73	0,089	0,184
		s	0,09	0,005	0,07	0,02	0,012	0,024
	jamka/planting hole	x	1,24	0,064	0,47	0,80	0,095	0,151
		s	0,15	0,006	0,08	0,15	0,024	0,025
Větvě/Branches	kontrola/control	x	0,55	0,050	0,36	0,42	0,061	0,077
		s	0,11	0,022	0,09	0,02	0,011	0,012
	povrch/surface	x	0,44	0,038	0,28	0,51	0,061	0,102
		s	0,08	0,009	0,07	0,09	0,007	0,015
	jamka/planting hole	x	0,46	0,033	0,25	0,51	0,054	0,085
		s	0,12	0,006	0,07	0,15	0,017	0,011
Dřevo kmínku/Stem wood	kontrola/control	x	0,15	0,005	0,08	0,12	0,018	0,076
		s	0,01	0,004	0,02	0,01	0,003	0,021
	povrch/surface	x	0,14	0,007	0,09	0,14	0,022	0,077
		s	0,01	0,005	0,02	0,01	0,003	0,008
	jamka/planting hole	x	0,14	0,006	0,07	0,13	0,015	0,047
		s	0,01	0,004	0,01	0,04	0,002	0,014
Kůra kmínku/Stem bark	kontrola/control	x	0,68	0,072	0,45	0,87	0,098	0,099
		s	0,12	0,020	0,12	0,04	0,012	0,002
	povrch/surface	x	0,64	0,075	0,40	0,87	0,103	0,097
		s	0,05	0,010	0,02	0,01	0,008	0,004
	jamka/planting hole	x	0,61	0,058	0,39	0,94	0,078	0,082
		s	0,05	0,021	0,11	0,12	0,016	0,010

Tab. 7.

Celkové množství biomasy a živin a jejich distribuce v jednotlivých částech vzorníkových stromů reprezentujících příslušné varianty

The total average contents of dry mass and macronutrients in particular compartments of sample trees representing the compared plantation variants

Varianta/Variant	Část/Compartment	Hmotnost sušiny (g)/ Dry mass weight (g)	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	S (g)
Kontrola/Control	jehličí/needles	693	7,628	0,536	3,466	5,476	0,596	1,006
	větve/branches	511	2,827	0,254	1,856	2,146	0,313	0,395
	dřevo kmínku/stem wood	489	0,721	0,024	0,375	0,587	0,088	0,370
	kůra kmínku/stem bark	79	0,539	0,057	0,352	0,683	0,078	0,078
	kořeny/roots	345	0,896	0,056	0,675	0,599	0,155	0,251
	Celkem/Sum	2117	12,610	0,927	6,724	9,491	1,230	2,101
Povrch/Surface	jehličí/needles	1169	11,579	0,850	5,963	8,535	1,045	2,153
	větve/branches	872	3,845	0,334	2,442	4,419	0,529	0,891
	dřevo kmínku/stem wood	860	1,192	0,060	0,803	1,233	0,192	0,666
	kůra kmínku/stem bark	151	0,970	0,113	0,597	1,305	0,155	0,146
	kořeny/roots	577	1,307	0,080	0,952	1,000	0,235	0,627
	Celkem/Sum	3629	18,893	1,438	10,757	16,492	2,156	4,483
Jamka/Planting hole	jehličí/needles	1310	16,212	0,838	6,158	10,525	1,249	1,980
	větve/branches	1125	5,144	0,367	2,812	5,699	0,611	0,958
	dřevo kmínku/stem wood	1141	1,545	0,072	0,799	1,446	0,175	0,538
	kůra kmínku/stem bark	180	1,103	0,105	0,697	1,694	0,141	0,149
	kořeny/roots	690	1,754	0,085	0,941	1,438	0,271	0,758
	Celkem/Sum	4447	25,757	1,468	11,406	20,801	2,447	4,383

Tab. 8.

Poměry mezi hmotností sušiny nadzemní a podzemní biomasy a mezi hmotností jednotlivých makroelementů akumulovaných v nadzemních pletivech a v pletivech kořenů u jednotlivých variant

Shoot-to-root ratios in terms of dry mass and macronutrient contents within particular treatment variants

Varianta/Variant	Část/Compartment	Hmotnost sušiny/ Dry mass weight	N	P	K	Ca	Mg	S
Kontrola/Control	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,1	13,1	15,4	9,0	14,8	6,9	7,4
Povrch/Surface	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,3	13,5	16,9	10,3	15,5	8,2	6,1
Jamka/Planting hole	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,4	13,7	16,3	11,1	13,5	8,0	4,8

Vzhledem k množství sušiny vzorníky z vápněných variant v sobě celkově akumulují výrazně větší absolutní množství všech sledovaných živin, i když koncentrace sledovaných prvků v pletivech stromů byla u vápněných variant v řadě případů srovnatelná nebo i nižší než na kontrole.

Vzorníky varianty „povrch“ a „jamka“ poutají o 50 %, resp. o 104 % více N než jejich kontrolní protějšky. Stromy z variant „povrch“ a „jamka“ předstihují kontrolu při srovnání celkového množství P akumulovaného v pletivech o 55 %, resp. o 58 %, u K o 60 %, resp. o 70 %, v případě Ca o 74 %, resp. o 119 %, u Mg o 75 %, resp. o 99 % a v případě S pak o 113 %, resp. 109 %.

Tabulka 8 podává informaci o poměrech sušiny a absolutního množství živin mezi nadzemní a podzemní biomasou vzorníků v jednotlivých variantách. Vzájemný poměr mezi hmotností nadzemní a podzemní sušiny u všech variant přesahuje hodnotu 5 a je vyšší, než jaký byl zjištěn u objemu čerstvých pletiv. Na rozdíl od poměrů zjišťovaných u objemu čerstvé biomasy jsou hodnoty poměru hmotnosti nadzemní a podzemní sušiny mezi jednotlivými variantami rozrůzněnější. U vápněných variant nadzemní biomasa vůči kořenům mírně posiluje, což se promítá i na poměrech množství N, P, K a Mg.

DISKUSE

Otázka, jaký vliv mají v imisních oblastech hnojivé či meliorační substráty na růst nadzemních částí a kořenů při různých formách aplikace, je velice aktuální. Existují hypotézy, že v extrémně nepříznivých půdních podmínkách může především jamková forma použití těchto materiálů vést ke kořenovým deformacím a v jejich důsledku i k pozdější stagnaci růstu a nestabilitě porostů.

TESAŘ (1986) sledoval vývoj výsadeb s jamkovou aplikací 4 kg diabasu na sazenici. Po prvních letech výrazně rychlejšího přírůstu došlo u přihnojených výsadeb k přírůstové depresi, takže tyto výsadby byly dostiženy svými kontrolními nepřihnojenými protějšky. U stagnujících výsadeb s jamkovou aplikací hnojiva se navíc začaly objevovat vývraty stromků, což u kontroly podle TESAŘE pozorováno nebylo. Následná analýza kořenového systému dřevin z výsadeb s jamkovou aplikací hnojiva ukázala, že kořeny těchto stromů se omezovaly pouze na prostředí jamky vylepšené hnojivým substrátem a do okolní půdy prakticky nepronikaly. Vytvářel se tak nepoměr mezi nadzemní částí dřevin a deformující se kořenovou sférou. Ten se razantně projevil po odeznění účinků meliorace a byl také příčinou nízké stability mladých stromů, jež se následně projevovала jejich vývraty. Při povrchové aplikaci přitom k těmto jevům nedocházelo.

V případě výsadby smrku ztepilého, které se týká předkládaný příspěvek, k žádným podobným negativním dopadům nedošlo. Povrchová i jamková aplikace moučky dolomitického vápence pozitivně ovlivnila přírůst mladých smrků a snížila jejich mortalitu.

Kořenový systém vzorníků z varianty s jamkovou aplikací se v případě naší výsadby neomezoval pouze na jamkový prostor s vylepšenou půdou. Smrkové vzorníky této varianty do vlastní jamky obvykle spustily pouze chomáč jemných vyživovacích kořenů, zatímco jejich kosterní kořeny jamku opouštěly a často prorůstaly ve formě jakýchsi laterálních kořenových šlahounů těsně pod spodní hranici travního drnu až k jamkám sousedních stromů, kam opět spustily jemné vyživovací kořánky.

V této souvislosti třeba uvést, že stanoviště experimentu bylo v druhé polovině 80. let 20. století před založením výzkumné plochy provozně vápněno. Podle dostupných informací se mělo jednat o jednu leteckou aplikaci dolomitického vápence původem ze Slovenska v dávce 2,4 t/ha. Provozní vápnění tedy mohlo snížit extremitu půdního chemismu na stanovišti a umožnit tak snazší prorůstání kořenů jamkově vápněných smrků i mimo jamky. Na druhou stranu s provozním leteckým vápněním může souviset i velmi mělké uložení kořenových systémů vzorníkových stromů, které bylo pozorováno u všech variant.

Při snižování extremity půdního chemismu, které mohlo umožnit snazší prorůstání kořenů do okolí vzorníků, se mohla projevit také přizemní vegetace s výrazným zastoupením třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN). FIALA et al. (2005) uvádí, že v lesní půdě horského imisního stanoviště v Moravskoslezských Beskydech, kde byl vytvořen travní pokryv, došlo k mírnému zvýšení pH a obsahu Ca a Mg proti půdě, která travou porostlá nebyla, a to v relativně velmi krátkém období tří let.

Experimentální meliorace se příznivě projevila i na objemu kořenové biomasy (tab. 2, obr. 2), takže u vápněných variant přes výrazně rychlejší přírůst zůstal zachován stejný poměr objemu čerstvé nadzemní a kořenové biomasy jako u kontroly. U hmotnosti vysušených pletiv však v případě vápněných variant přeci jen došlo k mírnému posunu poměrů ve prospěch sušiny nadzemní. Autoři nicméně předpokládají, že z hlediska odolnosti stromu vůči vyvrácení by měl být důležitější poměr objemu čerstvých pletiv.

Vzorníky vápněných variant obsahovaly díky množství své sušiny výrazně vyšší absolutní úhrny živin než jejich kontrolní protějšky (tab. 7). Avšak z hlediska koncentrace živin na hmotnostní jednotku sušiny již situace není zdaleka tak jednoznačná (tab. 6). Pletiva jemných koncových kořenů u kontrolních stromů měla větší procentuální zastoupení P, K a překvapivě i Mg v sušině. Podobně štěpka větví s kůrou obsahovala u kontrolních stromů větší procento N, P a K, než bylo zjištěno u stromů z vápněných variant. Kromě jehličí u jamkově vápněné varianty měly vápněné vzorníky ve všech svých pletivech menší koncentraci N než stromy z kontroly. I když statistická analýza v naprosté většině případů neoznačila rozdíly v koncentracích živin za průkazné, je třeba brát v úvahu, že její závěry byly ovlivněny omezeným množstvím dat z malého počtu vzorníků.

Při posouzení stavu výživy vzorníků podle koncentrací makroelementů v sušině nejnovějšího ročníku jehličí (tab. 5) se N spolu s P jeví jako nejslabší články výživy výsadeb u všech variant.

U vápněných výsadeb může připadat v úvahu riziko možných nepříznivých dopadů vápnění na půdní N (KREUTZER 1995, NILSSON et al. 2001, PRIHA, SMOLANDER 1995, PODRÁZSKÝ 2003). V imisním zatížení našich hor sice začíná hrát postupně čím dál větší roli depozice dusíku (SLODIČÁK et al. 2005), ale i na stanovištích, která jsou zatížena relativně vysokým dusíkatým spadem, může za určitých okolností docházet v celkovém výsledku k ochuzování ekosystému o tuto živinu (DISE et al. 1998). Právě v tomto světle zůstávají možné dopady vápnění na půdní N půdní organickou hmotu stále velkým problémem.

Jak vyplývá z jedné další studie (KUNEŠ et al. 2006) provedené v rámci stejné výsadby, tráva třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN) na vápněné variantě vykazuje ve srovnání s kontrolou větší zastoupení. Oproti kontrole má však tato tráva na vápněné variantě nižší koncentraci N ve svých pletivech, vytváří méně biomasy a poutá menší absolutní množství N na plošnou jednotku svého porostu.

Na druhou stranu autoři považují za možné, že nižší koncentrace některých živin včetně dusíku v biomase vápněných vzorníků nemusí být v tomto konkrétním experimentu ani tak výsledkem jejich zhoršené dostupnosti v důsledku potenciálních negativních účinků vápnění na půdní prostředí jako spíše podstatně většího objemu biomasy vápněných smrků v podmínkách chudého horského stanoviště („efekt ředění“).

Dané stanoviště v některých případech nemuselo být schopno poskytnout rychleji rostoucím vápněným stromům takové množství určité živiny, aby pletiva vápněných jedinců mohla obsahovat koncentrace srovnatelné s koncentracemi u smrků na pomaleji odrůstající kontrole. Limitované množství živin na chudém horském stanovišti musí být u vápněných vzorníků distribuováno do většího množství biomasy, než jaké vyprodukovaly referenční stromy kontrolní varianty.

Je otázkou dalšího výzkumu, do jaké míry se na obsahu dusíku v pletivech rostlinné složky podílí vzájemná konkurenční interakce mezi dřevinami a bylinným patrem na stanovišti s limitním obsahem dusíku a do jaké míry může jít o přímé ovlivnění bilance dusíku v ekosystému vápněním.

Významným faktorem ovlivňujícím chemické složení jednotlivých částí vzorníků je pravděpodobně také translokace živin do partií, kde je stromy nejvíce potřebují. Translokace živin nemusí vždy sledovat stejné schéma, závisí na stanovišti a dostupnosti živin. Kupříkladu INGERSLEV (1999) na lokalitě v Dánsku popisuje u nejnovějšího ročníku smrkového jehličí nižší koncentraci Mg, než jaká byla zaznamenána u starších ročníků. ŠRÁMEK et al. (2004) ale v podmínkách Jizerských hor konstatuje, že poslední ročník smr-

kového jehličí je Mg zásoben spíše lépe než ročníky starší. Odlišnosti distribuce Mg v jednotlivých ročnících smrkového jehličí, jak vyplývají z pozorování dánského a českého autora, by bylo možné vysvětlit různým typem stanoviště. V prvním případě se díky blízkosti moře jednalo o Mg dostatečně zásobenou lokalitu (INGERSLEV 1997), zatímco v případě druhém vystupuje Mg jako živina v nedostatku a smrky jej zřejmě preferenčně distribuovaly do pletiv, kde byl nejvíce potřeba.

Hlavní otázka, kterou si autoři této studie položili, byla: „Může cíleně aplikovaná chemická meliorace v drsných podmínkách horské holiny pozitivně ovlivnit vitalitu a prosperitu mladých výsad, aniž by v budoucnu nutně došlo k projevu některých vážných negativních dopadů tohoto opatření v oblasti morfologie a výživy mladých stromů?“ Právě tyto negativní dopady by totiž do budoucna mohly znamenat zvýšené riziko zvratu v pozitivním vývoji, který je cílená iniciační meliorace v počátečním období existence výsadby obvykle schopna nastartovat. Předběžnou odpovědí na tuto otázku je „opatrné“ ano.

Cílené iniciační vápnění totiž v tomto případě nebylo spojeno s problémy v morfologii mladých smrků, jak na ně upozorňuje např. TESAŘ (1986) a nebyly konstatovány problémy ve výživě, které by bylo možno jednoznačně přičíst účinkům vápnění. Koncentrace fosforu v deficitních hodnotách se vyskytovaly u vzorníků všech tří variant a nižší koncentrace dusíku v pletivech vápněných stromů se zatím nikterak neprojevily na přirůstání.

O pozitivním vlivu cíleného vápnění na prosperitu této výsadby přitom referuje KUNEŠ (2003) a lze jej vyvodit i z průměrných charakteristik (tab. 1).

Vápnění a chemická meliorace jako celek však přesto může být dvousečným opatřením. K jeho nepříznivým projevům v oblasti morfologie stromů a jejich výživy může teprve dojít, obzvláště na odlesněných horských stanovištích. Tato studie nicméně vyvrací, alespoň ve 12letém časovém horizontu, že k nim musí docházet zákonitě. Přesnější definici podmínek, za jakých okolností k melioračním opatřením přistoupit a jakým způsobem je provádět, aby byla minimalizována možná rizika a zároveň posílena pravděpodobnost projevu pozitivních účinků, však předkládaná studie jistě poskytnout nemůže. To je dlouhodobým úkolem lesnického výzkumu do budoucna.

Z hlediska budoucí perspektivy vývoje vápněných výsadby je třeba zmínit obavu, aby intenzivnější přírůst stimulovaný chemickou meliorací za vlivu dusíkatého spadu nepodnítl tvorbu méně pevného dřeva, které by vůči namáhání sněhem a větrem vykazovalo sníženou odolnost. Autoři proto považují za velmi žádoucí provést šetření zaměřená rovněž na tuto oblast.

Autoři studie zastávají názor, že u budoucích experimentů by spíše než vápnění měla být testována nová generace hnojiv s komplexním pokrytím spektra bazických iontů a fosforu a s pomalým či kontrolovaným výdejem živin. Výzkum cílené chemické meliorace za použití těchto nových typů hnojiv by měl být v horských imisních oblastech zaměřen především na podporu prosadby či podsadby druhově obohacující příměsí dřevin.

ZÁVĚR

Ani u jedné z forem aplikace moučky dolomitického vápence nedošlo u hodnocené výsadby k negativnímu projevu tohoto opatření na kořenovém systému mladých smrkových vzorníků. Vápnění urychlilo přírůst nadzemní i kořenové biomasy ve srovnání s kontrolní variantou. Poměr objemu mezi nadzemní biomasou a biomasou kořenů přitom zůstal u všech variant téměř stejný. Překvapivé bylo velice mělké uložení kořenů v půdě zaznamenané u vzorníků všech tří variant.

Vzorníky vápněných variant obsahovaly, díky množství své sušiny, výrazně vyšší absolutní úhrny živin (N, P, K, Ca, Mg, S) než jejich kontrolní protějšky. Avšak z hlediska koncentrace živin na hmotnostní jednotku sušiny již situace nebyla zdaleka tak jednoznačná.

Nejslabší články ve výživě vzorníků všech tří variant se zdají být dusík a fosfor.

Poděkování:

Výzkum, jehož výsledky jsou prezentovány v tomto příspěvku, byl kryt z prostředků Vnitřní grantové agentury Fakulty lesnické a environmentální ČZU Praha, dále z prostředků Nadace pro záchranu a obnovu Jizerských hor ZGP 5/2006 „Vliv chemické meliorace na distribuci živin a biomasy ve smrkové kultuře na opětovně zalesněné horské imisní holině v Jizerských horách“, výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ a z projektu NAZV č. 1G57073 „Faktory ovlivňující změny vlastností lesních půd v antropogenně pozměněných podmínkách“.

LITERATURA

- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Založení výsadbového pokusu v hřebenné části Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39, 1994, č. 2, s.1-7.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Zvýšení vitality kultur lesních dřevin aplikací horninových mouček při obnově lesa na kalamitních holinách Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu., 40, 1995, č. 3/4, s. 44-49.
- DISE, N. B., MATZNER, F., GUNDERSEN, P.: Synthesis of nitrogen pools and fluxes from European forest ecosystems. Water, Air, and Soil Pollution, 105, 1998, s. 143-154.
- INGERSLEV, M.: Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies*) plantation. Part I. Nutrient concentrations. Forest Ecology and Management, 119, 1999, s. 13-20.
- INGERSLEV, M.: Effects of liming and fertilization on growth, soil chemistry and soil water chemistry in a Norway spruce plantation on a nutrient-poor soil in Denmark. Forest Ecology and Management, 92, 1997, s. 55-56.
- KREUTZER, K.: Effects of forest liming on soil processes. Plant and Soil, 168-169, 1995, s. 447-470
- KUNEŠ, I.: Prosperity of spruce plantation after application of dolomitic limestone powder. Journal of Forest Science, 49, 2003, č. 5, s. 220-228.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J.: Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006a, č. 2, s. 84-91.
- KUNEŠ, I., VYKYPĚLOVÁ, E., MÖLLEROVÁ, J., ŠEDLBAUEROVÁ, J., FRITSCHEROVÁ, H., KOHOUTOVÁ, J., BENEŠOVÁ, T., ZADINA, J.: Bylinné patro v rámci výsadby smrku ztepilého na chemicky meliorovaných plochách horského imisního stanoviště Jizerka. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006b, č. 4, s. 219-229.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ZAHRADNÍK, D.: Vliv cílené povrchové aplikace dolomitického vápence na pedochemické parametry půdy na imisní holině ve vrcholových partiích Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 52, 2007, č. 3, s. 246-257.
- MATERNA, J.: Výživa a hnojení lesních porostů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství 1963. 227 s.
- NILSSON, S. I. et al.: Influence of dolomite lime on leaching and storage of C, N and S in a Spodosol under Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). Forest Ecology and Management, 146, 2001, s. 55-73.
- PODRÁZSKÝ, V.: Velkoplošné povrchové vápnění imisních holin: rizika a přínosy. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy, 18. února, 2003. Praha: ČZU Lesnická fakulta, 2003a, s. 60-65. ISBN 80-213-1008-1
- PRIHA, O., SMOLANDER, A.: Nitrification, denitrification and microbial biomass N in soil from two N-fertilized and limed Norway spruce forests. Soil Biology and Biochemistry, 27, 1995, č. 3, s. 305-310.
- ŠLODIČÁK, M. (ed.) et al.: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. [Forestry Management in the Jizerské hory Mts.] Hradec Králové a Jiloviště-Strnady, Lesy České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2005. 232 s. ISBN: 80-86945-00-6 (LČR), 80-86461-51-3 (VÚLHM).
- STEFAN, K., RAITIO, H., BARTELS, U., FÜRST, A.: Sampling and analysis of needles and leaves. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests – Part IV/. UN/ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution ICP-Forests, 2000, 8 s.
- ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., MAXA, N., NEUMAN, L., FADRHOŇSOVÁ, V.: Změny obsahů prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. Závěrečná zpráva projektu GS LČR. Jiloviště-Strnady: VÚLHM 2004. 99 s.
- TESAŘ, V.: Reakce smrku ztepilého na přihnojení vápencem a diabasem v imisní oblasti. In: Vápnění lesních půd v lesních oblastech. Sborník z konference. Ústí nad Labem: ČSVTS 1986, s. 36-45.
- VRIES, W.: Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. FIMCI, 1998, s. 48-49.
- ZBÍRAL, J.: Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy. Brno: SKZUZ 1994. Přeruš. str.

Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of Norway spruce in the Jizerské hory Mts.

Summary

The experimental plot (lat. 50°49'39"N, long.15°21'16"E) is located on a formerly clear-felled and replanted patch in the air-polluted Jizerské hory Mts. The Norway spruce culture was planted at the spacing of 1 x 2 m (50 trees per 100 m²) on the southwest-facing slope of the Střední Jizerský hřeben ridge (960 m a. s. l., mountain humus podzol) in 1991. The mean annual air temperature is 5.2 °C on the site and the mean annual precipitation equals 1,089 mm. The plantation consists of three variants ("control", "surface" and "planting hole"). The "surface" and "planting hole" are limed variants. In the "surface" variant, 1 kg of limestone powder was applied on the soil surface in circles (D = 1 m) around the spruces immediately after planting. In the "planting hole" variant, 1 kg of the limestone powder was incorporated into the soil within the planting holes at the time of planting the spruce cultures.

The analysis presented in this paper was carried out in the summer of 2003. There were five sample trees taken per each variant 12 years after planting and (in case of limed variants) after limestone application. The sample trees corresponded closely to the average parameters (height, stem base diameter and crown diameter) of the plantation in the particular variant, which they represented.

As for the results, liming stimulated the growth of young spruces and decreased the mortality rate of young spruce cultures in the ameliorated variants. The shoot-to-root ratio (in terms of fresh biomass volume) remained almost equal in all three variants. In spite of the naturally flat-shaped root system of Norway spruce, an unusually shallow anchoring of roots of all the sample trees irrespectively of variant was very surprising.

The limed sample trees produced a substantially higher quantity of total biomass in which they also confined markedly higher total amounts of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S) than their control counterparts. As for the nutrient concentration per weight unit of the dry mass, the situation is much more diversified. In terms of nutrient concentration, the variant ranking differs depending on particular tree compartment as well as the element assessed.

As far as nutrition of young spruces is concerned, the supply of phosphorus and nitrogen seems to be the most critical factor in all three variants.

Recenzováno

Ondřej Ivanek* - Petr Novotný* - Miloš Karous** - Richard Gürtler**;

* Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. - Strnady, **GEONIKA, s. r. o., Praha

POROVNÁNÍ GENETICKÉ STRUKTURY POROSTNÍCH SKUPIN SMRKU ZTEPILÉHO V CHKO SLAVKOVSKÝ LES NA STANOVIŠTÍCH ODLIŠNÝCH Z HLEDISKA PŘÍTOMNOSTI TEKTONICKÝCH PORUCH V PODLOŽÍ

Genetic structure of Norway spruce stands in Protected Landscape Area Slavkovský les on sites with tectonic faults in parent rock

Abstract

Genetic differences among three Norway spruce stands in PLA Slavkovský les, near territory of Kladské rašeliny (peatbog) reserve, were investigated by using isozyme analysis of samples from 315 trees, in conditions of diversified geological structure, where tectonic faults were found by method of resistance profiling. Using one-dimensional horizontal electrophoresis, G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, LAP-B and AAT-C isozymic loci were studied. Relatively high degree of heterozygosity was found for G-6-PDH, SDH-A, LAP-B and AAT-C loci in the stands out of territory of Kladské rašeliny reserve where heterozygosity was low for most of studied loci (G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, LAP-B, e.g.). For the stand in the Kladské rašeliny reserve, very low genetic diversity was found. Geophysical survey performed in framework of this genetic study, showed presence of remarkable tectonic faults. For polymorphic loci G-6-PDH, SDH-A, LAP-B and AAT-C, increased heterozygosity and minor allele's distribution, indicating increased genetic diversity, were found for parts of stands situated near the tectonic faults.

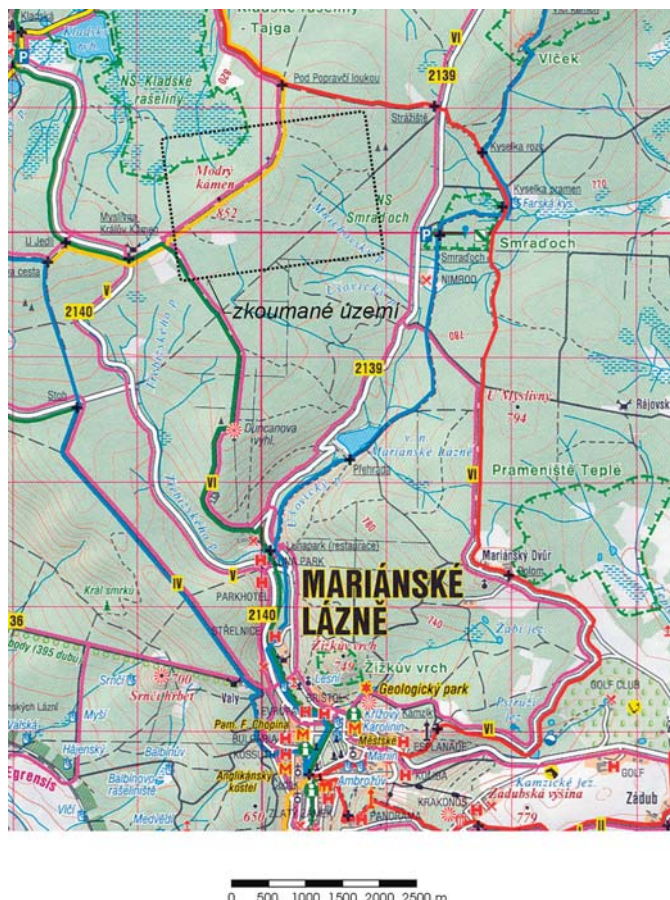
Klíčová slova: smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ KARSTEN), analýza isoenzymů, tektonické poruchy, CHKO Slavkovský les, genetická struktura porostů
Key words: Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARSTEN), isozyme analyse, tectonic faults, PLA Slavkovský les, genetic structure of stands

ÚVOD

Isoenzymová analýza představuje metodu, která poskytuje informace o genetické struktuře a variabilitě lesních dřevin na molekulární úrovni. Ta je významně ovlivněna zejména genotypovou skladbou porostu, stanovištními faktory a mezidruhovou či vnitrodruhovou selekcí (IVANEK, KRČMÁŘ 2004). Jedním z významných stanovištních faktorů je geologická charakteristika stanoviště. Cílem této práce je porovnat (v rámci vybrané oblasti) výsledky isoenzymových analýz na lokalitách lišících se z hlediska výskytu tektonických poruch. Ty jsou indikovány jako geochemické nehomogenity (KRČMÁŘ 2003) s vyšší elektrickou vodivostí a vyšším obsahem porézní vody (GÜRTLER, KAROUS 2004), jež mohou determinovat transport vody a rozpuštěných látek mezi podložím, půdním profilem a kořenovým systémem dřevin. Tektonické poruchy jsou preferenčními cestami pohybu podzemních vod (DAVIS, DE WIEST 1966, HYNIE 1961, ŠILAR 1975) a zároveň výstupovými cestami roztoků a plynů z velkých hloubek. Díky zvýšenému obsahu porézní vody a roztoků se geologické poruchy projevují jako výrazné elektrické vodiče se sníženou rezistivitou (KAROUS 1989).

METODIKA

Na zájmových plochách byla provedena geologická charakterizace stanoviště. Z hlediska zaměření této práce byly sledovány tektonické poruchy (viz níže) a horninové typy. Pro jejich zmapování bylo použito metody dipólového odporového profilování (KAROUS, MAREŠ 1988), jímž se měří rezistivita (měrný odpor) hornin do hloubek několika desítek metrů na vytyčených profilech. Na základě přehledu výskytu stanovišť s přirozeným výskytem smrku ztepilého v rámci ČR (NEUHÄUSLOVÁ 1998) byl proveden výběr zájmové oblasti v CHKO Slavkovský les, PLO 3 – Karlovarská vrchovina, v oblasti ležící jv od národní přírodní rezervace Kladské rašeliny (dále též rašeliniště).



Obr. 1.
Vymezení zájmové oblasti
Area of interest

Tab. 1.

Charakteristika sledovaných tří porostních skupin smrku ztepilého
Characteristic of three observed stand groups of Norway spruce

Označení skupiny/ Group	Zdůvodnění výběru porostní skupiny/ Reason for selection of stand group	Označení podskupin podle přítomnosti poruchy/ Subgroups according to fault presence	Počet stromů/ Number of trees
Skupina 1/ Group 1	Předpokládaná přítomnost tektonické poruchy/ Supposed tectonic fault	1A: Mimo tektonickou poruchu/ Outside tectonic fault 1B: Na prokázané tektonické poruše/ On proven tectonic fault	1A: 122 1B: 43 165
Skupina 2/ Group 2	Srovnávací měření/ Comparative measurement	----	50
Skupina 3/ Group 3	Lokalizace na jižním okraji národní pří- rodní rezervace Kladské rašeliny/ Located on southern margin of national nature reserve Kladské rašeliny	----	100

Pro danou oblast byly zjištěny výsledky historického průzkumu (MINISTR 1961). Lokalizace porostních skupin smrku ztepilého byla provedena s přihlédnutím k udávané poloze hlavní lokální tektonické poruchy, procházející přibližně jižní částí Kladského rybníka sledující směr sz-jv (CICHA, OPLETAL, TONIKA 1998) a dále s ohledem na polohu vůči rašeliništi. Takto byly vybrány tři porostní skupiny smrku ztepilého o rozloze 3,5; 2,5; 1,5 ha, jež jsou v dalším textu označeny jako skupiny 1, 2, 3 (tab. 1, obr. 1, 3). Skupiny č. 1 a 2 byly vybrány v lokalitách mimo oblast rezervace Kladské rašeliny, skupina č. 3 odpovídá jižnímu okraji této rezervace, tj. je lokalizována přímo v oblasti rašeliniště. Skupina č. 1 byla vybrána v oblasti předpokládané tektonické poruchy a byla dále rozdělena na podskupiny č. 1A a 1B na základě výsledků metody dipólového odporového profilování postupem, který je blíže popsán ve výsledkové části. Skupina č. 2 byla vybrána jako srovnávací. Ze všech porostních skupin byly náhodným výběrem zvoleni jedinci smrku ztepilého v celkovém počtu 315 stromů, z jejichž korun byly v březnu r. 2004 odebrány vzorky větví (tab. 1, obr. 1, 3). Ze vzorků větví byly získány dormantní pupeny, které byly homogenizovány a analyzovány po rozdělení jednorozměrnou horizontální elektroforézou na škrobovém gelu v Tris-citrátovém pufracím systému (PASTEUR et al. 1988, IVANEK 2006), s použitím aparatury Multiphor II fy Pharmacia Biotech. Izoenzymovými analýzami pak bylo sledováno a vyhodnoceno 6 polymorfních lokusů (tab. 2). U sledovaných lokusů byly vyhodnoceny alelické frekvence a hodnoty heterozygotnosti. Na zájmových plochách byla provedena geologická charakterizace stanoviště. V rámci zaměření této práce byly sledovány tektonické poruchy (viz níže) a horninové typy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

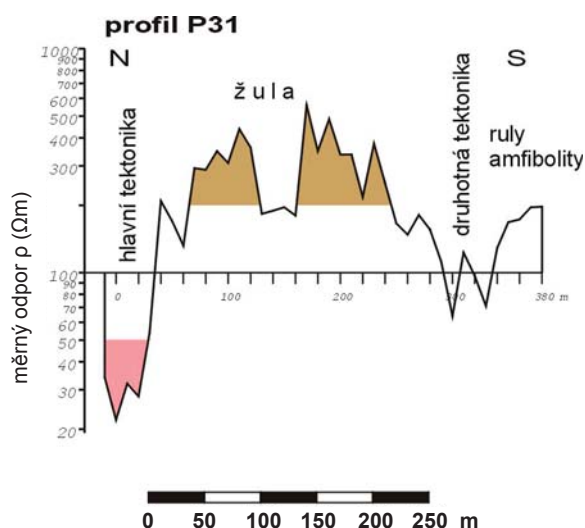
a) Geofyzikální měření

Situace zájmového území je v širším topografickém kontextu zobrazena ve výseku turistické mapy na obrázku 1. Na obrázku 3 je zakresleno všech 16 vytyčených profilů P16 až P670 a dále průběh interpretovaných tektonických linií a vyznačena oblast různých typů hornin (granity, ruly). Zastoupené horniny (MÍŠAŘ et al. 1983) se liší rezistivitami: granity sasko-durynské oblasti krušnohorského plutonu mají rezistivitu 250 - 1 000 Ω m, amfibolity a ruly mariánsko-lázeňského bazického komplexu jen 100 - 200 Ω m. Příklad průběhu rezistivity podél vybraného profilu P31 a způsobu určení tektonických poruch (jako lokálních minim na křivce rezistivity) je uveden na obrázku 2.

Tento průběh je charakteristický pro celou měřenou oblast. I v ostatních profilech měření ukázala, že střední a zároveň nejdelší tektonická porucha se od ostatních odlišuje výskytem nízkých hodnot rezistivity. Usuzujeme, že značně odlišné odporové hladiny v okolí jednotlivých tektonických poruch jsou zejména důsledkem proměnné mocnosti zvětralého pokryvu a eluvia (viz níže).

Pokud se týká složení hornin geologického podloží sledovaných porostních skupin, skupina č. 1 se nachází na rozhraní dvou typů podložních hornin (obr. 3). Severovýchodní část skupiny na východ od Mnichovského potoka se nachází v metamorfovaných horninách krušnohorského krystalinika, převážně se jedná o granatické amfibolity paleozoického stáří (karbon - devon). Západně od Mnichovského potoka se nachází středně zrnitý hlubinný magmatický granit kladského typu s albitem, Li-muskovitem a topazem. Skupiny č. 2 a 3 jsou situovány dále k západu od Mnichovského potoka, takže leží na granitech. Amfibolity jsou součástí mariánsko-lázeňského bazického komplexu a granity náleží sasko-durynské oblasti krušnohorského plutonu.

Oproti udávanému sz-jv směru hlavní lokální tektonické poruchové linie (CICHA, OPLETAL, TONIKA 1998) bylo zjištěno, že tato linie má zhruba zsv-vjv směr a byla věrohodně zachycena na všech profilech (na obrázku 3 dvojitou přerušovanou červenou čarou). Kromě této hlavní linie se projevuje severně od ní ještě jedna vodivá linie méně výrazná. Je vyznačena jednoduchou přerušovanou čarou. Jedná se o doprovodnou poruchu. Nutno přitom zdůraznit, že zjištěné tektonické poruchy vytvářejí nikoli úzce omezenou linii, ale jsou doprovázeny sérií paralelních, různě intenzivních puklin a puklinových systémů různé šířky od několika metrů až po desítku metrů. Skupiny stromů č. 1 a 2 leží na tektonických poruchových liniích, resp. poruchovém pásmu, zatímco skupina č. 3 se nachází celkově mimo toto pásmo. V okolí skupiny stromů č. 2 je možné sledovat další vodivou linii odlišného směru zjz-vsv. Podle přítomnosti tektonických poruch byly v rámci porostní skupiny č. 1 vylišeny dvě dílčí podskupiny 1A a 1B, a to na základě měření rezistivit podloží. Do podskupiny 1B byli zařazeni jedinci, kteří se nacházeli na tektonické poruše (podloží charakterizováno rezistivitou do 120 - 140 Ω m). Jedinci, kteří se nacházeli mimo tektonickou poruchu (rezistivita vyšší než uvedená mez), byli zařazeni do podskupiny 1A (tab. 1, obr. 3). Z tabulky 1 vyplývá, že počet jedinců v podskupině 1B je nižší než v podskupině 1A, je však srovnatelný se srovnávací skupinou 2.



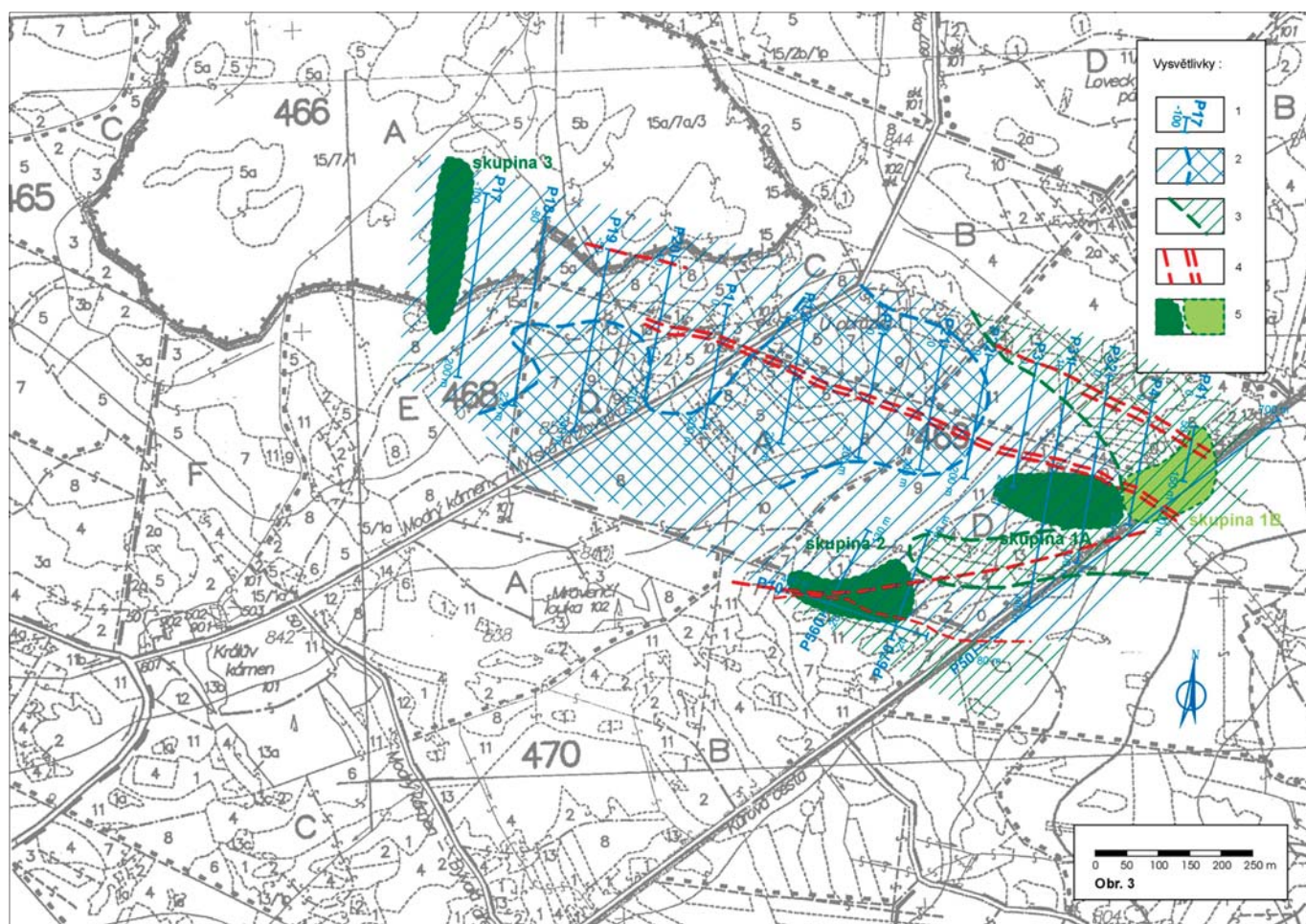
Obr. 2.

Příklad odporové křivky, mapující tektoniku a různé typy hornin
Example of resistivity curve mapping tectonic and various types of rock

b) Historický průzkum

Pokud se týká historického průzkumu zájmových porostních skupin, uveďme výňatek pro porost ve sledované oblasti (MINISTR 1961). V době založení porostu tento spadal pod panství Kynžvart. V záznamech, odpovídajících posledním dvěma dekadám 19. století, je uvedeno, že ačkoli „...přes velké polomy v lesích (z větší části SM, pozn.) bylo hospodařeno konzervativně, lesy chráněny, těžební zásahy přizpůsobeny lesní estetice, ponechávány byly staré stromy.... roční paseky se ihned zalesňují sazenicemi z vlastních školek...”. Tento způsob hospodaření zřejmě vycházel z dlouhodobé koncepce majitele Kladské, který zde uplatňoval přírodě blízké metody lesnictví. Kromě uvedených údajů (vycházejících z popisu nalezeného v kynžvartském zámku v r. 1930) veškeré archiválie, převzaté později ředitelstvem vojenských lesů v Kynžvartu, beze zbytku shořely koncem 50. let minulého století.

Z výše uvedeného vyvozujeme, že v případě skupin č. 1 a 2 se jedná o porosty z hlediska přirozené druhové skladby nepůvodní, avšak založené pravděpodobně s využitím reprodukčního materiálu místního původu, jmenovitě spadajícího pod území bývalého panství Kynžvart. Skupina č. 3, odpovídající jižnímu okraji rezervace Kladské rašeliny představuje pravděpodobně porost původní (srov. NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998).



Obr. 3.

Interpretovaná geologická mapa a polohy skupin stromů: 1 - geofyzikální profily, 2 - granity, 3 - ruly, 4 - tektonika, 5 - porostní skupiny; tmavě zelená: mimo tektoniku, světle zelená: na tektonice
Interpreted geologic map and location of trees: 1 - geophysical profiles, 2 - granites, 3 - gneisses, 4 - tectonics, 5 - stand groups; dark green: outside tectonic, light green: on tectonics

Tab. 2.

Sledované enzymatické systémy a lokusy
Observed enzymatic systems and loci

Enzym – lokus	Zkratka/Abbr.
Glukózo-6-fosfátdehydrogenáza	G-6-PDH
Glutamátdehydrogenáza	GDH
Šikimátdehydrogenáza - A	SDH-A
Fosfoglukomutáza - A	PGM-A
Leucinaminopeptidáza - B	LAP-B
Aspartátaminotransferáza	AAT-C

c) Analýzy izoenzymů

Pro sledované tři skupiny smrku ztepilého bylo zjištěno, že lokusy AAT-C a LAP-B vykazují nejvyšší heterozygotnost, zatímco lokusy GDH a PGM-A nejnižší. Hodnoty heterozygotnosti a podíl zastoupení minoritních alel, jež je mírou polymorfismu, přibližně stoupají v řadě izoenzymových lokusů PGM-A, GDH, G-6-PDH, SDH-A, LAP-B, AAT-C. Zatímco u AAT-C byl vysoký polymorfismus, typický pro naprostou většinu smrkových populací (KONNERT 1995, IVANEK 2000), zjištěn u všech sledovaných porostních skupin, u LAP-B je možno konstatovat zvýšení polymorfismu a heterozygotnosti ve skupině č. 2 a zejména 1B. U lokusu SDH-A lze pozorovat výrazně nízkou heterozygotnost u skupiny č. 3, přibližně vyrovnané hodnoty u skupin č. 1 a 2 a nejvyšší hodnotu u podskupiny 1B. Enzymatický systém G-6-PDH se vyznačuje nejvyšší hodnotou heterozygotnosti u skupiny č. 2, GDH u skupiny č. 1, resp. č. 1A. Heterozygotnost lokusu PGM-A nabývá nulových hodnot u porostních skupin č. 1B, 2 a 3 a velmi nízké hodnoty u podskupiny 1A. Hodnoty heterozygotnosti jsou spolu s alelickými frekvencemi uvedených lokusů znázorněny v tabulkách 3 a 4. Ze shrnutí těchto výsledků vyplývá, že zatímco porostní skupiny č. 1 a 2 jsou z hlediska heterozygotnosti přibližně vyrovnané, skupina č. 3 vykazuje u všech sledovaných lokusů nejnižší hodnoty této veličiny, což představuje příklad snížení genetické diverzity porostů, pravděpodobně původních, na území rezervace Kladské rašeliny (srov. tab. 1).

Ve srovnání s výsledky izoenzymových analýz smrkových porostů, prováděných na plochách ICP Forests (IVANEK 2006), lze konstatovat, že u enzymatických systémů, resp. lokusů sledovaných v obou studiích (tj. u G-6-PDH, SDH-A a PGM-A), je genetická diverzita sledovaných porostních skupin č. 1 a 2 srovnatelná nebo vyšší než např. u nedaleké lokality Q521 – Lazy ze stejné PLO (Karlovarská vrchovina) (IVANEK 2002). U porostních podskupin č. 1A a 1B, vylišených podle přítomnosti tektonických poruch, bylo zjištěno, že heterozygotnost a zastoupení minoritních alel polymorfních lokusů G-6-PDH, SDH-A, LAP-B a AAT-C je vyšší v podskupině č. 1B (tj. v přítomnosti tektonických poruch), zatímco u lokusů s nízkým nebo zanedbatelným polymorfismem GDH a PGM-A je tomu obráceně (tab. 3, 4). Tento výsledek odpovídá zvýšení genetické diverzity polymorfních lokusů u smrkových porostů na tektonických poruchách. Představuje zároveň rozšíření prvních výsledků dřívějších měření na plochách ICP Forests v oblasti Karlovarské vrchoviny (IVANEK, KRČMÁŘ 2004).

ZÁVĚR

Ve sledované oblasti byl proveden geofyzikální výzkum odporovým profilováním (DOP), které prokázalo přítomnost významných tektonických poruch v podloží sledovaných porostů. Na základě historického průzkumu bylo zjištěno, že sledované porostní skupiny smrku ztepilého v zájmové části CHKO Slavkovský les jsou (v oblastech mimo území rezervace Kladské rašeliny) pravděpodobně založeny s využitím reprodukčního materiálu z místního regionu, tj. území bývalého panství Kynžvart. Izoenzymové analýzy populací, reprezentovaných těmito porostními skupinami, ukázaly, že se jedná o populace s poměrně vysokou heterozygotností, resp. genetickou diverzitou, zejména u lokusů LAP-B a SDH-A. U porostní skupiny na území rezervace Kladské rašeliny byla naopak zjištěna značně nízká genetická diverzita u většiny měřených lokusů, tj. u G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A a LAP-B. V souvislosti s anomáliemi geologického podloží bylo zjištěno, že heterozygotnost a zastoupení minoritních alel, které jsou měřítkem genetické diverzity, je v případě polymorfních lokusů vyšší u těch částí porostů, které se nacházejí v oblasti tektonických poruch. Rozdíly mezi skupinami podle příslušnosti k různým horninám geologického podloží nebyly vyhodnocovány vzhledem ke značné heterogenitě horninového prostředí.

Tab. 3.

Heterozygotnost sledovaných tří porostních skupin smrku ztepilého
Heterozygosity of three observed Norway spruce stand groups

Enzym/ Enzyme	Heterozygotnost porostních skupin/Heterozygosity of stand groups:				
	1	1		2	3
	celkem/sum	1A	1B	celkem/sum	celkem/sum
G-6-PDH	0,076	0,068	0,100	0,150	0,062
GDH	0,038	0,043	0,025	0,000	0,000
SDH-A	0,077	0,051	0,150	0,076	0,030
PGM-A	0,007	0,009	0,000	0,000	0,000
LAP-B	0,270	0,232	0,375	0,339	0,226
AAT-C	0,543	0,470	0,750	0,566	0,505

Tab. 4.

Alelické frekvence sledovaných tří porostních skupin smrku ztepilého

Allelic frequencies of three observed Norway spruce stand groups

Enzym/ Enzyme	Alely/ Allels	Alelické frekvence porostních skupin/Allelic frequencies of stand groups				
		1	1		2	3
		celkem/sum	1A	1B	celkem/sum	celkem/sum
G-6-PDH	1	0,038	0,034	0,050	0,075	0,031
	2	0,962	0,966	0,950	0,925	0,969
GDH	1	0,019	0,021	0,012	0,000	0,000
	2	0,981	0,979	0,988	1,000	1,000
SDH-A	2	0,028	0,021	0,050	0,028	0,005
	3	0,962	0,975	0,925	0,963	0,985
	4	0,010	0,004	0,025	0,009	0,010
PGM-A	1	0,003	0,004	0,000	0,000	0,000
	2	0,997	0,996	1,000	1,000	1,000
LAP-B	1	0,010	0,004	0,025	0,000	0,000
	2	0,821	0,859	0,713	0,783	0,876
	3	0,153	0,133	0,212	0,179	0,119
	4	0,016	0,004	0,050	0,038	0,005
AAT-C	1	0,007	0,009	0,000	0,000	0,000
	2	0,546	0,545	0,550	0,623	0,593
	3	0,431	0,425	0,450	0,377	0,407
	4	0,016	0,021	0,000	0,000	0,000

Poděkování:

Príspevek vznikl v rámci podpory výzkumného záměru MZE č. 0002070202, tematický okruh DZ 05.01 a grantu MZe QD 1428 Genetická identifikace lesních dřevin v různých stanovištních podmínkách pomocí isoenzymových analýz, za přispění spolupracovníků K. Matějky, J. Kubce a J. Mannové.

LITERATURA

- CICHA, I., OPLETAL, M., TONIKA, J.: Geologická mapa ČR. List 11-41 Mariánské Lázně: Český geologický ústav, 1998.
- DAVIS, S. N., DE WIEST, R. J.: Hydrogeology. New York: Wiley & Sons, 1966.
- GÜRTLER, R., KAROUS, M.: Vyhodnocení atmogeochemických měření v rámci projektu ICP Forests - monitoringu lesních ekosystémů na třech plochách ve Slavkovském lese, IV. etapa. Geofyzikální průzkum. Praha: Geonika a VÚLHM, 2004.
- HYNIE, O.: Hydrogeologie ČSR. Díl I. Prosté vody. Praha: Nakl. ČSAV, 1961.
- IVANEK, O.: Genetic study of Norway spruce from the Northern part of Czech Republic with isoenzyme analyses. Commun. Inst. For. Boh./Práce VÚLHM, 2000, s. 15-23.
- IVANEK, O.: Isoenzymové analýzy smrku ztepilého na plochách ICP Forests v PLO Karlovarská vrchovina. In Slodičák, M., Novák, J. (eds.) 2001: Results of Forestry Research in the Ore Mts. in 2001. 2002. s. 155-160.
- IVANEK, O.: Výsledky isoenzymových analýz populací smrku ztepilého na plochách s různými stanovištními podmínkami. Zprávy lesn. výzkumu, 2006, roč. 51, č. 1, s. 32-37.
- IVANEK, O., KRČMÁŘ, B.: Genetické srovnání dvou populací smrku z PLO Karlovarská vrchovina s dalšími populacemi této dřeviny v rámci vybraných ploch ICP Forests. In Novák, J., Slodičák, M. (eds.) 2003: Results of Forestry Research in the Ore Mts. in 2003. 2004, s. 245-251.
- KAROUS, M.: Geoelektrické metody průzkumu. Praha: SNTL, 1989. Amsterdam: Alfa/practice. Elsevier
- KAROUS, M., MAREŠ, S.: Geophysical methods in studying fracture aquifers. Prague: Charles University Press, 1988.
- KONNERT, M.: Isoenzymuntersuchungen bei Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) und Weisstanne (*Abies alba* MILL.). Anleitung zur Trennmethode und Auswertung der Zymogramme, Teisendorf: 1995.
- KRČMÁŘ, B.: Vyhodnocení atmogeochemických měření v rámci programu ICP Forests - monitoringu lesních ekosystémů. III. etapa. Mapování koncentračních polí prvků emitovaných geologickými strukturami v neodfiltrované formě. Praha: AGEX, 2003.
- MINISTR, J.: Historický výzkum lesů jednotlivých hospodářských celků: Kynžvart I. a II. ÚHÚL ve Zvoleni, pobočka Plzeň, 1961.
- MÍSAŘ, Z. et al.: Geologie ČSSR I. Český masív. Praha: SPN, 1983.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al.: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Praha: Academia, 1998.
- PASTEUR, N. et al.: Practical Isogyne Genetics. Ellis Horwood series in gene technology. New York: Wiley & Sons, 1988.
- ŠILAR, J.: Základy hydrogeologie a inženýrské geologie. Učební text PGS. Praha: PŤF UK, 1975.

Genetic structure of Norway spruce stands in Protected Landscape Area Slavkovský les on sites with tectonic faults in parent rock

Summary

Genetic differences among three Norway spruce stands in PLA Slavkovský les in area southeastern from Kladské rašeliny (peatbog) national nature reserve were investigated by using isozyme analysis of samples from 315 trees, for diversified geological conditions. There was found, according to historical survey, that the investigated Norway spruce stands in PLA Slavkovský les were regenerated with utilization of reproductive material of local origin, from area of former lordship Kynžvart (with except of territory of Kladské rašeliny national nature reserve itself). In framework of geophysical survey, marked tectonic faults were found by method of resistance profiling. Measuring isozymic loci G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A, LAP-B and AAT-C by using one-dimensional horizontal electrophoresis on starch gel, relatively high degree of heterozygosity was found for AAT-C, LAP-B, SDH-A and G-6-PDH isozymic loci, with exception of the peatbog area. For the stand in the Kladské rašeliny national nature reserve, very low genetic diversity was found for most of the measured loci, G-6-PDH, GDH, SDH-A, PGM-A and LAP-B, e.g. For polymorphic loci G-6-PDH, SDH-A, LAP-B and AAT-C, increased heterozygosity and minor allele's distribution (indicating increased genetic diversity) were found for parts of stands situated near the tectonic faults.

Recenzováno

Dušan Kacálek - Jiří Novák - Ondřej Špulák - Vladimír Černohous - Jan Bartoš
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

PŘEMĚNA PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ ZALESNĚNÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH POZEMKŮ NA PŮDNÍ PROSTŘEDÍ LESNÍHO EKOSYSTÉMU - PŘEHLED POZNATKŮ

Conversion of afforested agricultural-land soils towards forest soil conditions restoration – review

Abstract

Under natural conditions of Middle Europe, forests had formed indigenous vegetation cover before agricultural practices shifted a proportion of land use. Consequently, soil properties (especially top-soil horizons) have altered due to tillage and amendment. Nowadays, agricultural land has been converted back to forest land for many reasons. The process of soil restoration towards at least semi-forest soil under close-to-continuous stands seems to be a long-term process. The article is dealing with information gathered from both international and domestic literature; the aim of our study is to find links and consequences concerning afforestation of agricultural land from soil properties point of view.

Klíčová slova: zalesňování, zemědělská půda, lesní půda, půdní vlastnosti, využití půdy

Key words: afforestation, agricultural land, forest land, soil properties, land use

ÚVOD

Půdní vlastnosti závisí v prvé řadě na geologických, geomorfologických, klimatických a hydrických podmínkách konkrétního stanoviště a jejich vývoji. Od těchto vlastností neživého prostředí ekosystémů se pak odvíjí druhová skladba a struktura rostlinných společenstev, v našem případě lesů. Lesní porosty naopak v interakci s abiotickými poměry přispívají k formování půd jako komplexů minerální a organické složky. Nejvýznamnějším faktorem měnícím přirozené půdní prostředí je lidská činnost, respektive zemědělská kultivace (ŠÁLY 1978). To platí i tehdy, když nezahrneme některé negativní vlivy antropizace půd, jako např. zátěžové depozice nebo imisní acidifikaci (BEDRNA 2002). První doložitelné vlivy člověka na půdy jsou datovány již do mladší doby kamenné, kdy začalo osídlování oblastí s nejlepšími půdními bonitami. Tyto polohy byly od příchodu prvních zemědělců trvale obhospodařované (LOŽEK 1999, SCHMITHÜSEN 2003). V rámci naší země však stále zůstávaly rozsáhlé zalesněné, zejména podhorské a horské oblasti, jejichž kolonizace začala asi v druhé polovině 12. století (NOŽIČKA 1957, POLENO 1985, ŠPULÁK 2006). Samozřejmě, že pojmy lesní a zemědělská půda neexistovaly tehdy ve smyslu, jak je chápeme dnes; docházelo ke značným výkyvům v zastoupení zmíněných kategorií buď v důsledku rozmachu společnosti (úbytek lesů) nebo epidemií a válek (zemědělská půda opuštěných sídel obsazená opět lesem). Později byla část zemědělských půd znovu cíleně zalesňována. Podobné příčiny zalesňování zemědělských pozemků existovaly také v jiných zemích Evropy. Například ve Finsku identifikuje SELBY (1980) ve své studii jako hlavní důvody opětovného zalesňování kamenitost, zamokření, nízkou úrodnost, odlehlost pozemků a změny vlastnických poměrů. V našich zemích bylo největšího rozsahu zalesnění dosaženo po 2. světové válce, což představovalo v českých zemích nárůst plochy lesní půdy o ca 200 000 ha (MÍCHAL et al. 1992, ŠPULÁK 2006) a například o více než 1 000 000 ha v Polsku (SIEROTA 1987, SOBCZAK 1998).

Považujeme tak za nutné zdůraznit, že proces antropogenně podmíněné změny půdních poměrů je značně dlouhodobý a komplikovaný. V důsledku toho je dnes obtížné rozlišit původní a druhotné vlastnosti půd. Předkládaný příspěvek shrmažďuje škálu poznatků o zalesňování zemědělských půd a pomocí poznatků z celosvětové literatury komentuje dopady zalesnění na půdní vlastnosti a hodnotí přetrvávající pozůstatky zemědělského hospodaření.

OBNOVA LESNÍHO PROSTŘEDÍ PO ZALESNĚNÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY

Předpokládáme, že během zemědělského obhospodařování (pastvení, kosení, orba apod.) byly vlastnosti kultivovaných půd značně odchýleny od potenciálně přírodního stavu. Například diagnostickým rysem orných půd je zformování orničního horizontu, který přetrvává i dlouhou dobu po opětovném zalesnění (SZUJECKI 1996). Zemědělské půdy jsou méně acidifikované než lesní půdy a vykazují rozdílnou distribuci organické hmoty (DOMŽAL et al. 1993). Přesto BEDRNA (2002) považuje zemědělsky využívané půdy za nedílnou součást pedosféry zformovanou v důsledku záměrné činnosti člověka označované jako tzv. antropizace půdy. Antropizaci pak dále dělí na pozitivní (meliorace) a negativní (degradace). K melioračním opatřením můžeme řadit orbu nebo umělé dodávání organických látek a minerálních živin, zatímco degradaci půdy v důsledku zemědělského hospodaření je např. zhutnění podorníčních vrstev a s tím související snížení objemu makropórů (VOMOCIL, FLOCKER 1961, ALAKUKU 1999) nebo eroze. Opětovným zalesněním dochází ke změně kultury a to se přirozeně odráží také na vlastnostech půd.

Z lesnického hlediska je nejvýraznějším rysem obnovy lesního půdního prostředí zformování horizontů nadložního humusu vzniklého opadem a rozkladem listové biomasy; analogicky je také biomasa kořenů zdrojem organického materiálu pod povrchem půdy. V podmínkách našich smrkových porostů založených na bývalé zemědělské půdě byla například zjištěna akumulace sušiny v humusových horizontech (L + F + H) 80 – 100 t.ha⁻¹ v 39 letech věku (SLODIČÁK et al. 2005) a 124 – 132 t.ha⁻¹ v 66 letech věku (NOVÁK et al. 2007). Tato organická hmota je dále zpracovávána půdními mikroorganismy, které tvoří nedílnou součást půdní bioty (SINGER, MUNNS 1996). Z hlediska zakládání a pěstování lesních porostů na bývalé zemědělské půdě je podstatné, po jakou dobu mohou specifické vlastnosti zemědělských půd získané kultivací přetrvávat a ovlivňovat nově založené lesy, tedy zda dochází k obnově lesního půdního prostředí již během první generace zalesnění nebo až později. Z publikovaných prací vyplývá, že i když některé rysy půd pod porosty první generace lesa svědčí o obnově stavu blízkého lesním půdám, mohou půdní vlastnosti získané kultivací přetrvávat nejméně desítky (SZUJECKI 1996, RITTER et al. 2003, WALL, HYTÖNEN 2005, WALL, WESTMAN 2006), často však i stovky let (KOERNER et al. 1997, DUPOUEY et al.

2002). S postupným odrůstáním kultury dochází k nástupu změn také v bylinném patře. BRÄKENHELM (1977) uvádí, že významným faktorem pro změnu keřového a bylinného podrostu pod smrkovými porosty je vytvoření porostního zápoje. Druhy podrostu ubývají a dočasně narůstá relativní význam patra mechorostů a lišejníků; i ty jsou pod úplným zápojem zastoupeny velmi řídké. Při dalším postupném předřování porostu se mechy a lišejníky vracejí a nastává kolonizace typicky lesními druhy vegetace. Ze srovnání sousedních ca 20letých porostů břízy a smrku vyplynula ve zmiňované studii vyšší druhová bohatost podrostu pod břízou. Byly provedeny i pokusy s přenosem bylinné vegetace z lesní půdy do porostů na bývalé zemědělské půdě. Konkrétně ve studii KUBÍKOVÉ (1994) byly z dobře zachovalého dubohabrového lesa (*Melampyro-Carpinetum*) přemístěny půdní bloky s bylinnou vegetací do podmínek 70letého dubového porostu na bývalé zemědělské půdě. Většina rostlinných druhů přežila tento přesun, kvetla, produkovala semena a zmlazovala se v podmínkách nového stanoviště. Nicméně, pouze velmi omezený počet druhů (*Pulmonaria obscura*, *Viola reichenbachiana*, *Fragaria vesca*) se šířil i mimo půdní bloky přemístěné z listnatého porostu.

PŮDNÍ CHEMISMUS

Vzhledem k historické volbě dřevin pro zalesnění existuje nejvíce informací o vlivu smrku na půdní prostředí. Předpokládáme, že nejlépe měřitelné změny půdního chemismu vlivem odlišného nadložního humusu na bývalých zemědělských půdách zalesněných různými druhy dřevin se týkají zejména svrchních půdních horizontů. To potvrzují BINKLEY a VALENTINE (1991), kteří našli podstatně kyselejší půdu ve svrchních pěti centimetrech půdy pod smrkem ve srovnání s vejmutovkou a jasanem pensylvánským. Navíc smrkové porosty vykazovaly ve vrstvě do 15 cm poloviční množství bazických kationtů (Ca, Mg, K) ve srovnání s porosty jasanu. Podobné srovnání účinků různých dřevin na svrchní vrstvu minerální půdy uvádějí HAGEN-THORN et al. (2004). Smrk opět nejvíce acidifikoval svrchní vrstvu půdy, která vykazovala nižší saturaci bázemi a vyšší úroveň kationtů hliníku. Z listnatých dřevin byl smrk nejbližší buk a nejdále lípa s významně vyšším pH a saturací bázemi. Nové zalesňování jehličnany ve vyšších polohách Skotska jako hlavní důvod signifikantního poklesu půdního pH, kvality a koloběhu organické hmoty uvádí také GRIEVE (2001). Rovněž ALRIKSSON a OLSSON (1995) hodnotili acidifikaci půdy pod smrkovými porosty první generace různého stáří. Nalezli významně nižší hodnoty pH a saturace bázemi ve svrchní části profilu pod staršími (40 a 55 let) než mladšími (20 let) porosty. RITTER et al. (2003) také konstatovali pokles pH ve svrchních 5 cm půd pod smrkem i dubem různého stáří, ale jako významnější faktor ovlivňující půdu, než jsou dřeviny použité pro zalesnění, stanovili způsob jejího předchozího využití. Smrk se lišil od dubu nepřetržitě se zvyšující akumulací pokryvného humusu, zatímco pod dubem se po dvacátém roce věku jeho množství už dále nezvyšovalo. Ve studii bylo konstatováno, že zalesnění významně modifikuje vlastnosti půdy získané kultivací. Také naše výsledky (KACÁLEK et al. 2006) ze srovnatelných profilů krátce zalesněné, dlouhodobě zalesněné a lesní půdy ukázaly relativně nižší aciditu svrchních a středních horizontů nově zalesněných zemědělských půd ve srovnání s desítky let starými nebo vícegeneračními lesními porosty (srovnej WALL, HYTÖNEN 2005).

O vyšší akumulaci pokryvného humusu pod jehličnany (smrk i modřín ca 45 t.ha⁻¹) než pod listnáči (dub červený a bříza ca 13 t.ha⁻¹) referovali také PODRÁŽKÝ a ŠTĚPÁNÍK (2002). Ačkoliv efekt snížení pH našli pod všemi porosty, nejvýraznější acidifikace byla konstatována

u modřínu. Pokles pH svrchní části půdního profilu v důsledku zalesnění se týká nejen našich domácích dřevin. Tak například u výsadby borovice montereyské dosahovalo zvýšení kyselosti do hloubky 10 cm (FARLEY, KELLY 2004) a u výsadby eukalyptu byla acidifikace alkalických půd temperátních pamp zjištěna ve vrstvě 5 – 35 cm (JOBÁGY, JACKSON 2003). SZUJECKI (1996) konstatoval nižší pH pokryvného humusu o ca 0,25 u zalesněné zemědělské půdy ve srovnání s odpovídající lesní půdou; ve svrchní vrstvě minerální půdy byl tento rozdíl ještě větší (0,5 - 1,0 pH). Při rozsáhlejší zalesňování zemědělských půd může být také postupným zvyšováním acidifikace a nitrifikace pod nově vznikajícími porosty významně ovlivněna kvalita podzemních vod - vyčesáváním atmosférických polutantů a částečně zvýšenou depozicí značně kyselého opadu (ALLEN, CHAPMAN 2001). Vedle acidity a saturace bazickými kationty jsou velmi významnými ukazateli půdních změn koncentrace a kvantita uhlíku a dusíku. Lesní půdy obvykle obsahují více uhlíku a dusíku než srovnatelné nelesní půdy. Stejně tak byla nalezena vyšší koncentrace rozpuštěného organického uhlíku v půdní vodě lesních porostů (WU JIANG GUO, XU DE YING 2005). Celkové obsahy uhlíku a dusíku v půdě jako celku nejsou velké v porovnání s obsahy ve stromech. Akumulace uhlíku a dusíku v biomase zalesněných zemědělských ploch však nepřináší pokles obsahu těchto prvků v půdě (OVINGTON 1956, RITTER et al. 2003).

Společným rysem pro zalesněné dřívě kultivované půdy bylo snížení poměru C : N ve srovnání s odpovídajícími nedotčenými lesními lokalitami (ELLERT, GREGORICH 1996, KOERNER et al. 1997, COMPTON, BOONE 1998) nebo odlesněnými neoranými (PRÉVOSTO et al. 2004) nebo mrvou přihnojovanými (JUSSY et al. 2002) půdami. Některé ukazatele svědčí o zvýšené zásobě dusíku v dřívě kultivovaných půdách (SZUJECKI 1996), která je připisována zejména přihnojování chlévskou mrvou (KOERNER et al. 1997, JUSSY et al. 2002, PRÉVOSTO et al. 2004). Jak uvádí RICHTER et al. (2000), obohacení půdní organické hmoty o dusík přihnojováním při dřívějším zemědělském hospodaření dnes stále významně přispívá do koloběhu dusíku v mnoha lesích na bývalých polích. Navzdory dalšímu příjmu dusíku z atmosférické depozice a pozůstatcích přihnojování však tento autor kvalifikoval 40leté borové porosty na bývalé zemědělské půdě jako akutně deficitní z hlediska zásobení dusíkem. Před zahájením výsadby na opuštěných zemědělských pozemcích je tak vždy nutné přesvědčit se chemickými rozborů o jejich aktuálním stavu (GILMORE, BOGGESE 1963).

Pokud jde o obsah uhlíku ve formě CO₂, BYRNE a FARREL (2005) publikovali studii situovanou do oblasti rašelinných půd v Irsku, kde zjistili, že zalesnění nevede vždy ke zvýšení emise CO₂ v půdě. Naopak bývalé zemědělské půdy určené k zalesnění vykazují vysoký potenciál poutání vzdušného CO₂ na stanovišti pomocí většinou rychlého nárůstu biomasy (např. ERIKSSON, JOHANSSON 2006)

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮDY

V důsledku zemědělského hospodaření dochází ke snížení objemu velkých vzdušných pórů v půdě (VOMOCIL, FLOCKER 1961). Nízká aerace půdního profilu způsobená přemokřením půdy vede k oglejení a představuje riziko hypoxie pro kořeny dřevin již v hloubkách pod 10 cm (WALL, HEISKANEN 1998, 2003). Trend výskytu vyšší objemové hmotnosti s nižším podílem makropórů u zemědělsky využívaných půd potvrzují také MESSING et al. (1997). Zhutnění je významným procesem degradujícím zemědělské půdy jak v horizontech ornice (DOMZAL et al. 1993), tak i podorniči (STANTURF et al. 1998, ALAKUKU 1999) a je častým důsledkem pojezdu mechanizace.

Vzniká tak problém snížené prostupnosti profilu pro kořeny dřevin a to nejen z pohledu mechanické prostupnosti, ale zejména již zmíněného rizika hypoxie. RANEY a EDMISTER (1961) uvádějí, že kriticky snížená aerace brání pronikání kořenových špiček do půdy více než vlastní kompakce půdy.

Geologické, geomorfologické a pedologické poměry limitující růst dřevin musí být brány v úvahu při výběru dřevin, zejména u těch druhů, které vykazují nejlepší růst v úzkých segmentech edafických gradientů (COGLIASTRO et al. 1997, 2003). Půdní poměry pak významně ovlivňují stav výživy vysázených dřevin (např. HYTÖNEN, EKOLA 1993).

Z hlediska změn fyzikálních a chemických vlastností půd pod nově zalesněnými porosty jsou zajímavé poznatky ze severní Číny (SHIRATO et al. 2004). V této oblasti se k obnově desertifikované půdy využívá dřevinná vegetace (topolové kultury), která po uplynutí 10 – 20 let zajišťuje návrat podmínek (akumulace jemných částic, dostupná půdní vlhkost, množství přístupného dusíku a fosforu a kationtové výměnné kapacity) pro intenzivní zemědělskou produkci.

ZMĚNY MIKROEDAFONU

Na základě výše definovaných změn půdního chemismu a fyzikálních vlastností lze předpokládat také posun ve skladbě společenstev půdních mikroorganismů, půdních hub i změny vegetačních poměrů. Například BUCKLEY a SCHMIDT (2001) hodnotili poměry na stále obhospodařovaných i opuštěných polích ve srovnání s nikdy nekultivovanými půdami. Struktura mikrobiálních společenstev byla velmi podobná na plochách, které byly v minulosti dlouhodobě kultivovány, a to bez ohledu na současná rostlinná společenstva i způsob hospodaření. Navíc na plochách nekultivovaných konstatovali signifikantně vyšší kvantitativní hodnoty mikrobiální RNA než na půdách narušených v minulosti zemědělským hospodařením. Ovšem nejenom kultivace, ale také typ vegetačního krytu je považován za významný faktor ovlivňující mikrobiální poměry v půdě. DILLY et al. (2001) našli vyšší hodnoty mikrobiální kolonizace pod travními společenstvy ve srovnání s bukovým porostem. Podobně SAGGAR et al. (2001) konstatovali pod porosty borovice montereyské méně uhlíku a dusíku mikrobiálního původu než pod travními porosty. Také RICH et al. (2003) našli řádově vyšší hodnoty aktivity denitrifikačních enzymů půdních bakterií v lučních podmínkách ve srovnání se sousedním lesním porostem; jako možnou příčinu uvedli nedostatek dostupných nitrátů v lese.

Stav půdní mikroflóry ve vztahu ke hnojení borových porostů na bývalých zemědělských půdách v Estonsku zjišťovali SEEMEN et al. (1998). Jejich výsledky nepotvrdily názor, že přihnojení může omezit tvorbu půdní mikroflóry. Mikroflóra v přihnojených půdách byla početnější a pro zlepšení půdní úrodnosti vhodnější než na kontrolních nepřihnojených půdách.

Nedílnou součástí půdní bioty jsou také houby. ZELLER et al. (2000) uvedli, že podle kvantitativních parametrů obsahu ergosterolu v půdě, jako zástupného ukazatele biomasy hub, nižší obsahy této látky je možné přičítat intenzitě hospodaření. TURDAY a NONAKA (2002) potvrzují nižší obsah ergosterolu na intenzivně obdělávaných půdách oproti půdám pastvin a lesů. Z tohoto pohledu je důležitým znakem obnovy lesního prostředí tvorba mykorhiz na kořenech lesních dřevin. Obnova mykorhiz je důležitá zejména kvůli ustavení ektotrofní stability lesa (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006). V podstatě se jedná o dlouhodobé udržení vhodného poměru druhů hub ve prospěch ektomy-

korhizních (nad 40 %) proti lignikolním (pod 30 %) makromycetům. PERRY et al. (1987) hovoří o možné redukci tvorby mykorhiz také v podmínkách trvalé lesní půdy na lokalitách (zejména chudší půdy) s nedostatkem rostlin nesoucích stejné mykorhizní houby (mykobionty) jako odpovídající lesní dřeviny v případě opožděné obnovy na holé seči. V případě umělé obnovy sadbovým materiálem ze školek prokázali lepší prosperitu semenáčků dřevin s druhově bohatšími mykorhizami stanovištně odpovídajících hub. Nedostatek vhodných mykobiontů může být řešen i založením porostů přípravných rychle rostoucích dřevin (vrby, topoly), jejichž mykorhizy pomohou později dalším výsadbám dřevin s nízkým potenciálem tvorby ektomykorhizy (KAHLE et al. 2005). Přirozený výskyt druhově specifických hub v určitých oblastech přispívá k obnově mykorhizy původně nelesních půd i v tak stanovištně extrémních podmínkách, jako jsou rekultivované výsypky povrchových dolů, jak na příkladu borových porostů dokládá mj. MÜNZENBERGER et al. (2004).

ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Zalesněním dříve kultivovaných zemědělských pozemků dochází v horizontu desítek let k nástupu obnovy půdních podmínek lesních porostů. Přesto je třeba tento proces považovat za dlouhodobý a pravděpodobně zřídka kdy definitivně ukončený, protože obdělávání půdy a změny v jejím využití činí z naší krajiny poměrně dynamicky se vyvíjející komplex. Zalesňování zemědělské půdy se vzhledem k relativně příznivým terénním poměrům a úrodnosti lokalit převedených na pozemky určené k plnění funkcí lesa stalo dobře technologicky zvládnutým procesem, v jehož důsledku vznikly rozsáhlé věkově a druhově homogenní porosty. Po úspěšném založení kultur a zapojení mlazin se začíná tvořit povrchový humus z opadu asimilačních orgánů, který je vizuálně nejcharakterističtější rysem lesních půd. Pod jehličnatými porosty je jeho akumulace významnější než pod listnáči. Tvorba a akumulace horizontů pokrývného humusu je v přímé souvislosti s acidifikací svrchní vrstvy půdy; jehličnany (zejména smrk a modřín) opět zvyšují aciditu více než listnáče. I přes dobré zkušenosti se zakládáním nových porostů je třeba brát v úvahu, že bez ohledu na použité dřeviny má les v první generaci na zemědělské půdě vždy pionýrský charakter. Takto založené porosty musíme považovat za přechodové stadium zakládání lesa v krajině nejen z pohledu půdních vlastností, ale také z pohledu plnění funkcí lesa, které se odvíjejí od konkrétních podmínek prostředí a záměru vlastníků nebo lesních hospodářů. Přestože pozůstatky zemědělského hospodaření mohou v půdách přetrvávat i stovky let, kultivací změněné vlastnosti nepředstavují ve většině případů neúměrné riziko pro vývoj založených porostů za předpokladu uvážené volby dřevin.

Poděkování:

Příspěvek byl vypracován na základě podpory poskytnuté v rámci výzkumného projektu NAZV č. QG 50008 „Dynamika přeměny půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému“. Autoři touto cestou děkují také paní Mirce Valentové za korektury citací literatury a anglického jazyka a paním Jitce Richterové a Aleně Hvězdové za pomoc při zpracování literárních zdrojů.

LITERATURA

- ALAKUKU, L.: Subsoil compaction due to wheel traffic. *Agricultural and food science in Finland*, 8, 1999, s. 333-351.
- ALLEN, A., CHAPMAN, D.: Impacts of afforestation on groundwater resources and quality. *Hydrogeology Journal*, 9, 2001, s. 390-400.
- ALRIKSSON, A., OLSSON, M. T.: Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) on afforested farmland. *Plant and Soil*, 168/169, 1995, s. 103-110.
- BEDRNA, Z.: Environmentálne pôdoznanectvo. Bratislava, Veda 2002. 352 s.
- BINKLEY, D., VALENTINE, D.: Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest Ecology and Management*, 40, 1991, s. 13-25.
- BRÅKENHJELM, S.: Vegetation dynamics of afforested farmland in a district of South-eastern Sweden. In: *Acta Phytogeographica Suecica*, 63. Uppsala, Svenska växtgeografiska sällskapet 1977. 73 s., 33 příl.
- BUCKLEY, D. H., SCHMIDT, T. M.: The structure of microbial communities in soil and the lasting impact of cultivation. *Microbial Ecology*, 42, 2001, s. 11-21.
- BYRNE, K. A., FARREL, E. P.: The effect of afforestation on soil carbon dioxide emissions in blanket peatland in Ireland. *Forestry*, 78, 2005, č. 3, s. 217-227.
- COGLIASTRO, A., CAGNON, D., BOUCHARD, A.: Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest Ecology and Management*, 96, 1997, s. 49-63.
- COGLIASTRO, A., CAGNON, D., DAIGLE, S., BOUCHARD, A.: Improving hardwood afforestation success: an analysis of the effects of soil properties in southwestern Quebec. *Forest Ecology and Management*, 177, 2003, s. 347-359.
- COMPTON, J. E., BOONE, R. D.: Soil carbon and nitrogen in pine-oak sand plain in central Massachusetts: Role of vegetation and land-use history. *Oecologia*, 116, 1998, s. 536-542.
- DILLY, O., WINTER, K., LANG, A., MUNCH, J. C.: Energetic eco-physiology of the soil microbita in two landscapes of southern and northern Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164, 2001, č. 4, s. 407-413.
- DOMŻAL, H., HODARA, J., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ, A., TURSKI, R.: The effects of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types. *Soil & Tillage Research*, 27, 1993, s. 365-382.
- DUPOUEY, J. L., DAMBRINE, E., LAFFITE, J. D., MOARES, C.: Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, 83, 2002, č. 11, s. 2978-2984.
- ELLERT, B. H., GREGORICH, E. G.: Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forested soils of Ontario. *Soil Science*, 161, 1996, č. 9, s. 587-602.
- ERIKSSON, E., JOHANSSON, T.: Effects of rotation period on biomass production and atmospheric CO₂ emissions from broadleaved stands growing on abandoned farmland. *Silva Fennica*, 40, 2006, č. 4, s. 603-613.
- FARLEY, K. A., KELLY, E. F.: Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management*, 195, 2004, s. 281-290.
- GILMORE, A. R., BOGGESS, W. R.: Effects of past agricultural practices on the survival and growth of planted trees. *Soil Science Society Proceedings*, 1963, s. 98-102.
- GRIEVE, I. C.: Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soil systems in Scotland. *Catena*, 42, 2001, s. 361-374.
- HAGEN-THORN, A., CALLESEN, I., ARMOLAITIS, K., NIHLGÅRD, B.: The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest and Ecology Management*, 195, 2004, s. 373-384.
- HYTÖNEN, J., EKOLA, E.: Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsätöyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. *Folia Forestalia*, 822, 1993, 32 s.
- JOBÁGY, E. G., JACKSON, R. B.: Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. *Biogeochemistry*, 64, 2003, č. 2, s. 205-229.
- JUSSY, J. H., KOERNER, W., DAMBRINE, É., DUPOUEY, J. L., BENOIT, M.: Influence of former agricultural land use on net nitrate production of forest soils. *European Journal of Forest Science*, 53, 2002, s. 367-374.
- KACÁLEK, D., BARTOŠ, J., ČERNOŠOUS, V.: Půdní poměry zalesněných zemědělských pozemků. In: *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník z celostátní konference konané 17. 1. 2006 v Kostelci nad Černými lesy. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM-VS 2006*, s. 169-177.
- KAHLE, P., BAUM, C., BOELCKE, B.: Effect of afforestation on soil properties and mycorrhizal formation. *Pedosphere*, 15, 2005, č. 6, s. 754-760.
- KOERNER, W., DUPOUEY, J. L., DAMBRINE, E., BENDIT, M.: Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges Mountains, France. *The Journal of Ecology*, 85, 1997, č. 3, s. 351-358.
- KUBÍKOVÁ, J.: Oak-pine afforestation of agricultural land: an attempt to enrich its understory diversity. In: *Novitates Botanicae Universitatis Carolinae*. 8. Praha, Univerzita Karlova 1994, s. 63-73.
- LOŽEK, V.: Zemědělská kolonizace a její dopad. *Ochrana přírody*, 54, 1999, č. 8, s. 227-233.
- MESSING, I., ALRIKSSON, A., JOHANSSON, W.: Soil physical properties of afforested and arable land. *Soil Use and Management*, 13, 1997, s. 209-217.
- MÍCHAL, I. et al.: Obnova ekologické stability lesů. Praha, Academia 1992. 169 s.
- MÜNZENBERGER, B., GOLLDACK, J., ULRICH, A., SCHMINCKE, B., HÜTTL, R. F.: Abundance, diversity, and vitality of mycorrhizae of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in lignite recultivation sites. *Mycorrhiza*, 14, 2004, č. 3, s. 193-202.
- NOVÁK, J., KACÁLEK, D., PETR, T.: Properties of humus and upper soil horizons under 66-year-old spruce stand on former agricultural land. In: *Saniga, M., Jaloviar, P., Kuchel, S. (eds.): Management of forests in changing environmental conditions. Zvolen, Technická univerzita, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa 2007*, s. 90-95.
- NOŽIČKA, J.: Přehled vývoje našich lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1957. 459 s.
- OVINGTON, J. D.: Studies of the development of woodland conditions under different trees. *Journal of Ecology*, 44, 1956, č. 1, s. 171-179.
- PERRY, D. A., MOLINA, R., AMARANTHUS, M. P.: Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. *Canadian Journal of Forest Research*, 17, 1987, č. 8, s. 929-940.

- PEŠKOVÁ, V., SOUKUP, F.: Houby v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách – metodické přístupy k studiu jejich role. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník z celostátní konference konané 17. 1. 2006 v Kostelci nad Černými lesy. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM–VS 2006, s. 127-132.
- PODRAŽSKÝ, V., ŠTĚPÁNÍK, R.: Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu, 47, 2002, č. 2, s. 53-56.
- POLENO, Z.: Příměstské lesy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1985. 176 s.
- PRÉVOSTO, B., CURT, T., DAMBRINE, E., COQUILLARD, P.: Natural tree colonization of former agricultural lands in the French Massif Central: Impact of past land use on stand structure, soil characteristics and understorey vegetation. In: Honnay, O. et al. (eds.): Forest biodiversity: lessons from history for conservation. Wallingford, CABI 2004, s. 41-53.
- RANEY, W. A., EDMISTER, T. W.: Approaches to soil compaction research. In: Transactions of the ASAE. 1961. Paper no. 60-129. Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Columbus, Ohio, June 1960, s. 246.
- RICH, J. J., HEICHEN, R. S., BOTTOMLEY, P. J., CROMACK, K., MYROLD, D. D.: Community composition and functioning of denitrifying bacteria from adjacent meadow and forest soils. Applied and Environmental Microbiology, 69, 2003, č. 10, s. 5974-5982.
- RICHTER, D. et al.: Legacies of agriculture and forest regrowth in the nitrogen of old-field soils. Forest Ecology and Management, 138, 2000, s. 233-248.
- RITTER, E., VESTERDAL, L., GUNDERSEN, P.: Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. Plant and Soil, 249, 2003, s. 319-330.
- SAGGAR, S., HEDLEY, C. B., SALT, G. J.: Soil microbial biomass, metabolic quotient, and carbon and nitrogen mineralisation in 25-year-old *Pinus radiata* agroforestry regimes. Australian Journal of Soil Research, 39, 2001, č. 3, s. 491-504.
- SEEMEN, H., LAITAMM, H., PIKK, J.: The influence of nutritional conditions on forest-soil microflora. Baltic Forestry, 4, 1998, č. 1, s. 2-7.
- SELBY, J. A.: Field afforestation in Finland and its regional variations. Tiivistelmä: Peltöjen metsittäminen alueellinen vaihtelu Suomessa. In: Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 99 (1). Helsinki 1980. 126 s.
- SHIRATO, Y., TANIYAMA, I., ZHANG, T. H.: Changes in soil properties after afforestation in Horquin Sandy Land, North China. Soil Science and Plant Nutrition, 50, 2004, č. 4, s. 537-543.
- SCHMITHÜSEN, F.: Prales – a les kulturní. Dějiny a možnosti udržitelného rozvoje. Praha, Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická ve spolupráci s ÚHÚL Brandýs nad Labem 2003. 27 s.
- SIEROTA, Z.: Czynniki sprzyjające występowaniu huby korzeni w drzewostanach sosnowych na gruntach porolnych. Sylwan, 131, 1987, č. 11-12, s. 69-82.
- SINGER, M. J., MUNNS, D. N.: Soils: an introduction. New Jersey, Prentice Hall 1996. 480 s.
- ŠLODIČÁK, M., NOVÁK, J., SKOVSGAARD, J. P.: Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). Forest Ecology and Management, 209, 2005, s. 157-166.
- SOBCZAK, R.: O niektórych problemach wynikających z doko-nywanych obecnie w Polsce zalesień gruntów porolnych. In: Kongres leśników polskich. Tom II. 24. – 26. kwietnia 1997. Warszawa, Agencja Reklamowo-Wydawnicza A. Grzegorzcyk 1998, s. 319-323.
- STANTURF, J. A., SCHWEITZER, C. J., GARDINER, E. S.: Afforestation of marginal agricultural land in the lower Mississippi River Alluvial Valley, U.S.A. Silva Fennica, 32, 1998, č. 3, s. 281-297.
- SZUJECKI, A.: Ekologiczne aspekty odtwarzania lasu na glebach porolnych. Prace IBL, ser. B, č. 27, 1996. s. 47-55.
- ŠÁLY, R.: Pôda základ lesnej produkcie. Bratislava, Príroda 1978. 253 s.
- ŠPULÁK, O.: Příspěvek k historii zalesňování zemědělských půd v České republice. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů z celostátní konference konané 17. 1. 2006 v Kostelci nad Černými lesy. Praha, ČZU; Opočno, VÚLHM-VS 2006, s. 15-23.
- TURGAY, O. C., NONAKA, M.: Effects of land-use and management practices on soil ergosterol content in andosols. Soil Science and Plant Nutrition, 48, 2002, č. 5, s. 693-699.
- VOMOCIL, J. A., FLOCKER, W. J.: Effect of coil compaction on storage and movement of soil air and water. In: Transactions of the ASAE. 1961. Paper No. 60-129. Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Columbus, Ohio, June 1960, s. 242-245.
- WALL, A., HEISKANEN, J.: Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. Suo, 49, 1998, č. 1, s. 1-12.
- WALL, A., HEISKANEN, J.: Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land. Forest Ecology and Management, 186, 2003, s. 21-32.
- WALL, A., HYTÖNEN, J.: Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. Plant and Soil, 275, 2005, s. 247-260.
- WALL, A., WESTMAN, C. J.: Site classification of afforested arable land based on soil properties for forest production. Canadian Journal of Forest Research, 36, 2006, č. 6, s. 1451-1460.
- WU JIANG GUO, XU DE YING: Dissolved organic carbon concentrations in soil under different land uses in the Liupan Mountain Forest Zone. Acta Phytocologica Sinica, 29, 2005, č. 6, s. 945-953.
- ZELLER, V., BAHN, M., AICHNER, M., TAPPEINER, U.: Impact of land-use change on nitrogen mineralization in subalpine grasslands in the Southern Alps. Biol. Fertil. Soils, 31, 2000, s. 441-448.

Conversion of afforested agricultural-land soils towards forest soil conditions restoration – review

Summary

A soil develops from rocks weathered under particular climatic conditions and its properties may be affected due to interaction with living organisms (especially bacteria, fungi, soil animals and plants). The formation of soils under natural conditions leads to creation of soil mosaic in a landscape. Such soil types had developed before agricultural colonization began. Thereafter the soil properties were altered due to deforestation, addition of manure or other fertilization practices and tillage of topsoil horizons. Even though the agricultural practices have altered soil properties, BEDRNA (2002) considers such process as logical continuation of natural development. He classified the process into two groups, positively influenced soils (ameliorative process) and negatively influenced ones (degradation process). The former involves measures as tillage and addition of nutritive elements and the latter is e. g. subsoil compaction as a result of increased bulk density due to wheel traffic (ALAKUKU 1999). Land-use proportion varied in time significantly; along with increased population, forests were converted into agricultural land or if number of inhabitants decreased (e. g. because of war) the forests reclaimed abandoned fields somewhere (NOŽIČKA 1957).

We suppose that almost no indigenous forests were left to remain undisturbed in our country during colonization. Later on, a certain part of agricultural land was meant for artificial afforestation. Perhaps the greatest shift in land use towards increased forested area came due to afforestation after the Second World War, when roughly 200,000 ha of less-productive areas were afforested in the Czech Republic (MÍCHAL et al. 1992, ŠPULÁK 2006). Despite the successful growth of the new stands there are still different soil properties typical of cultivated soils that have endured for a long time.

The article gathers information on the topic of “alteration of soil properties via land-use changes”, especially in terms of change from agricultural to at least semi-forest soil. From the forester’s point of view, forest-floor humus accumulation derived from litter and subsequent decomposition processes are the most visible and easily measurable indicators of forest soil restoration. Also soil properties of mineral-top-soil horizons alter according to different tree-species cover (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁŇÍK 2002). BINKLEY and VALENTINE (1991) found substantially more acidic top-five-cm soil layer under spruce in comparison with white pine and green ash. The most acidic topsoil under spruce in comparison with broadleaves reported also HAGEN-THORN et al. (2004). Not only the species, but also the age of the stands plays important role in acidification; e. g. ALRIKSSON and OLSSON (1995) reported significantly more acidic top soil under spruce stands at the age of 40 – 55 years compared to the other ones at the age of 20 years. Concentrations and quantity of both carbon and nitrogen are also important variables to reveal soil changes. For example C : N ratio was found lower in formerly cultivated soils compared to nearly-undisturbed forested sites (see ELLERT, GREGORICH 1996, KOERNER et al. 1997, COMPTON, BOONE 1998).

Besides altered chemical properties, an important change in soil porosity (in terms of air-filled pores volume decrease) occurs on formerly cultivated sites (VOMOCIL, FLOCKER 1961). Low aeration of soil and subsequent water logging may have led to root-cap hypoxia (WALL, HEISKANEN 1998, 2003). Also MESSING et al. (1997) reported trend of increased bulk density in cultivated soils compared to forested ones. Compaction of both arable soil (DOMŽAL et al. (1993) and subsoil (STANTURF et al. 1998, ALAKUKU 1999) is attributed to heavy wheel traffic caused by mechanization. Consequently, tree species roots cannot penetrate soil sufficiently not only in terms of mechanical resistance of compacted layer, but increased risk of hypoxia; RANEY and EDMISTER (1961) report the critically decreased aeration of soil as more impeding root growth than the soil compaction itself.

Not only both chemical and physical properties of soils are affected via land-use changes. BUCKLEY and SCHMIDT (2001) reported significantly higher quantitative values of microbial RNA in undisturbed soils compared to cultivated ones. In addition to land-use history a vegetation cover seems to influence soil microorganisms. There was found significant evidence of higher colonization or microbial activity under grassland in comparison with tree species stands (DILLY et al. 2001, SAGGAR et al. 2001, RICH et al. 2003).

Fungi as an integral part of soil biota also seem to be negatively affected due to cultivation; contents of ergosterol, reporting quantity of fungus hyphas, were significantly lower in cultivated soils (ZELLER et al. 2000, TURGAY, NONAKA 2002). These results show that increased content of soil fungi is likely to be an important part of soil conditions restoration within abandoned agricultural land or after afforestation. Therefore mycorrhiza is referred to as vital sign of forest soil restoration. It means especially formation of ectomycorrhizal stability (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006) which includes equilibrium between the ectomycorrhizal species and lignivorous ones; there is required proportion over 40% and less than 30% respectively. Even the forest-soil mycorrhizas show a shift in occurrence if clear cuttings are made, reforestation delays and lack of host plants remains within logged area (PERRY et al. 1987). Therefore the pioneer tree species can be used to promote formation of underplanted target species mycorrhiza (KAHLE et al. 2005). Natural occurrence of species-specific fungi in adjacent areas can support mycorrhiza even in disturbed areas such as spoil bank; MÜNZENBERGER et al. (2004) reported restoration of pine mycorrhiza under such conditions.

The agricultural land afforestation leads to beginning of soil properties restoration at least in decades after establishment. Yet, the process of conversion has to be regarded as long-term matter being likely never to finish, because cultivation and shift in land use render landscape dynamically changing. A technology of afforestation seems to be “well-developed” measure to establish forests within abandoned fields; both the soil fertility and terrain accessibility support soil preparation, planting, fencing, care of young plantation and growth of the new stands. Consequently, extensive, nearly even-aged and species-homogeneous stands have been established. Important feature of soil restoration is a forest-floor humus accumulation beginning after canopy closure; the accumulated mass is greater under coniferous species compared to broadleaved ones. Also an acidification of topsoil horizon is reported higher under accumulated coniferous litter.

In spite of experienced success in establishing forest under agricultural-soil conditions, new stands have to be regarded as a “transitive” stage of forest development because of pioneer character of such first-generation forest stands. Even though the legacy of agricultural practices may have endured in soils even for centuries after abandonment and afforestation, cultivation-induced properties do not present an excessive risk for the new forests.

Recenzováno

TOPOLOVÉ RZI RODU *MELAMPSORA* A HODNOCENÍ JEJICH VÝSKYTU V KLONOVÉM ARCHIVU VÚLHM VS KUNOVICE V LETECH 2005 A 2006

Poplar rusts caused by *Melampsora* spp. and evaluation of their occurrence in clonal archive of FGMRI Research Station Kunovice in 2005 and 2006

Abstract

Rust fungi frequently cause foliar diseases of poplars and can thus decrease poplar growth significantly, particularly in intensive plantations. Both in September 2005 and 2006 evaluation of rust intensity was made on 402 clones (in each year) of cottonwoods and black poplars (*Aigeiros*) and balsam poplars (*Tacamahaca*) in a clonal archive growing at the FGMRI Research Station Kunovice. Rust intensity was evaluated according to a six-point scale (0 – without rust, 5 - defoliation caused by rust). We did not differentiate between *Melampsora larici-populina* or *M. allii-populina*, the two species of rust occurring in the Czech Republic. Rather, the results were interpreted generally on the basis of host species: *Populus nigra*, *P. deltoides*, *P. x euroamericana*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*, and sometimes where subgroups exist within species (e. g. improved cultivars, group cultivated as reserve in situ, and host variety). The most affected clones were those of *P. nigra* (rating mean in 2005 – 3.05, rating mean in 2006 – 3.19). The least affected clones were those of *P. maximowiczii* (rating mean in 2005 – 0.76, rating average in 2006 – 0.48), followed by clones of *P. deltoides* (rating average in 2005 – 1.29, rating average in 2006 – 1.39). Of significant biological, and perhaps economic, interest was the fact that in the *P. x euroamericana* clones group of Czech crossbreedings = 'CZ' (crossed in 1961) no evidence of rust appeared in majority of the clones in 2005 as well as in 2006 (24 of 25 evaluated clones had an average rust rating of 0.04). Cultivars considered to be rust resistant were: 'Belloto', 'Blanc du Poitou', 'Cima', 'Eckhof', 'Ellert', 'Flachslanden', 'Hees', 'Neupotz', and 'Virginiana de Frignicourt'.

Klíčová slova: rez, topol, *Melampsora*, *Populus*, hodnocení napadení

Key words: rust, poplar, *Melampsora*, *Populus*, disease evaluation

ÚVOD

Význam

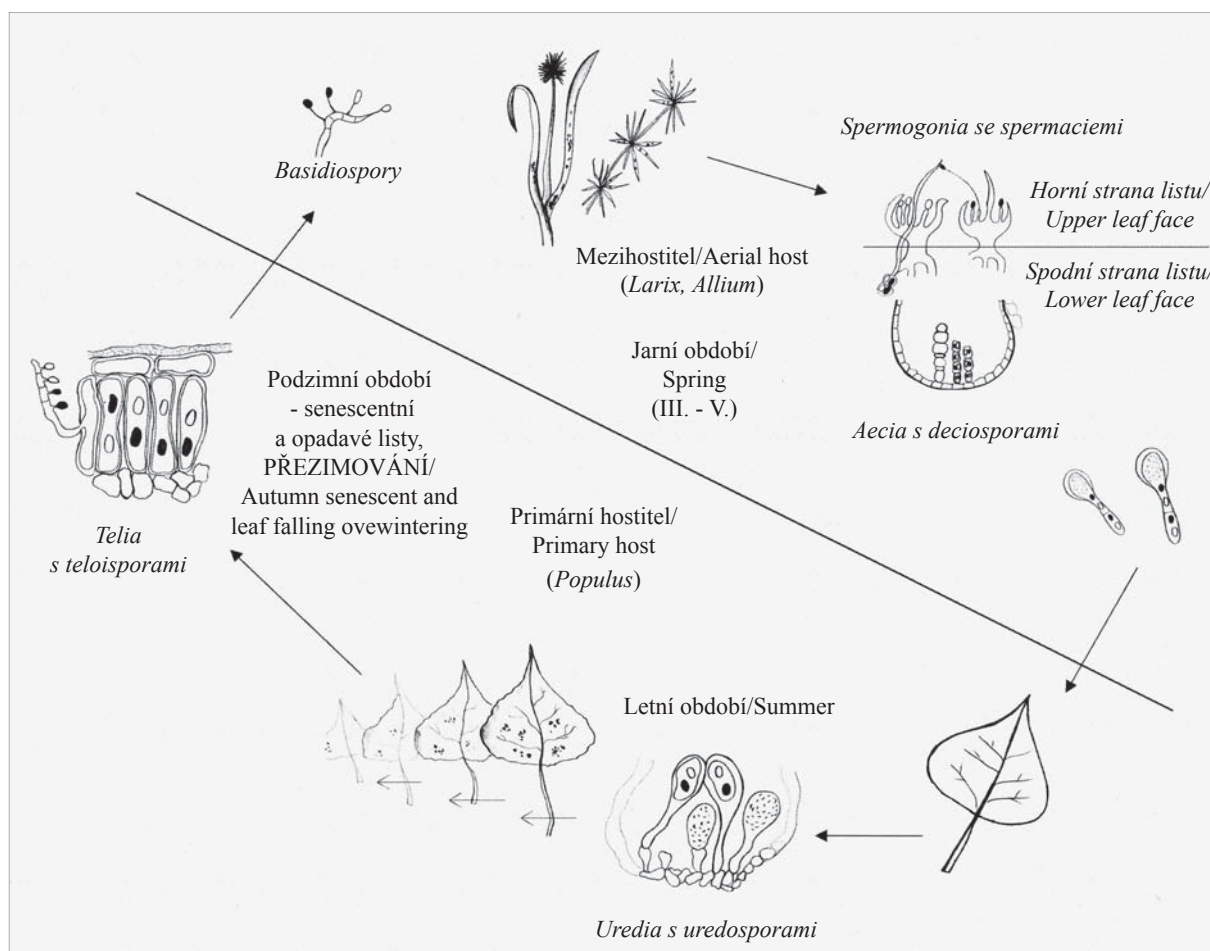
Topolové rzi *Melampsora* sp. div. patří mezi významné obligát-ní houbové parazity poškozující listový aparát. Vedle či společně s ostatními houbovými listovými patogeny (např. *Drepanopeziza punctiformis* GREMMEN, *Venturia populina* (VUILL.) FABRIC., *Uncinula adunca* (WALLR.) LÉV. a další) může způsobovat významné škody. *Melampsora* sp. div. mohou zapříčinit předčasnou defoliaci, která je důvodem nedostatečného vyžrávání letorostů, které pak mohou být poškozeny mrazem. Kumulativní efekt napadení během několika růstových sezon může vést ke snížení přírůstku a ke snížené toleranci vůči stresu, např. v období sucha (CELLERINO 1999). Poškození asimilační plochy houbovými patogeny je významnější především u mladých rostlin ve školkách a v intenzivních kulturách. Z důvodu hustého sponu jde u klonového archivu také o intenzivní kulturu, která je navíc každoročně stresována řezem. Hodnocením rzí v klonovém archivu je možné získat přehled reakcí klonů na infekční tlak rzí. Toto hodnocení může sloužit jako doplňující údaj k pěstební charakteristikám jednotlivých klonů, případně k výběru vhodných genotypů, které by se mohly stát předmětem laboratorního testování odolnosti s následným využitím při šlechtění na rezistenci vůči rzím. První práce při hodnocení stupně napadení topolů rzí v klonovém archivu VÚLHM VS Kunovice u vybraných klonů byly prováděny v roce 2003 a 2004 (ČÍZEK et al. 2004). V ČR bylo provedeno také šlechtění na odolnost vůči rzi u topolů černého (BENETKA et al. 2005).

HISTORIE

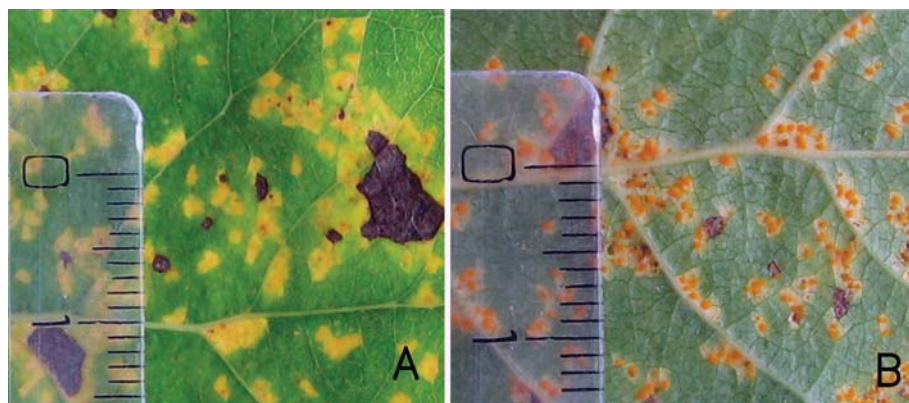
V minulém století nepředstavovala rez na topolech v Evropě velký problém, k významnému poškození a snižování růstu docházelo pouze s následnou infekcí rostlin jinou houbovou chorobou, nejčastěji *Cryptodiaporthe populea* (PINON, FREY 2005). Teprve v 80. letech začala rez nabývat na významu. Do té doby byly rozlišovány pouze jednotlivé druhy, případně poddruhy, i když první existenci patotypů u *M. larici-populina* zmínil již v roce 1949 VAN VOLTEN ex PINON, FREY (2005). V 90. letech minulého století se rez zařadila mezi nejnebezpečnější choroby topolů (CELLERINO 1999, FREY et al. 2005). V tomto období bylo získáno velké množství poznatků týkajících se vývoje patotypů, populační biologie a také citlivosti vybraných klonů či druhů topolů ke rzím, jak je uvedeno ve zprávě z 21. setkání pracovní skupiny fytopatologů International Poplar Commission v rámci FAO (www.fao.org/forestry/site/3768/en/page.jsp).

Druhy rzí a jejich charakteristika

V Evropě se vyskytuje 8 druhů topolových rzí z rodu *Melampsora* (*Basidiomycota*, *Urediniomycetes*, *Uredinales*, *Melampsoraceae*) (CELLERINO 1999). Na druhích topolů ze sekce černých (*Aigeiros* DUBY) a balzámových (*Tacamahaca* SPACH) topolů, které jsou v Evropě komerčně nejvíce využívány, se mohou vyskytovat tři druhy: *M. larici-populina* KLEB., *M. allii-populina* KLEB. (oba druhy jsou původní v Euroasii) a *M. medusae* THÜM. (introdukovaný druh ze Severní Ameriky). V ČR zatím nebyl výskyt *M. medusae* potvrzen a díky nepříznivým přírodním podmínkám se nepředpokládá. V Evropě se tato rez vyskytuje spíše sporadicky bez hospodářského významu (VOZNICA 1998).



Obr. 1.
Životní cyklus rzi *Melampsora larici-populina* a *M. allii-populina*
The life cycles of rusts caused by *Melampsora larici-populina* and *M. allii-populina*



Obr. 2.
Rez na listu *Populus nigra*, A - chlorotické skvrny na horní straně listu, B - uredia na spodní straně listu
Rust on leaf *Populus nigra*, A - chlorotic spots on upper face on leaf, B - uredinia on abaxial face on leaf

Životní cyklus topolových rzi *Melampsora larici-populina* a *M. allii-populina*, které napadají černé a balzámové topoly v našich podmínkách, je uveden na obrázku 1. Rozšíření rzi, hostitelské druhy topolů, mezihostitelské druhy rostlin, makroskopické a mikroskopické charakteristiky u tří druhů vyskytujících se na černých

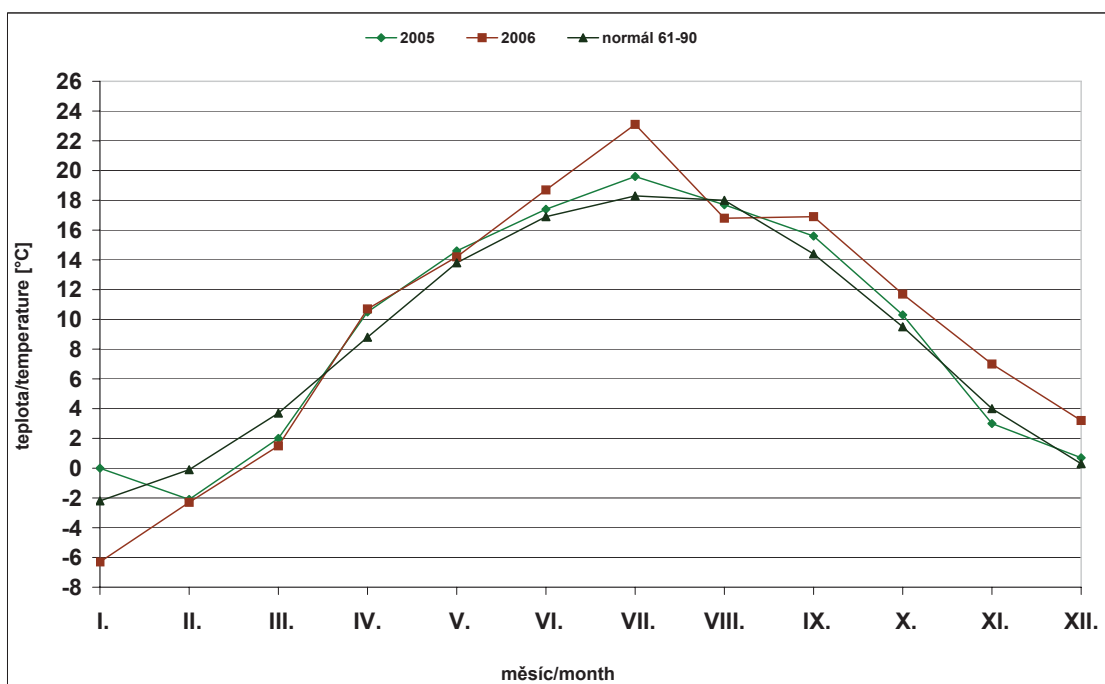
a balzámových topolech v Evropě jsou uvedeny v tabulce 1.

Stále více na významu nabývá variabilita uvnitř určitého druhu rzi - objevují se nové patotypy s různými virulencemi a s různou agresivitou. Při testování odolnosti klonů musí být tedy brán ohled na diverzitu druhů i patotypů rzi a také na stupeň agresivity různých kmenů stejných patotypů (PINON, FREY 2005).

• ***M. larici-populina* KLEB.**

Původně byl tento druh omezený pouze na Euroasii, v 70. letech minulého století se rozšířil do Jižní Afriky, Austrálie a Nového Zélandu, v následujících letech pak do Ameriky (CELLERINO 1999). V Evropě je *M. larici-populina* nejvíce rozšířený, nejčastěji se vyskytující (LAURANS, PILATE 1999) a také nejobávanější druh rzi na topolech (PINON, FREY 2005).

Momentálně je v Evropě známo 8 virulencí (virulence je schopnost izolátu či patotypu napadat určitou skupinu klonů), jejichž kombinací může teoreticky vzniknout 256 patotypů, z nich je zatím



Graf 1.

Průměrná měsíční teplota v letech 2005 a 2006 ve srovnání s dlouhodobým průměrem v Uherském Hradišti (zdroj: ČHMÚ)
Average month temperature in 2005 and 2006 compared with long-term average in Uherské Hradiště (source: CHMI)

známo 40 patotypů (FREY et al. 2000). Patotypy se řadí do zatím 5 známých skupin (ras) s označením E1-E5 (E = Evropa). V tabulce 2 jsou uvedeny dosud známé virulence a skupiny patotypů (rasy). S objevením se nových virulencí a nových patotypů docházelo k infekci rzi u některých kultivarů do té doby s kompletní rezistencí vůči *M. larici-populina* (PINON, FREY 2005). Např. komerčně hodně využívaný kultivar v Evropě *P. x interamericana* 'Beaupré' byl do objevení se patotypů s virulencí 7 považován za odolný s citlivostí pouze k *M. allii-populina*. Podle GASTINE et al. (2003) ex PINON, FREY (2005) byl snížen přírůstek tohoto kultivaru vlivem napadení těmito patotypy o 20 - 30 % v roce 1998 a o 50 - 60 % v roce 2000. Některé známé patotypy mají až sedm různých virulencí (PINON, FREY 2005).

Virulence i agresivita izolátu se zjišťuje laboratorně na listových discích. Vzorek rzi k získání izolátu se odebírá pouze z jednoho uředia. Zjištění virulence se provádí u klonů se známou rasově specifickou citlivostí, jak je využil např. GÉRARD et al. (2006): Virulence 1: *P. x eur.* 'Ogy', Virulence 2: *P. x jackii* 'Aurora', Virulence 3: *P. x eur.* 'Brabantica', Virulence 4: *P. x interam.* 'Unal', Virulence 5: *P. x interam.* 'Rap', Virulence 6: *P. delt.* '87B12', Virulence 7: *P. x interam.* 'Beaupré', Virulence 8: *P. x interam.* 'Hoogvorst'.

Agresivita izolátu je vyjádřena třemi způsoby: délkou latentní periody, počtem uredií na jednotce listové plochy a velikostí uredií. Všechny tři kvantitativní parametry použité ke stanovení agresivity izolátu ukázaly na rozdílnost v agresivitě u více izolátů v rámci stejného patotypu (PINON, FREY 2005).

• *M. allii-populina* KLEB.

Je považována za méně častou se zanedbatelným ekonomickým dopadem. Často se vyskytuje na listech společně s *M. larici-populina* (PINON, FREY 1997). První zprávu o možné variabilitě tohoto

druhu, která ukazuje na přítomnost patotypů, publikoval MAGNANI (1966) ex PINON FREY (2005). Virulence u *M. allii-populina* potvrdili FREY, PINON (1997) při testování 40 izolátů z různých druhů topolů a několika míst ve Francii a 28 izolátů z alternativních hostitelů (*Allium* sp. div., *Arum italicum*, *Muscari comosum*). Při umělé infekci bylo mnoho klonů napadeno všemi izoláty, zatímco jiné byly napadeny pouze některými. Znamená to, že se také u černých a balzámových topolů vyskytuje rasově specifická nebo rasově nespecifická rezistence vůči tomuto druhu rzi. Na rozdíl od *M. larici-populina* nebyl však vyselektován žádný kultivar vykazující kompletní rezistenci k tomuto druhu (FREY et al. 2000). Byla také hodnocena patogenita izolátů tohoto druhu rzi k hostitelům a k alternativním hostitelům, souvislost ale nebyla nalezena. Z toho vyplývá, že geny *M. allii-populina* pro patogenitu k topolům jsou odlišné od genů pro patogenitu k alternativním hostitelům (PINON, FREY 2005). Ve Francii bylo do současnosti identifikováno 42 různých patotypů. Některé jsou projevem jedné virulence, některé kombinací více virulencí. Doposud nejsou žádné informace o variabilitě agresivity houby (PINON, FREY 2005). Založení rezistence topolů k tomuto druhu rzi není dostatečně prozkoumáno. U dvou severoamerických druhů (*P. deltoides*, *P. trichocarpa*) je známá rasově specifická rezistence (FREY, PINON 1997).

• *M. medusae* THÜM.

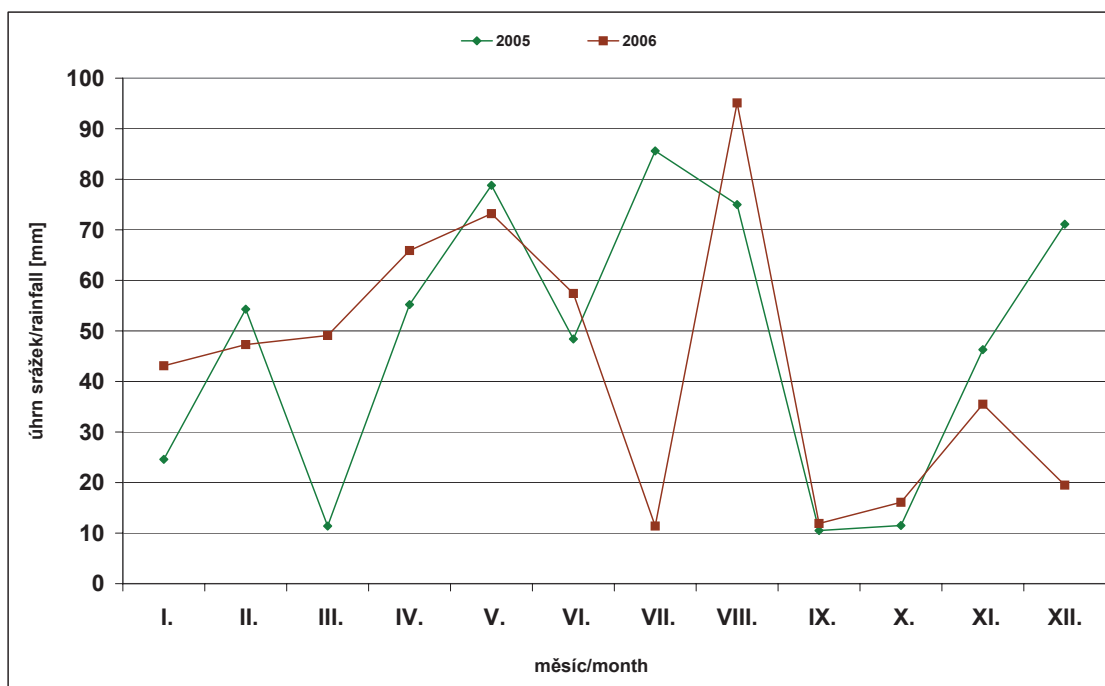
Jedná se o introdukovaný druh topolové rzi původní v Severní Americe (EPPO 2006). Poprvé v Evropě byla zjištěna ve Španělsku, pak v jihozápadní Francii. Formy této rzi přítomné v Evropě nejevily zatím tendenci se agresivně šířit. Tento fakt není zatím objasněn, jelikož stejné klony běžně pěstované ve Francii jsou naopak na Novém Zélandu velmi citlivé k této rzi (PINON, FREY 2005). Není vyloučeno nebezpečí, že některá ze známých agresivních ras *M. medusae*

Tab. 1.

Ekologické a morfologické charakteristiky rzi vyskytujících se v Evropě na topolech sekce *Aigeiros* a *Tacamahaca* (PEI, SHANG 2005, CELLERINO 1999)

Environmental and morphological characteristics of *Melampsora* species described on *Populus* within section *Aigeiros* and *Tacamahaca* (PEI, SHANG 2005, CELLERINO 1999)

Druh/Species	<i>M. allii-populina</i> KLEB.	<i>M. larici-populina</i> KLEB.	<i>M. medusae</i> f. sp. <i>deltoidae</i> THÜM.
ekologické charakteristiky/environmental characteristics			
Hostitel/ Telial host	sekce <i>Aigeiros</i> , sekce <i>Tacamahaca</i>	sekce <i>Aigeiros</i> , sekce <i>Tacamahaca</i>	sekce <i>Aigeiros</i> , sekce <i>Tacamahaca</i>
Mezihostitel/ Aecial host	<i>M. allii-populina</i> f. sp. <i>allii-populina</i> : <i>Allium</i> spp., <i>Arum</i> spp., <i>M. allii-populina</i> f. sp. <i>muscaridis-populina</i> : <i>Muscari comosum</i> (L.) MILL.	<i>Larix</i> spp., <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pinus contorta</i>	<i>Abies</i> spp., <i>Larix</i> spp., <i>Picea sitkensis</i> , <i>Pseudotsuga</i> spp., <i>Tsuga</i> spp., <i>Pinus</i> spp.
Oblasti výskytu/ Distribution	Evropa, Rusko, severní a jižní Afrika/ Europe, Russia, north and south Africa	Euroasie, Austrálie, Nový Zéland/ Eurasia, Australia, New Zealand	Severní Amerika, jižní Evropa, Jižní Afrika, Indie, Austrálie, Nový Zéland/ North America, south Europe, south Africa, Australia, New Zealand
morfologické charakteristiky/morphological characteristics			
Aecia	1 mm	0,5 - 1 mm	0,3 - 1,5 mm
Aeciospory/ Aeciospores	17 - 23 x 14 - 19 µm, tloušťka stěny/ wall thickness 2 µm	17 - 22 x 14 - 19 µm	19 - 26 x 16 - 21 µm, v ekvatoriální části zesílená stěna/ in equatorial part strengthened wall
Uredia/ Uredinia	většinou na spodní straně listu obvykle, subepidermální, menší než 1 mm/ mostly on lower leaf part, subepidermal, smaller than 1 mm	převážně na spodní straně listu, subepidermální, 0,5 - 1 mm/ mostly on lower leaf part, subepidermal (obr./fig. 2)	na spodní straně listu, 0,3 - 0,5 mm/ on lower leaf part
Uredospory/ Urediniospores	protáhlé, elipsovité až vejčité, 24 - 40 x 11 - 20 µm, stěna je rovnoměrně silná 2 - 4 µm, na vrcholu hladká/ prolonged, elliptic up to egg-shaped, wall is evenly thick, at top smooth	elipsovité nebo podlouhlé, 30 - 50 x 14 - 22 µm, síla stěny 2 µm, směrem k vrcholu stěna hladká, často zesilu- jící až na 7 µm v ekvatoriální části/ elliptic or prolonged, up to top smooth wall, often strengthened to 7 µm in equatorial part	vejčité až elipsoidní, 23 - 35 x 15 - 23 µm, v ekvatoriální části zesílená stěna až na 10 µm/ egg-shaped to elliptic, in equatorial part strengthened wall to 10 µm
Parafýzy/ Paraphyses	50 - 60 x 14 - 22 µm, stěna o síle/ wall thickness 2 - 3 µm	kyjovité, na vrcholu tloustnoucí, 45 - 85 x 12 - 20 µm, síla stěny až 10 µm na vrcholu/ cudgel shape, at top enlarging, wall thickness to 10 µm at top	až/up to 65 x 13 - 25 µm, stěna 3 - 6 µm silná/ wall thickness 3 - 6 µm
Telia	na spodní straně listu, subepidermální, 0,25 - 1 mm, často ve skupinkách/ on lower leaf part, subepidermal, often in groups	subepidermální, větší jak 1 mm, nakupené v malých skupinkách/ subepidermal, larger than 1 mm, in small groups	nejčastěji na spodní straně listu (mohou být oboustraně rostoucí), subepidermální, až 0,5 mm, samo- statně nebo ve skupinkách/ mostly on lower leaf part (can grow reversible), subepidermal, to 0.5 mm, solitary or in groups
Teliospory/ Teliospores	35 - 60 x 6 - 12 µm, síla stěny/ wall thickness 1 - 1,5 µm	na obou koncích zaoblené, 25 - 45 (70) x (6) 10 - 17 µm, síla stěny 1 µm, stěna slabě zesilující na vrcho- lu (2,5 - 3 µm)/ on both ends round, wall thickness 1 µm, wall mildly enlarging at top	20 - 45 10 - 15 µm, síla stěny/ wall thickness 1 - 1,5 µm



Graf 2.

Průměrné měsíční srážky v letech 2005 a 2006 (zdroj: ČHMÚ)

Average month rainfall in years 2005 and 2006 (source: CHMI)

by mohla být zavlečena z Ameriky do Evropy a způsobit ztráty na kulturách v oblastech s mírnou zimou, zejména v Portugalsku, Španělsku a přímořských oblastech Francie a Belgie. Je proto zařazena mezi karanténní organismy na seznamu EPPO (2006) a do EU platí zákaz dovozu olistěných rostlin topolů ze Severní Ameriky (VOZNICA 1998).

Možnosti ochrany

Mezi preventivní opatření řadíme výsadbu rezistentních či tolerantních klonů, využití pásma bez mezihostitelů a výsadbu směsi klonů. Např. MIOT et al. (1999) sledoval vývoj napadení rzi u směsi tří klonů a pak samostatně u každého klonu. I když stupeň napadení u směsi klonů byl nižší, nebylo prokázáno snížení růstu u samostatně rostoucích více napadených klonů. Také zůstává předmětem diskuse, zda nemůže ve směsi klonů docházet ke kumulaci virulencí a udržování vysoké agresivity a životnosti rzi (PINON, FREY 2005). Přítomnost modřínů v blízkém okolí stanovišť s topoly (méně jak 1 km) významně zvyšuje počet populací a také množství patotypů (FREY et al. 2005). Byla sledována také možnost využití biologické kontroly rzi houbami inhibujícími vývoj rzi, jako je *Cladosporium tenuissimum* COOKE (MORICCA et al. 2005), nebo *Sphaerellopsis filum* (BIV.-BERN ex FR.) (LIESEBACH, ZASPEL 2005).

MATERIÁL A METODIKA

V každém roce (2005 a 2006) bylo hodnoceno 402 klonů ze sekce černých a balzámových topolů, které jsou pěstovány v klonovém archivu VÚLHM VS Kunovice. Pro sumarizaci a zpracování výsledků byly klony rozděleny do skupin především podle druhů, případně v rámci druhu do významných podskupin (např. významná sorta získaná záměrným křížením, selektované kultivary, varieta druhu, skupi-

na udržovaná v archivu v rámci záchrany genofondu apod.). Stručné členění a charakteristika skupin jsou uvedeny v tabulce 3.

Klonový archiv je účelovou výsadbou, jejíž hlavní funkcí je udržovací šlechtění významných genotypů širokého sortimentu topolů. Je pěstován formou hlavové školky s životností cca 10 let. Rostliny jsou každoročně ořezávané ve výšce 80 - 120 cm.

Hodnocený klonový archiv topolů sekce *Aigeiros* a *Tacamahaca* je veden ve výzkumné stanici v Kunovicích (N 49 02.684, E 17 25.462). Lokalita se nachází v lužním území řeky Moravy, 176 m n. m., PLO 35 (Jihomoravské úvaly), LVS 1 (dubový), SLT 1L (jilmový luh). Půda je jílovitohlinitá až jílovitá, hladina podzemní vody kolísá v rozmezí 50 - 150 cm. Oblast patří do první topolové oblasti, podle Quitovy klasifikace reprezentuje klimatickou oblast teplou (T4), mírně suchou. Průměrná roční teplota je 8,8 °C, průměrné roční srážky jsou 505 mm. Průměrné měsíční teploty a měsíční úhrny srážek v letech 2005 a 2006 ve srovnání s dlouhodobým průměrem měřené v blízké oblasti Uherského Hradiště jsou uvedeny v grafu 1 a 2.

Stupeň napadení rzi byl vizuálně hodnocen na konci vegetačního období (druhá polovina září) šestibodovou stupnicí (tab. 4.) podle míry pokrytí napadení listové plochy kupičkami rzi (uredii, případně telii) či míry nekrózy olistění. Podobně nastavenou stupnicí hodnocení (šestibodovou) využíval při terénním hodnocení míry napadení topolů rzi LEONTOVÝČ (1956), KEČEL (1983), VARGA (1985), BENETKA et al. (2005). Někteří autoři však používají stupnici jinou, např. desetibodovou využíval MÜLLER (1956) ex BUTIN (1957) a pětibodovou ČÍŽEK (2004). Termín hodnocení byl zvolen z důvodu zjištění maximálního stupně napadení na konci vegetačního období. ČÍŽEK (2004) a BENETKA et al. (2005) také prováděli hodnocení v druhé polovině září, kdy je možné lépe pozorovat rozdílnou míru tolerance mezi klony (tj. zřetelná infekce bez závažného poškození a snížení růstu). Nevýhodou hodnocení koncem září je kumula-

Tab. 2.
Znamé virulence a skupiny patotypů (rasy) u *M. larici-populina* odpovědné za infekci pěstovaných kultivarů (PINON, FREY 2005)
Known virulences and groups of pathotypes (races) within *M. larici-populina* responsible for infection on common cultivars (PINON, FREY 2005)

Číslo virulence/ Virulence number	Rok zjištění virulence/ Year of detection	Místo prvního nálezu/ First location	Klon, na kterém byla virulence nalezena/Clone used to detect virulence	Zařazení do rasy/ Race classification	Komerčně využívané kultivary s rasově specifickou odolností/ Commercially used cultivars with race specific resistance
1	1982	Belgie, Francie/ Belgium, France	'Ogy'	E2	'Ogy', 'Rap'
2	1986	Francie/France	'Aurora'	E3	'Belotto', 'Luisa Avanzo', 'Cima', 'Elert', 'Hees'
3	1949	Holandsko/Holland	'Brabantica'	E1	
4	1974	Francie/France	'Unal'	E1	
5	1982	Francie, Belgie/France, Belgium	'Rap'	E2	
6	1994	Francie/France	'87B12'		
7	1994	Belgie, Francie/ Belgium, France	'Beaupré'	E4	'Beaupré', 'Dorskamp', 'Kopecky', 'Pannonia'
8	1997	Belgie, Francie/ Belgium, France	'Hoogvorst'	E5	'Hoogvorst', 'Hazendans'
běžně používané kultivary s rasově nespecifickou odolností/common cultivars with race non-specific resistance					'Bellini', 'Blanc du Poitou', 'Frizey Pauley', 'Gelrica', 'Guariento', 'Hunneberg', '1-45/51', '1-154', '1-214', '1-455', 'Italica', 'Koster', 'Robusta', 'Rintheim', 'Rochester', 'Tardif de Champagne', 'Unal'
				všechny rasy/ all races	

ce houbových patogenů a saprofytů a také přirozené stárnutí listů u klonů s kratší vegetační periodou. Tyto skutečnosti je třeba při hodnocení zohlednit. Rostliny s nejasnou příčinou defoliace (listy opadávají bez příznaků senescence s absencí uredií nebo telii, např. vlivem kumulace více patogenů) nejsou zahrnuty v hodnocení.

Nezjišťoval se druh rzi ani frekvence jeho výskytu. Hodnoceny byly celkově klony topolů (2 - 5 rostlin), s předpokladem stejné či podobné reakce (rezistence) vegetativně množených rostlin. V případě nejednotného projevu odolnosti v rámci klonu, především pokud byly rostliny různě vitální (např. některé jsou oslabeny jiným patogenem, mechanickým poškozením, výživou), byly rostliny hodnoceny jednotlivě a bylo dále počítáno s průměrnou hodnotou za klon.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při vizuálním hodnocení není možné makroskopicky od sebe rozlišit možné druhy rzí (*M. alii-populina*, *M. larici-populina*) a následně by bylo i laboratorně velmi obtížné stanovit poměr obou druhů. Makroskopické terénní hodnocení tedy může sloužit pouze jako předběžné nastínění tolerance klonů vůči skupině rzí *Melampsora* sp. div. I když jako významnější a hojnější je uváděna *M. larici-populina* (PINON, FREY 2005), je třeba brát na zřetel i možný výskyt *M. alii-populina*. Přímě v areálu výzkumné stanice nedaleko klonových archivů se nachází malá skupina okrasných modřínů (mezihostitel *M. larici-populina*). V roce 2006 byla aecia na jehlicích těchto modřínů nalezena pouze sporadicky. Areál výzkumné stanice a klonových archivů se nachází v oblasti lužního lesa s absencí modřínů v blízkém okolí. Naopak v této oblasti se hojně vyskytují mezihostitelé *M. alii-populina* (především česnek medvědí – *Allium ursinum* L. a aron plamatý – *Arum maculatum* L.), a proto je výskyt tohoto druhu rzí také možný. Na listech česneku byla aecia nalezena pouze ojediněle, navíc bez mikroskopického určení nelze vyloučit, že se může jednat o jiný druh rzí *Melampsora*, jejímž hostitelem jsou vrby (*M. alii-fragilis* KLEB., *M. salicis-albae* KLEB.). Silný výskyt *M. alii-populina* prokázal LEONTOVÝČ (1958) v roce 1956 ve velkoškolce Gabčíkovo, kde se nákaza pravděpodobně rozšířila z nedalekého zahradnictví z produkce druhů *Allium*.

V roce 2005 a roce 2006 byl hodnocen vždy u 402 klonů hospodářsky významných druhů topolů (*P. nigra*, *P. deltoides*, *P. x euroamericana*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*) stupeň napadení rzí (tab. 6). Průměrné hodnoty napadení v obou letech se liší velmi málo (2,27 v roce 2005, 2,2 v roce 2006). Odlišnost mohla být způsobena klimatickými podmínkami v červenci 2006 (nadprůměrně teplý měsíc s velmi nízkým úhrnem srážek) (graf 1 a 2), kdy dochází k první infekci a vývoji první generace uredií. Je ovšem také možné, že rozdíl hodnot, který je velmi malý,

Tab. 3.

Charakteristika hodnocených skupin topolů
Characterization of evaluated poplar groups

Sekce/Section	Druh-skupina v rámci druhu/ Species - subgroup	Charakteristika/Characterization	Odolnost ke rzi <i>M. larici-populina</i> /Resistance to <i>M. larici-populina</i> (PINON, FREY 2005)
topoly černé/ <i>Aigeiros</i> DUBY	<i>P. nigra</i> L.	autochtonní euroasijský druh/autochthonous Euroasian species	převážně rasově nespecifická rezistence/mostly racially non-specific resistance
	<i>P. nigra</i> L.- selektované kultivary/ selected cultivars	klony vzniklé selekcí, případně záměrným křížením/ clones from selection or intended hybridization	
	<i>P. nigra</i> L.- výběrové stromy/ plus trees	výběrové stromy původně označované/ plus trees originally marked as 88xxxx	
	<i>P. nigra</i> L.- ostatní/the others	sbírkový materiál - slouží především při záchraně genofundu topolu černého jako konzervace ex situ/ material mainly for preservation of <i>Populus nigra</i> genofund like ex situ conservation	
	<i>P. deltoides</i> MARSH.	introdukovaný druh ze Severní Ameriky/ introduced species from North America	rasově specifická rezistence/ racially specific resistance
	<i>P. deltoides</i> MARSH. var. <i>angulata</i> Ait.	v nejjihnější části areálu, většinou je veden jako samostatný druh/in the southernmost part of area, mostly is taken for an independence species	
	<i>P. deltoides</i> MARSH. var. <i>missouriensis</i> HENRY	roste ve střední části areálu/ grows in central part of area	
	<i>P. deltoides</i> MARSH. var. <i>monilifera</i> Ait	má nejsevernější areál/the northernmost area	
	<i>P. x euroamericana</i> (DODE) GUINER	kříženec/hybrid <i>P. deltoides</i> a <i>P. nigra</i> , patří k nejrychleji rostoucím druhům topolů/ belongs to the fastest growing species of poplars	rasově specifická i rasově nespecifická rezistence/ racially specific and racially non-specific resistance
	<i>P. x euroamericana</i> (DODE) GUINER - šlechtěné kultivary/cultivars	převážně z kontrolovaného opylení/ mostly from control pollination	
	<i>P. x euroamericana</i> (DODE) GUINER - české novošlechtění/ Czech hybridization	sorta vzniklá záměrným křížením v ČR koncem 50. a počátkem 60. let minulého století/assortment arisen from intended hybridization in CR at the turn of 1960s	
balzámové topoly/ <i>Tacamahaca</i> SPACH	<i>P. trichocarpa</i>	introdukovaný druh ze Severní Ameriky/ introduced species from North America	převážně rasově nespecifická rezistence/ mostly racially non-specific resistance
	<i>P. maximowiczii</i>	introdukovaný z oblasti Dálného východu po Korejský poloostrov/introduced from area of the Far East up to Korean peninsula	

mohl být způsoben i faktorem jiným, pokud se přímo nejedná o rozdíl v rámci statistické chyby. Proto je třeba se zaměřit na rozdíly v rámci skupin jednotlivých klonů.

Intenzita napadení se zvýšila u dvou podskupin druhu *P. nigra* (tab. 6), u skupiny ostatní (2,84 v roce 2005, 2,96 v roce 2006) a u výběrových stromů (3,34 v roce 2005, 3,57 v roce 2006). Ke zvýšení míry napadení mohlo dojít v důsledku celkového zhoršení zdravotního stavu těchto dvou podskupin. U těchto podskupin byly často pozorovány velké rozdíly mezi rostlinami jednoho klonu (některé rostliny se silnou chlorózou, výrazně sníženým přírůstkem, chřadnoucí; jiné vitální). Příčina chřadnutí nebyla zjištěna.

Zvýšené napadení rzi bylo také pozorováno u skupiny *P. deltoides*, zejména u některých klonů podskupiny šlechtěné kultivary (1,17 v roce 2005, 1,67 v roce 2006). Naopak u podskupiny *P. deltoides* - ostatní došlo k mírnému snížení napadení (2,22 v roce 2005, 2,11 v roce 2006). Jelikož *P. deltoides* vykazuje rasově specifickou odolnost k *M. larici-populina*, mohou být tyto změny způsobeny kromě jiných faktorů také výskytem či vyšší frekvencí jiné virulence (rasy) či kombinací virulencí (ras).

Velký význam pro komerční pěstování má v současné době *P. x euroamericana*, některé kultivary jsou pěstovány v celé Evropě. V tabulce 5 je uvedeno konkrétní hodnocení u některých kultivarů doporučeného sortimentu v ČR, který byl testován k pěstování v obmýti 25 let a také kultivary světově využívaného sortimentu, které jsou v současné době testovány pro pěstování v podmínkách ČR. Je zde také pro srovnání uvedeno hodnocení KECHELA (1983) z let 1982 a 1983. I když KECHEL (1983) v hodnocení uvádí častěji absenci rzi (např. u kultivarů 'Blanc du Poitou', 'Eckhof', 'Flachslanden', 'Neupotz', 'Virginiana de Frignicourt', zatímco při hodnocení v letech 2005 a 2006 vykazovaly nízký stupeň napadení - 1, max. 2), výsledky jsou srovnatelné. MOTL, ÚRADNÍČEK (2003) za odolné kultivary *P. x euroamericana* vůči rzi považují 'Eckhof', 'Flachslanden', 'Virginiana de Frignicourt', naopak za náchylné 'Heidemij', 'Robusta'. MÜLLER (1956) ex BUTIN (1957) také hodnotí 'Eckhof', 'Flachslanden', 'Neupotz' jako kultivary s vyšší odolností, kultivar 'Robusta' také uvádí jako náchylný, což je ve shodě se zjištěnými výsledky. Ze světového sortimentu, který je testován pro naše podmínky, se jeví jako odolné kultivary *P. x euroamericana* 'Cima',

Tab. 4.

Stupnice určující intenzitu napadení

Evaluation scale for level rust

Stupeň/ Number of rust level	Charakteristika projevů/Characterization of symptoms
0	listy bez projevu napadení rží, nebo jen ojedinělý výskyt uredií na minimálním počtu listů, při zběžné prohlídce přehlédnutelná/leaves without mark of rust or only sporadic occurrence of uredinia on minimal amount of leaves, at superficial control easily omitted
1	maximálně na polovině listů jsou plošky uredií, bez souvislého pokrytí listů/plots with uredinia are maximally on half of leaves, leaf cover is not continuous
2	na většině listů malé plošky tvořené kupičkami rzi/small plots formed by groups on most leaves
3	na většině listů větší plochy až souvislé pokrytí rží/larger plots up to continuous cover on most leaves
4	listy téměř celé pokryté rží, počínající nekróza listů/leaves nearly all covered by rust, beginning of necrosis
5	téměř všechny listy nekrotizované nebo opadané/nearly all leaves necrotized or fallen

'Hees', 'Ellert', 'Pannonia'. Srovnání s hodnocením ČÍŽKA (2004) v letech 2003 a 2004 je uvedeno v tabulce 8. Tyto kultivary se neprojevily při hodnocení vždy stejně, nicméně všechny se chovaly jako velmi odolné. Např. u kultivarů 'Cima' a 'Ellert' (citlivost k rase E3) bylo pouze v roce 2005 pozorováno slabé napadení (stupeň 1), v ostatních letech byly bez příznaků napadení rží. V tomto roce byla také rasa E3 v ČR prokázána v orientačních testech, i když v porovnání s rasami E1 a E2 v nižší frekvenci. Rasa E4 nebyla v těchto testech identifikována (ČERNÝ 2007, ústní sdělení). Kultivar 'Pannonia' s citlivostí k rase E4 byl však v letech 2004 - 2006 slabě napaden. Toto napadení rží mohlo být způsobeno také druhem *M. allii-populina*, který je třeba brát v úvahu. Zajímavou skupinou v rámci druhu *P. x euroamericana* je české novošlechtění označované 'CZ', u kterého se v letech 2005 a 2006 vyskytoval vysoký počet klonů bez příznaku rží. Některé z těchto klonů hodnotil také ČÍŽEK (2004) v roce 2003 a 2004, kdy byla intenzita napadení nejvyšší (1,64 v roce 2004, zatímco 1,4 v letech 2003 a 2006 a 1,38 v roce 2005). Srovnání s výsledky z let 2005 a 2006 je uvedeno v tabulce 7. V letech 2005 a 2006 se u klonů v podskupině *P. x euroamericana* – české novošlechtění vzniklých záměrnou hybridizací v roce 1961 provedenou Dr. Špalkem téměř neprojevily příznaky rží (24 klonů z 25 bylo bez příznaků napadení) (tab. 7). Vzhledem k tomu, že v letech 2003 a 2004 (ČÍŽEK 2004) byly tyto klony většinou slabě infikovány rží, může být důvodem absence rží v letech 2005 a 2006 rasově specifická odolnost k *M. larici-populina* vnesená do tohoto novošlechtění z rodičovského *P. deltooides* a proměnlivost výskytu ras (virulencí). Nízký výskyt rží mohl být ovlivněn také virózou, která však byla pozorována v podobné míře ve všech letech hodnocení (2003 - 2006).

Dva významné druhy balzámových topolů, *P. trichocarpa* a *P. maximowiczii*, se začínají v Evropě více komerčně využívat a mohou nést zajímavý genetický potenciál k rezistenci topolů vůči rzi. Zají-

mavou skupinou je především *P. maximowiczii*, jehož klony byly málo napadeny rží (0,76 v roce 2005, 0,48 v roce 2006). Vyšší stupeň rezistence pozoroval DOWKIW et al. (2003) u potomstva *P. deltooides* x *P. trichocarpa*. Také hybridy *P. deltooides* x *P. maximowiczii* vykazovaly vyšší stupeň rezistence k *M. larici-populina* oproti *P. x euroamericana* (RAJORA et al. 1994). Kříženci mezi *P. trichocarpa* a *P. maximowiczii* vykazovaly pouze rasově nespecifickou rezistenci k *M. larici-populina*, ale podle projevů ve školce vykazovaly vysoký stupeň odolnosti (PINON, FREY 2005).

ZÁVĚR

Šlechtění topolů na rezistenci vůči rzi je vzhledem k velkému počtu hospodářsky využívaných druhů topolů, jejich kříženců a k složité populační dynamice druhů rží velmi obtížné. U některých kultivarů doporučených pro pěstování v ČR (tab. 5) byla rezistence testována v zahraničí. Z výsledků terénního sledování v letech 2005 a 2006 v klonovém archivu VÚLHM VS Kunovice je ale patrné, že potenciál rezistence vůči rzím existuje u více klonů. Na závaznou interpretaci zjištěných dat je zatím příliš brzy, je třeba sledovat intenzitu napadení v delším období a výsledky zpracovat alespoň základními statistickými metodami. Nicméně z již doporučeného sortimentu nebo sortimentu, který je v současnosti testován pro pěstování v našich podmínkách, je možné vybrat kultivary, které vykazují nižší stupeň napadení rží (*Melampsora* sp. div.). Jedná se o tyto kultivary *P. x euroamericana*: 'Eckhof', 'Flachslanden', 'Virginiana de Frignicourt', 'Blanc du Poitou', 'Neupotz', 'NL-B-132b', 'Belloto', 'Cima', 'Ellert', 'Hees'. Zajímavou skupinou je také české novošlechtění *P. x euroamericana* z roku 1961, kde u 24 klonů z 25 hodnocených klonů nebyly v obou letech (2005 a 2006) nalezeny příznaky napadení rží. Také míra napadení rží je velmi nízká u klonů *P. maximowiczii*,

Tab. 5.

Výsledky hodnocení intenzity napadení rzí u vybraných kultivarů v letech 2005 a 2006, výsledky hodnocení KECHELA (1983) z roku 1982 a 1983 a rezistence k *M. larici-populina*

Results of rust level evaluation of selected cultivars in 2005 and 2006, Kechel 's evaluation in 1982 and 1983 (KECHEL 1983) and resistance to *M. larici-populina*

	Kultivar/Cultivar	Stupeň napadení rzí/ Level rust			Rezistence k <i>M. larici-populina</i> / Resistance to <i>M. larici-populina</i> (PINON, FREY 2005)
		MALINOVÁ, M.		KECHEL, H. G.*	
		2005	2006	1982 - 1983	
Vybrané kultivary schváleného sortimentu pro ČR/ Some cultivars of approved assortment in the Czech Republic	<i>P. x euroamericana</i> 'Blanc du Poitou'	1	1	1 (0)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Brabantica'	3	2	3 (2)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Dolomiten'	3	1	2-3 (1-2)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Eckhof'	1	1	1 (0)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Flachslanden'	1	1	1 (0)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Heidemij'	4	3	3-4 (2-3)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'I-45/51'	3	2	3 (2)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'I-500/53'	3	1		
	<i>P. x euroamericana</i> 'Löns'	4	1	3-4 (2-3)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Neupotz'	2	1	1 (0)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'NL-B-123m'	3	2		
	<i>P. x euroamericana</i> 'NL-B-132b'	2	1		
	<i>P. x euroamericana</i> 'Robusta'	3	3	4-5 (3-4)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Spreewald'	2	1	2-4 (1-3)	
	<i>P. x euroamericana</i> 'Virg. de Frig'	2	1	1 (0)	
Vybrané kultivary používané v zahraničí/ Selected cultivars of world assortment	<i>P. x euroamericana</i> 'Bellini'	3	4		rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Belloto'	0	0		rasově specifická (podléhá E3)/racially specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Cima'	1	0		rasově specifická (podléhá E3)/racially specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Ellert'	1	0		rasově specifická (podléhá E3)/racially specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Guariento'	0	0		rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Hees'	0	0		rasově specifická (podléhá E3)/racially specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'I-154'	3	3	1 (0)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'I-214'	3	1	1 (0)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'I-455'	3	2	2-3 (1-2)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Koster'	0	0		rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Pannonia'	1	1		rasově specifická (podléhá E4)/racially specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Rintheim'	3	3	3 (2)	rasově nespecifická/racially non-specific
	<i>P. x euroamericana</i> 'Tardif de Champagne'	5	3	4 (3)	rasově nespecifická/racially non-specific

*V závorce je uveden odpovídající stupeň podle MALINOVÉ/Rust level is in parenthesis in accordance with MALINOVÁ

kteří jsou pro záměrnou hybridizaci spolu s *P. trichocarpa* a *P. deltoides* k získání rezistence ke rzi doporučovány.

Ke zjištění rezistence vybraného klonu je nutné rozlišit rezistenci k druhu rzí (*M. allii-populina*, *M. larici-populina*), v případě rasově specifické rezistence i odolnost k jednotlivým rasám. Vzhledem k výskytu alternativních hostitelů rzí (*Larix*, *Allium*, *Arum*) se dá ve výzkumné stanici VÚLHM Kunovice předpokládat vyšší výskyt obou druhů rzí (*M. larici-populina*, *M. allii-populina*). Jeli-kož je nemožné stanovit přesně poměr druhů rzí v terénních podmínkách, je třeba ke zjištění skutečné rezistence jednotlivé klony testovat laboratorně.

K zjištění rezistence a dalšímu šlechtění na rezistenci vůči rzi je také možné využít molekulární metody. Otázkou však zůstává, zda využitím těchto metod v šlechtitelské činnosti zaměřené na získání kultivarů topolů odolných ke rzi pro pěstování v podmínkách ČR může být dosaženo výsledku s ekonomickým efektem.

Poděkování:

Příspěvek byl zpracován s finančním přispěním výzkumného záměru MZe č. 0002070202 „Šlechtění lesních dřevin a záchrana genových zdrojů cenných a ohrožených populací včetně využití biotechnologických postupů, metod molekulární biologie a poznatků lesního semenářství v lesním hospodářství“.

Tab. 6.

Výsledky hodnocení intenzity napadení rží v klonovém archivu v letech 2005 a 2006

Results evaluation of rust level in clonal archives in 2005 and 2006

SKUPINA/GROUP		Rok 2005/Year 2005								Rok 2006/Year 2006							
		stupeň napadení rží/rust level						popisná statistika/ descriptive statistics		stupeň napadení rží/rust level						popisná statistika/ descriptive statistics	
		0	1	2	3	4	5	n/number	průměr/ average	0	1	2	3	4	5	n/number	průměr/ average
CELKEM <i>P. nigra</i> /Totally	četnost*	3	7	19	85	34	8	156	3,05	1	10	23	57	55	10	156	3,19
	%	1,9	4,5	12,2	54,5	21,8	5,1			0,6	6,4	14,7	36,5	35,3	6,4		
<i>P. nigra</i> selektované kultivary/ selected cultivars	četnost	0	1	6	11	4	0	22	2,82	0	4	4	8	6	0	22	2,73
	%	0	4,5	27,3	50	18,2	0			0	18,2	18,2	36,4	27,3	0		
<i>P. nigra</i> - výběrové stromy/ plus trees	četnost	1	1	4	35	20	6	67	3,34	0	1	4	25	30	7	67	3,57
	%	1,5	1,5	6	52,2	29,9	9			0	1,5	6	37,3	44,8	10,4		
<i>P. nigra</i> - ostatní/the others	četnost	2	5	9	39	10	2	67	2,84	1	5	15	24	19	3	67	2,96
	%	3	7,5	13,4	58,2	14,9	3			1,5	7,5	22,4	35,8	28,4	4,5		
CELKEM <i>P. deltoides</i> / Totally	četnost	11	9	5	4	1	1	31	1,29	9	10	4	7	1	0	31	1,39
	%	35,5	29	16,1	12,9	3,2	3,2			29	32,3	12,9	22,6	3,2	0		
<i>P. deltoides</i> - šlechtěné kultivary/ cultivars	četnost	2	3	0	0	1	0	6	1,17	2	1	0	3	0	0	6	1,67
	%	33,3	50	0	0	16,7	0			33,3	16,7	0	50	0	0		
<i>P. deltoides</i> var. <i>monilifera</i>	četnost	4	1	1	0	0	0	6	0,5	4	1	1	0	0	0	6	0,5
	%	66,7	16,7	16,7	0	0	0			66,7	16,7	16,7	0	0	0		
<i>P. deltoides</i> var. <i>angulata</i>	četnost	2	4	1	1	0	0	8	1,13	2	4	1	1	0	0	8	1,13
	%	25	50	12,5	12,5	0	0			25	50	12,5	12,5	0	0		
<i>P. deltoides</i> var. <i>missouriensis</i>	četnost	1	1	0	0	0	0	2	0,5	0	1	0	0	0	0	2	1
	%	50	50	0	0	0	0			0	100	0	0	0	0		
<i>P. deltoides</i> - ostatní/the others	četnost	2	0	3	3	0	1	9	2,22	1	2	2	3	1	0	9	2,11
	%	22,2	0	33,3	33,3	0	11,1			11,1	22,2	22,2	33,3	11,1	0		
CELKEM <i>P. x euroamericana</i> / Totally	četnost	44	15	38	53	13	5	168	1,95	50	26	35	44	11	2	168	1,68
	%	26,2	8,9	22,6	31,5	7,7	3			29,8	15,5	20,8	26,2	6,5	1,2		
<i>P. x euroamericana</i> - šlechtěné kultivary/cultivars	četnost	7	10	20	31	7	4	79	2,42	12	20	18	22	5	2	79	1,92
	%	8,9	12,7	25,3	39,2	8,9	5,1			15,2	25,3	22,8	27,8	6,3	2,5		
<i>P. x euroamericana</i> - české novošlechtění/Czech breeding	četnost	37	5	18	22	6	1	89	1,53	38	6	17	22	6	0	89	1,46
	%	41,6	5,6	20,2	24,7	6,7	1,1			42,7	6,7	19,1	24,7	6,7	0		
CELKEM <i>P. trichocarpa</i> / Totally	četnost	0	10	7	6	3	0	26	2,08	0	8	11	7	0	0	26	1,96
	%	0	38,5	26,9	23,1	11,5	0			0	30,8	42,3	26,9	0	0		
<i>P. trichocarpa</i> - šlechtěné kultivary/cultivars	četnost	0	7	2	3	1	0	13	1,85	0	4	7	2	0	0	13	1,85
	%	0	53,8	15,4	23,1	7,7	0			0	30,8	53,8	15,4	0	0		
<i>P. trichocarpa</i> - ostatní/ the others	četnost	0	3	5	3	2	0	13	2,31	0	4	4	5	0	0	13	2,08
	%	0	23,1	38,5	23,1	15,4	0			0	30,8	30,8	38,5	0	0		
<i>P. maximowiczii</i>	četnost	13	2	5	0	1	0	21	0,76	13	6	2	0	0	0	21	0,48
	%	61,9	9,5	23,8	0,0	4,8	0,0			61,9	28,6	9,5	0,0	0,0	0,0		
CELKEM všechny klony/ Totally all clones	četnost	71	43	74	148	52	14	402	2,27	73	60	75	115	67	12	402	2,2
	%	17,7	10,7	18,4	36,8	12,9	3,5			18,2	14,9	18,7	28,6	16,7	3,0		

* frequency

Tab. 7.

Výsledky hodnocení intenzity napadení rží u českého novošlechtění (CZ) - *P. x euroamericana* v letech 2005 a 2006
Results of rust level evaluation of Czech cross (named CZ) - *P. x euroamericana*

Rok hodnocení/ Year of evaluation	Skupina/Group		Míra napadení rží/Level rust						Popisná statistika/ Descriptive statistics	
			0	1	2	3	4	5	počet/ number	průměr/ average
2003* ČÍŽEK (2004)	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění celkem/ Czech breeding totally	četnost/ frequency	6	31	20	4	1	0	62	1,40
		%	9,7	50	32,3	6,4	1,6	0		
	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění - rok 1961/ Czech breeding - 1961	četnost/ frequency	2	12	2	0	0	0	16	1,00
		%	12,5	75	12,5	0	0	0		
2004* ČÍŽEK (2004)	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění celkem/ Czech breeding totally	četnost/ frequency	4	29	19	5	5	0	62	1,64
		%	6,4	46,8	30,6	8,1	8,1	0		
	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění - rok 1961/ Czech breeding - 1961	četnost/ frequency	2	15	6	1	1	0	25	1,36
		%	8	60	24	4	4	0		
2005	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění celkem/ Czech breeding totally	četnost/ frequency	36	4	18	14	4	2	78	1,38
		%	46,2	5,1	23,1	17,9	5,1	2,6		
	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění - rok 1961/ Czech breeding - 1961	četnost/ frequency	24	1	0	0	0	0	25	0,04
		%	96	4	0	0	0	0		
2006	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění celkem/ Czech breeding totally	četnost/ frequency	36	5	14	16	6	0	77	1,40
		%	46,7	6,5	18,2	20,8	7,8	0		
	<i>P. x eur.</i> - české novošlechtění - rok 1961/ Czech breeding - 1961	četnost/ frequency	24	1	0	0	0	0	25	0,04
		%	96	4	0	0	0	0		

*Výsledky hodnocení jsou upraveny podle stupnice MALINOVÉ/Results of rust level evaluation are adjusted in accordance with MALINOVÁ's scale

Tab. 8.

Výsledky hodnocení míry napadení rží u některých kultivarů světového sortimentu v letech 2003 - 2006

Result of rust level evaluation for some cultivars of world assortment in 2003 - 2006

Kultivar/Cultivar	ČÍŽEK *		MALINOVÁ	
	2003	2004	2005	2006
<i>P. x eur.</i> 'Guariento'	3 (2)	1 (0)	0	0
<i>P. x eur.</i> 'Bellini'	1 (0)	1 (0)	3	4
<i>P. x eur.</i> 'Cima'	1 (0)	1 (0)	1	0
<i>P. x eur.</i> 'Rintheim'	3 (2)	3 (2)	3	3
<i>P. x eur.</i> 'Pannonia'	1 (0)	2 (1)	1	1
<i>P. x eur.</i> 'Ellert'	1 (0)	1(0)	1	0
<i>P. x eur.</i> 'Hees'	1(0)	1(0)	0	0

* V závorce je uveden odpovídající stupeň podle MALINOVÉ/Rust level in parenthesis is in accordance with MALINOVÁ

LITERATURA

- BENETKA, V., ŠÁLKOVÁ, I., VRÁTNÝ, F.: Selection of clones of *Populus nigra* L. ssp. *nigra* for resistance to *Melampsora larici-populina* KLEB. rust. J. For. Sci., 51, 2005, č. 4, s. 161-167.
- BUTIN, H.: Die blatt- und rindenbewohnenden Pilze der Pappel unter besonderer Berücksichtigung der Krankheitserreger. Berlin, 1957, 64 s.
- CELLERINO, G. P.: Review of fungal diseases in poplar. FAO, Rome, 1999, [online], [cit. 2007-04-10]. URL: <<http://www.efor.ucl.ac.be/ipc/pub/celle01/celle01.htm>>
- ČÍŽEK, V., MALÁ, J., BENETKA V.: Šlechtění rychlerostoucích dřevin. Závěrečná zpráva. VÚLHM 2004. 37 s.
- DOWKIW, A., HUSSON, C., FREY, P., PINON, J., BASTIEN, C.: Partial resistance to *Melampsora larici-populina* leaf rust in hybrid poplars: Genetic variability in inoculated excised leaf disk. Bio-assay and relationship with complete resistance. Phytopathology, 93, 2003, č. 4, s. 421-427.
- EPPO: *Melampsora Medusae*. A2 list of pests recommended for regulation as quarantine pest. A2/74, 2006, 5s., [online], [cit. 2007-07-10]. URL: <http://www.eppo.org/QUARANTINE/listA2.htm>

- FAO, Working party on Poplar and Willow Disease: Report from 22nd session, [cit. 2007-07-10]. URL: <<http://www.fao.org/forestry/site/3768/en/page.jsp>>
- FREY, P., PINON, J.: Variability in pathogenicity of *Melampsora allii-populina* expressed on poplar cultivars. Eur. J. of For. Pathol., 27, 1997, č. 6, s. 397-407.
- FREY, P., GATINEAU, M., MIOT, S., FOLON, C., FEAU, N., HUSSON, C., SCHIFFER, A., PINON, J.: Pathogenic and genetic diversity within *Melampsora* spp. causing poplar rust in Europe. In: Isebrands, J., G., Richardson, J. (comps): 21st Session of the International Poplar Commission (IPC-2000): poplar and willow culture: meeting the needs of society and the environment, 2000 September 24 - 28, Vancouver, WA. Gen. Tech. Rep. NC-215. St. Paul, MN: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station, 2000, 59 s.
- FREY, P., GÉRARD, P., FEAU, N., HUSSON, C., PINON, J.: Variability and population biology of *Melampsora* rust on poplars. In: Pei, M. H., McCracken, A. R. (eds.): Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Publishing, 2005, s. 63-72. ISBN 0 85199 999 9
- GÉRARD, R. P., HUSSON, C., PINON, J., FREY, P.: Comparison of genetic and virulence diversity of *Melampsora larici-populina* Populations on Wild and Cultivated Poplar and influence of the alternate host. Phytopathology, 96, 2006, č. 9, s. 1027-1036.
- KECHEL, H. G.: Rostbefall an Pappeln der Sektionen *Aigeiros* DUBY und *Tacamahaca* SPACH. Die Holzzucht, 37, 1983, s. 47-52.
- LAURANS, F., PILATE, G.: Histological aspects of a hypersensitive response in poplar to *Melampsora larici-populina*. Phytopathology, 89, 1999, č. 3, s. 233-238.
- LIESEBACH, M., ZASPEL, I.: Biology and genetic diversity of the rust hyperparasite *Sphaerellopsis filum* in Central Europe. In: Pei, M. H., McCracken, A. R. (eds.): Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Publishing, 2005, s. 231-242. ISBN 0 85199 999 9
- LEONTOVYČ, R.: Napadnutie jednotlivých klonov topoľov hrdzou *Melampsora allii-populina* KLEB. v selekčnej veľkoškôlke Gabčíkovo roku 1956. Lesnícký časopis, 4, 1958, č. 1, s. 30-45.
- MIOT, S., FREY, P., PINON, J.: Varieta mixture of poplar clones: effects on infection by *Melampsora larici-populina* and on plant growth. Eur. J. of For. Pathol., 29, 1999, č. 6, s. 411-423.
- MOTTL, J., ÚRADNÍČEK, L.: Topoly a jejich listy (rentgenogramy listů topolů). Acta Průhonická, 74, 2003, 30 s.
- MORICCA, S., RAGAZZI, A., ASSANTE, G.: Biocontrol of rust fungi by *Cladosporium tenuissimum*. In: Pei, M. H., McCracken, A. R. (eds.): Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Publishing, 2005, s. 213-229. ISBN 0 85199 999 9
- PEI, H. M., SHANG, Z. Y.: A brief summary of *Melampsora* species on Populus. In: Pei, M. H., McCracken, A. R. (eds.): Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Publishing, 2005, s. 51-62. ISBN 0 85199 999 9
- PINON, J., FREY, P.: Interaction between poplar clones and *Melampsora* populations and their implications for breeding for durable resistance. In: Pei, M. H., McCracken, A. R. (eds.): Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI Publishing, 2005, s. 139-154. ISBN 0 85199 999 9
- PINON, J., FREY, P.: Structure of *Melampsora larici-populina* populations on wild and cultivated poplar. Europ. J. of Plant Pathol., 103, 1997, s. 159-173.
- RAJORA, O. P., ZSUFFA, L., YEH, F. C.: Variation, inheritance and correlations of growth characters and *Melampsora* leaf rust resistance in full-sib families of *Populus*. Silvae Genetica, 43, 1994, č. 4, s. 219-226.
- VARGA, L.: Selekcija topoľov a stromových vrúb pre intenzívne spôsobovanie pestovania. Kandidátska dizertačná práca. Zvolen, VÚLH 1985. 190 s.
- VOZNICA, V.: *Melampsora medusae*. In: Karanténny škodlivé organizmy pro Evropu, II. část, Brno, SRS 1998, s.146-153.

Poplar rusts caused by *Melampsora* spp. and evaluation of their occurrence in clonal archive of FGMRI Research Station Kunovice in 2005 and 2006

Summary

Leaf rusts caused by *Melampsora* spp. are the most frequent and widespread foliage diseases of poplars. Rust occurrence can be especially serious in intensive plantations with dense spacing, mainly when heavy rust infection causes premature defoliation. In recent years interest in rust diseases has increased significantly following the finding in the 1980s when the first rust pathotypes (races) were detected and rusts started to be distinguished. Two species of rusts (*Melampsora larici-populina*, *M. allii-populina*) occur on poplars in the *Aigeiros* and *Tacamahaca* sections. Presence of the third species of rust on these poplars, which occurs in Europe, i. e. *M. medusae*, has not been detected yet in the Czech Republic, consequently this rust is included on the list of quarantine organisms for the Czech Republic and the European Union.

The intensity of rust diseases affecting poplars in the *Aigeiros* and *Tacamahaca Populus* sections in the clonal archives at the Research Station was evaluated in 2005 and 2006. Evaluations were made in late September using a six-point scale (0 – without rust, 5 - defoliation caused by rust). We did not differentiate between the two species of poplar foliage rusts occurring in the Czech Republic or their mutual ratio. Rather, the results were interpreted generally on the basis of host species: *Populus nigra*, *P. deltoides*, *P. x euroamericana*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*, and sometimes where subgroups exist within species (e. g. improved cultivars, group cultivated as reserve in situ, and host variety). As the clonal archives are used for reforestation of flood plains where alternative hosts of the rusts are present (*Larix*, *Allium*, *Arum*), the occurrence of both species of rusts was expected to occur on all 402 clones in both 2005 and 2006. Average of rust level in 2005 (2.2) was similar to average of rust level in 2006 (2.27). An increase in the level of rust infection was observed in 2006 within the group of *Populus nigra* (3.05 rating level in 2005, 3.19 rating level in 2006) which might cause a decline in overall poplar health. An increase in the level of rust infection was observed in 2006, also within the group of *P. deltoides* (1.29 rating level in 2005 and 1.39 rating level in 2006). This change may have resulted from the occurrence of different virulence or virulence groups since the resistance of *P. deltoides* to *M. larici-populina* is racially specific. In 2006, a decrease in the level of rust infection was observed within groups of *P. x euroamericana* clones (1.95 rating level in 2005, 1.68 rating level in 2006), *P. trichocarpa* clones (2.08 rating level in 2005, 1.96 rating level in 2006) and *P. maximowiczii* clones (0.76 rating level in 2005, 0.48 rating level in 2006). An outstanding group of poplars was the *P. x euroamericana* clones of Czech crossbreedings = 'CZ' (crossed in 1961) in which 24 of the 25 evaluated clones showed no rust symptoms in either year. The clones in the commercial collection found to be rust resistant were: 'Belloto', 'Blanc du Poitou', 'Cima', 'Eckhof', 'Ellert', 'Flachslanden', 'Hees', 'Neupotz', and 'Virginiana de Frignicourt'.

Recenzováno

TRANSFORMACE HYBRIDNÍ OSIKY POMOCÍ AGROBACTERIUM TUMEFACIENS

Transformation of hybrid aspen by means of *Agrobacterium tumefaciens*

Abstract

The European aspen (*Populus tremula*) represents a very modest tree species in climatic conditions and soil quality. For its regeneration ability, it is a very perspective woody species for tissue culture manipulation, genetic engineering, and genetic mapping. Stem segments and leaves discs of the hybrid aspen (*Populus tremula* x *P. tremuloides*) clone no. 5 preserved in the FGMRI Gene Bank were used for testing of genetic transformation by *Agrobacterium tumefaciens*. Transformed shoots were obtained using four agrobacterial constructs bearing uidA (GUS) gene governed by various promoters. Presence of nptII and GUS genes in transgenic tissues and plants was verified using the polymerase chain reaction.

Klíčová slova: transformace, hybridní osika, *Agrobacterium tumefaciens*

Key words: transformation, hybrid aspen, *Agrobacterium tumefaciens*

ÚVOD

Topol osika (*Populus tremula*) je velmi nenáročná dřevina na klimatické podmínky i kvalitu půdy. Vyšlechtěné klony osiky a vytvořené syntetické populace jsou velmi perspektivní pro výsadby na zemědělských půdách (lignikultury), ale i na imisních holinách, případně kontaminovaných stanovištích (MOTT, ŠTĚRBA 1988, JOACHIM 1991).

Rod *Populus* se pro své vlastnosti stal oblíbeným modelem pro genetické inženýrství především pro svoji citlivost k infekci bakteriemi z rodu *Agrobacterium*. Rostliny rodu *Populus* patří totiž do přirozeného spektra hostitelů *Agrobacterium*, přítomnost T-DNA oblasti v pletivech hlízky a kořenů potvrdili ve svých studiích PARSONS et al. (1986) a PYTHOUD et al. (1987). Topoly mají krátký vegetační cyklus a rychle rostou. Topoly se navíc vyznačují také dobrou regenerační schopností v kulturách in vitro, malou velikostí genomu (450 – 550 Mbp) a již zpracovanými kvalitními genetickými mapami. Například v poslední době byla u druhu *Populus trichocarpa* zkompletována úplná databáze genomu (TUSKAN et al. 2006).

Přenesení dalších významných vlastností do genomu osiky, jako je např. odolnost vůči salinitě, suchu nebo zvýšení remediačních schopností by rozšířilo využití této dřeviny v aridních oblastech a na kontaminovaných půdách. Cílem naší práce bylo ověřit možnost transformace vybraného hybridního klonu osiky (*Populus tremula* x *P. tremuloides*), který se vyznačuje nadprůměrným růstem na pokusných provenienčních plochách v Krušných horách.

MATERIÁL A METODA

Rostlinný materiál

Pro transformační pokusy byl vybrán mezidruhový hybrid osiky a kanadského topolu osikovitého (*P. tremula* x *P. tremuloides*), který roste v klonovém archivu v Uherském Hradišti a na provenienčních plochách v Krušných horách. Tento klon je vedený v explantátové bance pod označením OS-5. Zdrojem listů byla asepticky pěstovaná explantátová kultura na médiu MURASHIGE, SKOOG (1962) (MS) s 0,2 mg.l⁻¹ cytokininu 6-benzylaminopurinu (BAP) a 0,1 mg.l⁻¹ auxinu kyseliny β-indolylmáslé (IBA), glutaminu 10 mg.l⁻¹, glycinu 2 mg.l⁻¹, sacharózy 30 g.l⁻¹, agaru 6 g.l⁻¹, pH 5,8. Kultivace výchozího materiálu probíhala v klimatizovaných podmínkách při 24 °C, bílém fluorescenčním světle (30 μmol.m⁻².s⁻¹) a 16hodinové fotoperiodě.

Pro transformace byly použity čtyři bakteriální kmeny *Agrobacterium tumefaciens* získané z Ústavu molekulární biologie rostlin Akademie věd ČR (ÚMBR AV ČR). Tyto konstrukty nesou pracovní označení 148, 149, 150, 151. Konstrukty byly původně získány z laboratoří Dundee Institute of Technology (Scotland) ve formě plazmidů v *E. coli* HB101, jsou popsány v publikaci PHILLIPSE et al. (1992). Plazmidy byly použity k transformaci *A. tumefaciens*, kmene LBA4404.

V rámci pokusů byly pro transformaci použity konstrukty se zabudovaným genem pro neomycinofosfotransferázu typu II (NPTII), který u příjemce navozuje rezistenci k antibiotiku kanamycinu (Kn) a reportérovým genem uidA (GUS) pro syntézu b-glukuronidázy (GUS). Stručný popis konstruktů je uveden v tabulce 1.

Metodika transformace

Stonkové segmenty o velikosti 4 - 6 mm a listové disky o průměru 6 až 8 mm byly kultivovány 24 hodin na médiu MS s 1,0 mg.l⁻¹ BAP a 0,1 mg.l⁻¹ IBA. Listové disky byly umístěny adaxiální stranou na živné médium. Poté byl rostlinný materiál ponořen do suspenze bakterií *Agrobacterium* (proces kokultivace) a přenesen zpět na původní médium. Následovala 48hodinová kultivace rostlinného materiálu s *A. tumefaciens*, po které byly explantáty dvakrát promyty v tekutém médiu MS. Dále následovalo promytí v médiu MS s rozdílnými koncentracemi antibiotik a poté byl rostlinný materiál přesazen na agarové MS médium s obsahem BAP 1,0 mg.l⁻¹, IBA 0,1 mg.l⁻¹ a s nižším obsahem glutaminu (10 mg.l⁻¹) doplněném o antibiotika k eliminaci vektorových bakterií, použitá v rozdílných koncentracích. Listové disky a stonkové segmenty byly kultivovány při 25 °C a 24hodinové světelné periodě. V jednom experimentálním cyklu bylo kultivováno cca 140 pokusných listových disků nebo stonkových segmentů a 10 disků nebo stonkových segmentů kontrolních. V rámci pokusů byly testovány dva druhy antibiotik na supresi bakteriální infekce a to timentin a augmentin. Každých sedm dní byly transformované explantáty přesazeny na čerstvé médium, ve kterém se postupně snižovala koncentrace antibiotik (timentin 1 500 - 0 mg.l⁻¹, augmentin 1 000 - 0 mg.l⁻¹) a zároveň se zvyšovala koncentrace selekčního agens - antibiotika kanamycinu (z 0 na 100 mg.l⁻¹).

Tab. 1.

Popis konstruktů *Agrobacterium tumefaciens*Description of constructs *Agrobacterium tumefaciens*

Pracovní označení konstruktů/Construct	Označení kmene A. t./Stem	Rezistence bakterií/Resistance of bacteria	Typ promotoru/Type of promoter	Plazmid/Plasmid
148	4404-Z4.2	Kn	CaMV 35S	pBI 121
149	4404-A4	Kn	NOS (pro nopalinsyntázu/ for nopalisyntase))	pJPP1
150	4404-A1	Kn	MAN (pro manopinsyntázu/ for mannopinsyntase)	pJPP4
151	4404-Z61	Kn	RbcS – Rubisco, genu pro malou podjednotku ribulózo-bisfosfátkarboxylázy/gen for small subunit ribulosebiphosphate carboxylase	pBI 131

Selekce transformantů

V průběhu experimentů se použily dvě metody stanovení přítomnosti markerového genu GUS v transformovaných dřevinách – metoda fluorometrická a metoda založená na polymerázové řetězové reakci (PCR).

Aktivita GUS byla měřena fluorometrickou metodou podle modifikace VITHA et al. (1991). Pro zjištění exprese transgenů GUS byly z každé vícevrcholové kultury hybridní osiky získané regenerací z jednoho listového disku kokultivované s *Agrobacterium tumefaciens* náhodně vybrány tři výhony, jejichž střední část byla použita k analýze a apikální část byla přesazena na multiplikační médium s kanamycinem. DNA z transformovaných rostlin byla izolována pomocí DNeasy Plant Mini Kitu (Quiagen) a následně použita k detekci transgenů na základě PCR metody a specifických primerů (metoda podle RNDr. H. Niedermeirové, ÚMBR AV ČR, personální sdělení 2001).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro úspěšné zvládnutí transformačního procesu je nutná detailně propracovaná technika regenerace in vitro transformovaného materiálu. Pro transformační pokusy se jako výchozí materiál používaly explantátové kultury hybridní osiky OS-5 (juvenilní materiál) a byla použita metoda nepřímé transformace pomocí *A. tumefaciens* (MALÁ, MICHALOVÁ 1993). Úspěšnost transformace je ovlivňována typem výchozího explantátu, nejčastěji se využívají listy nebo stonkové segmenty (internodia). U druhu *P. tremuloides* byla pozorována vyšší účinnost bakteriální infekce na stonkových segmentech (KUBISIAK et al. 1993). Vyšší produkci transformovaných kalusů u explantátů z internodií hybridní osiky *P. tremula* x *P. alba* pozorovali i LEPLÉ et al. (1992).

V experimentech byly použity listové disky i stonkové segmenty hybridní osiky. Pro indukci organogeneze u obou typů výchozích explantátů se osvědčilo médium MS s vyšším obsahem cytokininu BAP (1 mg.l⁻¹), ale s nižším obsahem glutaminu (10 mg.l⁻¹). Médium se stejným složením se osvědčilo také u indukce organogeneze ze zimních pupenů dospělých jedinců hybridní osiky.

Listové disky byly umístěny adaxiální stranou na živné médium. Regenerační proces se nejvíce projevil u bazálního pólu listového disku, vždy v blízkosti cévních svazků, ve většině případů u hlavní žilky. Oproti tomu CHUN (1990) pozoroval vyšší schopnost indukce

adventivních výhonů u listových segmentů hybridu (*P. alba* x *P. grandidentata*) při kultivaci na abaxiální straně.

V průběhu transformačních pokusů s rozdílným rostlinným materiálem byly testovány různé doby přímé kokultivace (kultivace rostlinného materiálu v suspensi *Agrobacterium*). U listových disků se jako nejvýhodnější jevila 15 až 20minutová doba kokultivace, stonkové segmenty hybridní osiky byly ponořeny do suspense *A. tumefaciens* na 30 minut.

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících úspěšnost transformace pomocí rodu *Agrobacterium* je výběr vhodných antibiotik pro eliminaci vektorových bakterií použitých při transformačním procesu. Eliminace infekčního agens (*Agrobacterium*) z transformovaných kultur je velmi důležitá, protože další přítomnost bakterií negativně ovlivňuje růst a vývoj transformovaných rostlin a může vést až k úhynu kultur.

Jako nejúčinnější pro supresi použitých bakterií se jeví použití antibiotika timentinu (účinné látky ticarcillin a kyselina klavulanová) v koncentraci 2 500 mg.l⁻¹ po dobu 10 minut u listových disků hybridní osiky, u stonkových segmentů hybridní osiky se osvědčilo zvýšení koncentrace timentinu (3 500 mg.l⁻¹) po dobu 30 minut. Poté byly listové disky i stonkové segmenty přesazeny na čerstvé MS médium s různými koncentracemi antibiotik. V případě listových disků se osvědčila výchozí kombinace augmentinu v koncentraci 500 mg.l⁻¹ a timentinu 1 000 mg.l⁻¹, u stonkových segmentů byla vhodná zvýšená koncentrace augmentinu (1 000 mg.l⁻¹) v kombinaci s 1 000 mg.l⁻¹ timentinu. Tyto výsledky korespondují s pracemi CONFALONIERIHO, BALESTRAZZIHO a BISOFFIHO (1994) a WANGA, TUSKANA a TSCHAPLINSKEHO (1994), kteří získali nejlepší výsledky po ponoření výchozího rostlinného materiálu do bakteriální suspenze v časovém intervalu 20 minut až 4 hodin a poté provedli kokultivaci v délce od 24 do 72 hodin v tekutém nebo polotuhém regeneračním médiu obsahujícím fytohormony, jako 6-benzylaminopurin (BAP), 2,4-dichlorfenoxycetovou kyselinu (2,4 D), α -naftylacetovou kyselinu (NAA) nebo thidiazuron (TDZ). Naopak někteří autoři dosáhli vyšší frekvence transformace při počáteční kultivaci explantátů v délce 2 až 14 dnů na médiu bez selekční látky a následném přenesení transformantů na selekční médium (CHAREST, STEWART, BUDICKY 1992, WANG, TUSKAN, TSCHAPLINSKI 1994, DINUS, STEPHENS, CHANG 1995, TUOMINEN et al. 1995). Zvýšení frekvence úspěšnosti transformace uvádějí DE BLOCK (1990), LEPLÉ et al. (1992), CONFALONIERI, BALESTRAZZI, BISOFFI (1994), SCHWARTZEN-



Obr. 1.

Regenerace výhonů z listových disků hybridní osiky s konstruktem *A. tumefaciens* 149

Shoot regeneration of leaf disc of hybrid aspen transformed by *A. tumefaciens* construct no. 149



Obr. 2.

Regenerace listových disků hybridní osiky s konstruktem *A. tumefaciens* 151

Regeneration of leaf discs of hybrid aspen transformed by *A. tumefaciens* construct no. 151

BERG et al. (1994), TSAI, PODILA, CHIANG (1994), CONFALONIERI et al. (1995) při přenosu explantátů na světlo po dekontaminaci pomocí cefotaximu ($250 - 500 \text{ mg.l}^{-1}$) a/nebo karbenicilinu ($250 - 500 \text{ mg.l}^{-1}$), dále v případě prodloužení doby infekce bakteriemi rodu *Agrobacterium* či v případě kultivace výchozího rostlinného materiálu před vlastním transformačním procesem na indukčním médiu s obsahem BAP, 2,4-D, NAA nebo TDZ.

V našich experimentech byly listové disky i stonkové segmenty kultivovány při 25°C a 24hodinové světelné periodě. Každých sedm dní byly přesazeny na čerstvé médium, ve kterém se postupně snižovala koncentrace antibiotik [timentin $1\,000 - 0 \text{ mg.l}^{-1}$, augmentin $500 (1\,000) - 0 \text{ mg.l}^{-1}$] a zároveň se zvyšovala koncentrace selekčního agens - antibiotika kanamycinu (z 0 na 100 mg.l^{-1}). Jako nejúčinnější antibiotikum při transformačních pokusech byl vyhodnocen timentin nebo použití kombinace antibiotik timentinu a augmentinu. LING et al. (1998) také vyhodnotili timentin v porovnání s karbenicilinem a cefotaximem jako nejvýhodnější z ekonomického hlediska i z hlediska vlivu na regeneraci transformovaných rostlin a na supresi bakteriální infekce. Timentin jako antibiotikum s nejvyšší účinností proti bakteriální infekci při transformaci *Picea glauca* vyhodnotili i LE et al. (2001).

Výběr vhodného selekčního systému je další podmínkou úspěšné transformace. Pro rod *Populus* byly použity jako selekční markerové geny HPT (rezistence k hygromycinu), NPTII (rezistence ke kanamycinu), bar (rezistence k glufosinátu) a *crs1*⁻¹ (rezistence k chlorsulfuronu). Nejčastěji používaný selekční systém je v případě transformací u rodu *Populus* založen na využití antibiotika kanamycinu. Kanamycin již v koncentraci 10 mg.l^{-1} inhiboval regeneraci u explantátových kultur netransformovaných hybridů topolů (*P. alba* x *P. grandidentata*) (CHUNG et al. 1989). CSEKE et al. (2007) porovnávali účinnost selekčních systémů HPT (rezistence k hygromycinu) a NPTII (rezistence ke kanamycinu) při transformaci klíčnicích rostlin *Populus tremuloides* pomocí *A. tumefaciens*. Při inokulaci klíčnicích rostlin konstrukty s NPTII se tvořilo větší množství zelených kalusů

a regenerovalo až 34 % výhonů, ale schopnost kořenit na selekčním médiu byla pozorována pouze u 50 % transformovaných výhonů, u konstruktů s HPT regenerovalo pouze 20 % výhonů, ale následně všechny transformované výhony kořenily na selekčním médiu.

U pokusů s listovými disky hybridní osiky prováděných v naší laboratoři se vícevrcholové kultury o 20 – 40 výhonech vytvořily po čtvrté a páté pasáži (obr. 1, 2). U stonkových segmentů se vícevrcholové kultury o 2 – 10 výhonech začaly vytvářet po 3 – 4 pasážích (obr. 3, 4). Procentické zastoupení regenerace u listových disků i stonkových segmentů v závislosti na použitém bakteriálním konstruktu udává tabulka 2, ve které je též uvedeno procentické zastoupení rostoucích transgenních rostlin osiky z listových segmentů při dlouhodobé kultivaci.

V průběhu dlouhodobé kultivace docházelo k postupnému snížení exprese markerového genu u transformovaných kultur, což mohlo mít dva hlavní důvody. Prvním důvodem mohly být molekulární změny na T-DNA integrované do rostlinného genomu, jako jsou methylace, spontánní bodové mutace, chromozomální aberace zasahující oblasti s integrovanou T-DNA, apod. Druhým důvodem mohl být v případě hybridní osiky chimérismus vzniklých výhonů, v tomto případě tedy skutečnost, že výhony byly složeny z transformovaných i netransformovaných buněk. Při multiplikaci tedy může vzniknout výhon obsahující převážně či pouze netransformované buňky. Protože při pozdějších pasážích už nebyla na čerstvé médium přenášena celá kultura, mohlo dojít k náhodné eliminaci transformovaných sektorů.

Počty transgenních kultur hybridní osiky, z nichž každá byla získána regenerací z jednoho výchozího listového disku a následným pasážováním, se po dlouhodobé kultivaci pro jednotlivé použité konstrukty výrazně lišily. Vzhledem k tomu, že pro transformaci byly použity rostliny jednoho klonu (rostliny geneticky shodné), byly pozorované rozdíly způsobeny rozdílnou účinností transformace různými konstrukty.

Tab. 2.

Regenerace výhonů hybridní osiky v závislosti na použitém typu explantátů a bakteriálním konstruktu

Regeneration of hybrid aspen shoots in dependence on explant type and bacterial construct

Použitý konstrukt A. t./ Used construct	Regenerace u listových disků po 5. pasáži/ Regeneration of leaf discs after the 5th passage [%]	Regenerace po dlouhodobé kultivaci u listových segmentů/ Regeneration after long-term cultivation of leaf segments [%]	Regenerace u stonkových segmentů po 3. pasáži/ Regeneration of stem segments after the 3rd passage [%]
148	47	27	68
149	32	5	26
150	30	4	45
151	52	23	50
Kontrola/Control	1,5	0	0



Obr. 3.

Regenerace stonkových segmentů hybridní osiky s konstruktem *A. tumefaciens* 148Regeneration of stem segment of hybrid aspen transformed by *A. tumefaciens* construct no. 148

Obr. 4.

Regenerace stonkových segmentů hybridní osiky s konstruktem *A. tumefaciens* 151Regeneration of stem segment of hybrid aspen transformed by *A. tumefaciens* construct no. 151

Účinnost transformace je podmíněna také použitým kmenem bakterií *Agrobacterium*, obecně se projevuje vyšší účinnost u nopalínových typů v porovnání s oktopinovými typy *A. tumefaciens*. Většina transgenních rostlin rodu *Populus* byla získána pomocí nopalínového typu *Agrobacterium* (HAN, GORDON, STRAUSS 1996). Nejvyšší transformační účinnost projevily kmeny *A. tumefaciens* C58, A281, EHA101 a LBA4404, které lze obecně označit jako nejvhodnější pro transformaci většiny druhů rodu *Populus* (DE BLOCK 1990, BRASILEIRO et al. 1991, 1992, KLOPFENSTEIN et al. 1991, 1993, 1997, LEPLÉ et al. 1992, 1995, NILSSON et al. 1992, CONFALONIERI, BALESTRAZZI, BISOFFI 1994, HOWE, GOLDFARB, STRAUSS 1994, KAJITA et al. 1994, SCHWARTZENBERG et al. 1994, TUOMINEN et al. 1995, EBINUMA et al. 1992). V našich pokusech byl použit kmen *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404 a jako nejúčinnější ve vztahu k počtu získaných kultur se jevíly konstrukty 148 (35S) a 151 (rbcS) (viz tab. 1). Stejně konstrukty se ukázaly jako nejúčinnější i u stonkových segmentů hybridní osiky a regenerační schopnost explantátů se v tomto případě zdála být vyšší.

Pro hodnocení úspěšnosti genetické transformace lze využít mnoho metod. Růst transformované rostliny na půdě obsahující selekční látky (např. kanamycin) je možné považovat za předběžné potvrzení, že došlo ke vnesení požadovaného genu. Pro detekci transformovaných jedinců se využívá např. fluorimetrická metoda pro stanovení aktivity enzymu GUS (JEFFERSON 1987). Prokázání GUS aktivity je možné i histochemickou GUS analýzou (VITHA et al. 1999). Nejvyšší výpovědní hodnotu ale mají detekční metody založené na DNA/DNA hybridizaci a analýzách DNA. Fyzickou přítomnost transgenů a jejich počet kopií v rostlinném genomu je možné ověřovat např. Southernovou hybridizací nebo technikami PCR. Jako příklad užívaných molekulárních metod pro detekci transgenů u rodu *Populus* lze uvést RFLP, RAPD, AFLP, STS a mikrosatelity (CONFALONIERI et al. 2003).

V našich pokusech byl jako reportérový gen pro transformaci hybridní osiky použit GUS gen. Aktivita jím kódovaného enzymu β -glukoronidázy byla zjišťována v kulturách hybridní osiky transformované vektory nesoucími konstrukty s geny GUS a NPTII

a promotory 35S (148) a rbcS (151) pomocí fluorimetrické metody podle modifikace VITHA et al. (1991). Nejvyšší exprese genu GUS byla zjištěna v transformovaných explantátech, modifikovaných vektorem, v nichž je příslušný gen pod kontrolou vysoce účinného promotoru 35S. V explantátových kulturách s rbcS (151) bylo nalezeno nejvíce GUS-pozitivních výhonů, ale maximální hodnota stanovení GUS-aktivity byla výrazně nižší než u explantátů s 35S promotorem (148). Variabilita GUS-aktivity u netransformovaných kontrol je tvořena vždy více než z 50 % rozdíly mezi jednotlivými výhony, z menší části pak rozdíly mezi jednotlivými kulturami. U transformovaných osik je tento poměr obrácený, což znamená, že jsou si z hlediska exprese transgenu podobnější výhony z jedné kultury než kultury transformované stejným vektorem mezi sebou. To svědčí o různé účinnosti přenosu konstruktů do jednotlivých buněk výchozího rostlinného materiálu.

Pomocí metody PCR byla u kultur hybridní osiky transformované vektorem nesoucím konstrukt s genem GUS a NPTII a promotor 35S (148) prokázána přítomnost transgenu GUS.

ZÁVĚR

Standardizace regeneračního systému, metod přenosu modelových genů a zjištění vhodných promotorů k zabezpečení spolehlivé exprese vložených transgenů jsou předpokladem pro další výzkum, který naváže na dosažené výsledky a umožní cílené zavádění žádaných vlastností do genomu studovaných dřevin. Dosažené výsledky budou dále použity ve výzkumu možnosti přenosu konkrétních genů s požadovanými vlastnostmi, jako je např. zvýšení fytoředičních schopností.

Užití geneticky modifikovaných dřevin v blízké budoucnosti výrazně přispěje ke snižování zátěže životního prostředí, ať již jde o navození rezistence vůči patogenům a pesticidům, o zkvalitnění technologických vlastností stromů (snížení stupně lignifikace, zlepšení kvality podílu a proporcionality užitečných částí), lepší využití živin a zvýšení produkčního indexu lesa, napomůže i při zdokonalení odstraňování toxických látek z prostředí (fytořediace). Aktuální stav, možné perspektivy a směry rozvoje genových manipulací u dřevin shrnuje řada přehledů, kde lze nalézt podrobnější informace o jednotlivých otázkách (JOUANIN et al. 1993, STOMP 1994, STRAUSS et al. 1995, DEAN et al. 1997, STRAUSS, KNOWE, JENKINS 1997, WHETTEN, MACKAY, SEDEROFF 1998, HERSCHBACH, KOPRIVA 2002, TANG, NEWTON 2003, GIRI, SHYAMKUMAR, ANJANEYULU 2004). U dřevin jsou již rozpracovány další progresivní techniky manipulace genomu, např. potlačení funkce genu a jeho produktů na základě kosuprese (DWIVEDI et al. 1994, BAUCHER et al. 1996). Jde zejména o práce zaměřené na zlepšení technologických vlastností dřeva, např. snížení lignifikace pletiv pro výrobu celulózy a papíru nebo změny zbarvení dřeva.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci projektu MŠMT č. 2B06187 a výzkumného záměru MZe č. 0002070202.

LITERATURA

- BAUCHER, M., CHABBERT, B., PILATE, G., VANDOOSSSELAERE, J., TOLLIER, M. T., PETITCONIL, M., CORNU, D., MONTIES, B., VANMONTAGU, M., INZE, D., JOUANIN, L., BOERJAN, W.: Red xylem and higher lignin extractability by down-regulating a cinnamyl alcohol dehydrogenase in poplar. *Plant Physiol.*, 112, 1996, č. 4, s. 1479-1490.
- BRASILEIRO, A. C. M., LEPLE, J. C., MUZZIN, J., OUNNOUGH, D., MICHELM M. F., JOUANIN, L.: An alternative approach for gene transfer in trees using wild-type *Agrobacterium* strains. *Plant Mol. Biol.*, 17, 1991, č. 3, s. 441-452.
- BRASILEIRO, A. C. M., TOURNEUR, C., LEPLÉ, J. C., COMBES, V., JOUANIN, L.: Expression of the mutant *Arabidopsis thaliana* acetolactate synthase gene confers chlorsulfuron resistance to transgenic poplar plants. *Transgenic Res.*, 1, 1992, s. 133-141.
- CONFALONIERI, M., BALESTRAZZI, A., BISOFFI, S.: Genetic transformation of *Populus nigra* by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Rep.*, 13, 1994, s. 256-261.
- CONFALONIERI, M., BALESTRAZZI, A., BISOFFI, S., CELLA, R.: Factors affecting *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation in several black poplar clones. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 43, 1995, s. 215-222.
- CONFALONIERI, M., BALESTRAZZI, A., BISOFFI, S., CARBONERA, D.: In vitro culture and genetic engineering of *Populus* spp: synergy for forest tree improvement. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 72, 2003, s. 109-138.
- CSEKE, L. J., CSEKE, B. C., PODILA, G. K.: High efficiency poplar transformation. *Plant Cell Rep.*, 26, 2007, č. 9, s. 1529-1538.
- DINUS, R. J., STEPHENS, C. J., CHANG, S.: *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation of eastern cottonwood (*Populus deltoides*). In: Proceedings of the international poplar symposium: Poplar biology and its implications for management and conservation, 1995 August 20 - 25, Seattle, WA, USA, University of Washington: 42. Abstrakt
- DE BLOCK, M.: Factors influencing the affecting *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation of hybrid aspen and poplar clones. *Plant Physiol.*, 93, 1990, s. 1110-1116.
- DEAN, J. F., LAFAYETTE, P. R., ERIKSSON, K. E., MERKLE, S. A.: Forest tree biotechnology. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.*, 57, 1997, s. 1-44.
- DWIVEDI, U. N., CAMPBELL, W. H., YU, J., DATLA, R. S., BUGOS, R. C., CHIANG, V. L., PODILA, G. K.: Modification of lignin biosynthesis in transgenic *Nicotiana* through expression of an antisense O-methyltransferase gene from *Populus*. *Plant Mol. Biol.*, 26, 1994, č. 1, s. 61-71.
- EBINUMA, H., WABIKO, H., OHSHIMA, K., HATA, K., SANO, H.: The genetic engineering of poplar trees – A first practical application of a homology - based interaction (Matzke effect) for protection against the plant disease. In: Proceedings, 1992 Fifth international conference on biotechnology in the pulp and paper industry, Tokyo, Uni Publishers Co., LTD. 1992, s. 467-472.
- GIRI, C. C., SHYAMKUMAR, B., ANJANEYULU, C.: Progress in tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to trees: an overview. *Trees*, 18, 2004, s. 115-135.

- HAN, K.-H., GORDON, M. P., STRAUSS, S. H.: Cellular and molecular biology of *Agrobacterium* - mediated transformation of plants and its application to genetic transformation of *Populus*. In: Stettler, R. F., Bradshaw, H. D., Jr., Heilman, P. E., Hinckley, T. M. (eds.): Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press: Chapter 9, 1996, s. 221-222.
- HERSCHBACH, C., KOPRIVA, S.: Transgenic trees as tools in tree and plant physiology. *Trees*, 16, 2002, s. 250-261.
- HOWE, G. T., GOLDFARB, B., STRAUSS, S. H.: *Agrobacterium* - mediated transformation of hybrid poplar suspension cultures and regeneration of transformed plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 36, 1994, s. 59-71.
- CHAREST, P. J., STEWART, D., BUDICKY, P. L.: Root induction in hybrid poplar by *Agrobacterium* genetic transformation. *Can. J. For. Res.*, 22, 1992, s. 1832-1837.
- CHUNG, K. H., PARK, Y. G., NOH, E. R., CHUN, Y. W.: Transformation of *Populus alba* x *P. glandulosa* by *Agrobacterium rhizogenes*. *J. Kor. Forest Soc.*, 78, 1989, s. 372-380.
- CHUN, Y. W.: Morphogenic potential of leaf, internode, and root explants from *Populus alba* x *P. grandidentata*. *Forest and Humanity*, 3, 1990, s. 31-44.
- JEFFERSON, R. A.: Assaying chimeric genes in plants. The GUS gene fusion system. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 5, 1987, s. 378-405.
- JOACHIM, H. F.: Hybridaspens – schnellwuchsig, leistungsfähig und vielseitig eisenbare Baumsorten. IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Institut für Forstwissenschaften Eberswalde, 1991.
- JOUANIN, L., BRASILIERO, A. C. M., LEPLÉ, J. C., PILATE, G., CORNU, D.: Genetic transformation: a short review of methods and their applications, result and perspectives for forest trees. *Ann. Sci. For.*, 50, 1993, s. 325-336.
- KAJITA, S., OSAKABE, K., KATAYAMA, Y., KAWAI, S., MATSUMOTO, Y., HATA, K., MOROHOSHI, N.: *Agrobacterium* - mediated transformation of poplar using a disarmed binary vector and the overexpression of a specific member of a family of a poplar peroxidase genes in transgenic poplar cell. *Plant Sci.*, 103, 1994, s. 231-239.
- KLOPFENSTEIN, N. B., SHI, N. Q., KERNAN, A., MCNABB, H. S., JR., HALL, R. B., HART, E. R., THORNBURG, R. W.: Transgenic *Populus* hybrid expresses a wound - inducible potato proteinase inhibitor II-CAT gene fusion. *Can. J. For. Res.*, 21, 1991, s. 1321-1328.
- KLOPFENSTEIN, N. B., MCNABB, H. S., JR., HART, E. R., HALL, R. B., HANNA, R. D., HEUCHELIN, S. A., ALLEN, K., SHI, N. Q., THORNBURG, R. W.: Transformation of *Populus* hybrid to study and improve pest resistance. *Silvae Genetica*, 42, 1993, s. 86-90.
- KLOPFENSTEIN, N. B., CHUN, Y. W., KIM, M.-S., AHUJA, M. R., DILLON, M. C., CARMAN, R. C., ESKEW, L. G.: Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology of *Populus*. *Gen. Tech. Rep. RM-GTR-297*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 1997, 326 s.
- KUBISIAK, T. L., MOHN, C. A., FURNIER, G. R., HACKETT, W. P., RIU, K.-Z.: Increasing the frequency of *Agrobacterium* mediated transformation of *Populus tremuloides*. In: Mohn, C. A. (ed.): Proceedings of the second Northern Forest Genetics Association conference, 1993, July 29 - 30, Roseville, MN, U.S.A., Dept. of Forest Resources, University of Minnesota, St. Paul, Northern Forest Genetics Association, 1993, s. 189-198.
- LE, V. Q., BELLES-ISLESS, J., DUSABENYAGASANI, M., TREMBLAY, F. M.: An improved procedure for production of white spruce (*Picea glauca*) transgenic plants using *Agrobacterium tumefaciens*. *J. Exp. Bot.*, 52, 2001, s. 2089-2095.
- LEPLÉ, J. C., BRASILIERO, A. C. M., MICHEL, M. F., DELMOTTE, F., JOUANIN, L.: Transgenic poplars: expression of chimeric genes using four different constructs. *Plant Cell Rep.*, 11, 1992, s. 137-141.
- LEPLÉ, J. C., BONADÉ-BITTINO, M., AUGUSTINO, S., PILATE, G., DUMANOIS LÊ TÂN, V., DELPLANQUE, A., CORNU, D., JOUANIN, L.: Toxicity to *Chrysomela tremulae* (Coleoptera: Chrysomelidae) of transgenic poplars expressing a cysteine proteinase inhibitor. *Mol. Breed.*, 1, 1995, s. 319-328.
- LING, H.-Q., KRISELEIT, D., GANAL, M. W.: Effect of ticarcillin/potassium clavulanate on callus growth and shoot regeneration in *Agrobacterium* - mediated transformation of tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.). *Plant Cell Rep.*, 17, 1998, s. 843-847.
- MALÁ, J., MICHALOVÁ, M.: Transformace hybridu osiky (*Populus tremula* x *Populus tremuloides*) *Agrobacterium tumefaciens*. *Práce VÚLHM*, 78, 1993, s. 56-60.
- MOTTL, J., ŠTĚRBA, S.: Metodické pokyny pro pěstování osiky. Lesnický průvodce, 1998, č. 1. 92 s.
- MURASHIGE, T., SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plants.*, 15, 1962, s. 473-479.
- NILSSON, O., ALDÉN, T., SITBON, F., LITTLE, C. H. A., CHALUPA, V., SANDBERG, G., OLSSON, O.: Spatial pattern of cauliflower mosaic virus 35S promotor-luciferase expression in transgenic hybrid aspen trees monitored by enzymatic assay and non-destructive imaging. *Transgenic Res.*, 1, 1992, s. 209-220.
- PARSONS, T. J., SINKAR, V. P., STETTLER, R. F., NESTER, E. W., GORDON, M. P.: Transformation of poplar by *Agrobacterium tumefaciens*. *Biotechnol.*, 4, 1986, s. 533-536.
- PHILLIPS, J. P., XING, T., GARTLAND, J. S., ELLIOT, M. C., GARTLAND, K. M. A.: Variation in b-glucuronidase activity in transgenic sugar beet roots. *Plant Growth Res.*, 11, 1992, s. 319-325.
- PYTHOUD, F., SINKAR, V. P., NESTER, E. W., GORDON, M. P.: Increased virulence of *Agrobacterium rhizogenes* conferred by the vir region of pTiBo542: application to genetic engineering of poplar. *Biotechnol.*, 5, 1987, s. 1323-1327.
- SCHWARTZENBERG, K., DOUMAS, P., JOUANIN, L., PILATE, G.: Enhancement of the endogenous cytokinin concentration in poplar by transformation with *Agrobacterium* T-DNA gene ipt. *Tree Physiol.*, 14, 1994, s. 27-35.
- STRAUSS, S. H., ROTTMANN, W. H., BRUNNER, A. M., SHEPPARD, L. A.: Genetic engineering of reproductive sterility in forest trees. *Mol. Breed.*, 1, 1995, s. 5-26.
- STRAUSS, S. H., KNOWE, S. A., JENKINS, J.: Benefits and risks of transgenic. *J. Forestry*, 95, 1997, č. 5, s. 12-19.
- STOMP, A. M.: Genetic strategies for enhancing phytoremediation. *Ann. NY Acad. Sci.*, 721, 1994, s. 481-491.
- TANG, W., NEWTON, R. J.: Genetic transformation of conifers and its application in forest biotechnology. *Plant Cell Rep.*, 22, 2003, s. 1-15.
- TSAI, C.-J., PODILA, G. K., CHIANG, V. L.: *Agrobacterium* - mediated transformation of quaking aspen (*Populus tremuloides*) and regeneration of transgenic plants. *Plant Cell Rep.*, 14, 1994, s. 94-97.

- TUOMINEN, H., SITBON, F., JACOBSSON, C., SANDGERG G., OLSSON, O., SUNDBERG, B.: Altered growth and wood characteristics in transgenic hybrid aspen expressing *Agrobacterium tumefaciens* T-DNA indolacetic acid – biosynthetic genes. *Plant Physiol.*, 109, 1995, s. 1179-1189.
- TUSKAN, G. A. et al.: The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (TORR & GRAY). *Science*, 313, 2006, č. 5793, s. 1596-1604.
- VITHA, S., BENEŠ, K., MICHALOVÁ, M., ONDŘEJ, M.: Methodical aspects of the detection of glucuronidase marker gene expression in plant tissues. *Progress in basic, applied and diagnostic histochemistry. Czechosl. Soc. Histo-Cytochem., Olomouc 1991.*
- VITHA, S., BENEŠ, K., PHILLIPS, J. P., GARTLAND, K. M. A.: Histochemical GUS analysis. *Methods in Molecular Biology 44: Agrobacterium Protocols*, 1999, s. 185-193.
- WANG, Y. C., TUSKAN, G. A., TSCHAPLINSKI, T. J.: *Agrobacterium tumefaciens* - mediated transformation and regeneration of *Populus*. In: Michler, C. H. et al. (eds.): *Application of biotechnology to tree culture. Protection, and utilization*, 1994 October 2 - 6, Bloomington, MN, USA. Gen. Tech. Rep. NC-175. St. Paul, MN, USA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station: 22. Abstract.
- WHETTEN, R. W., MACKAY, J. J., SEDEROFF, R. R.: Recent advances in understanding lignin biosynthesis. *Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49, 1998, s. 585-609.

Transformation of hybrid aspen by means of *Agrobacterium tumefaciens*

Summary

Research aim of this work was to verify the possibility of genetic transformation of the hybrid aspen (*Populus tremula* x *P. tremuloides*) by a bacterial vector *Agrobacterium tumefaciens*. Stem segments and leaves discs of the hybrid aspen clone no. 5 from FGMRI Gene Bank were used for transformation experiments by the modified transformation method (MALÁ, MICHALOVÁ 1993) by means of *A. tumefaciens* LBA4404 using different gene constructs with four types of promoters:

- 148 – comprising the reporter gene GUS controlled by 35S promoter
- 149 – comprising the reporter gene GUS controlled by NOS (nopalinsynthase) promoter
- 150 – comprising the reporter gene GUS controlled by MAN (mannopinsynthase) promoter
- 151 – comprising the reporter gene GUS controlled by the *rbcS* (ribulosebiphosphate carboxylase) promoter

These constructs code for a resistance of transformants to kanamycin. Several factors should be considered to improve transformation efficiency such as *Agrobacterium* strain, selectable marker system, using a suitable antibiotic for suppression of *Agrobacterium tumefaciens* in genetic transformation.

As controls for each construct 30-35 leaf discs or stem segments from aseptic cultures of the hybrid aspen and 10 other ones were used. Plant material was immersed into the suspension of *A. tumefaciens* in MS medium (108 ml⁻¹) and cultured in MS medium (1.0 mg.l⁻¹ BAP; 0.1 mg.l⁻¹ IBA). After two days the segments were transferred onto fresh medium with the same concentration of phytohormones, but with different contents of augmentin or timentin, and with kanamycin. The cultures were transferred onto media with gradually decreasing concentrations of augmentin and/or timentin, and increasing concentrations of kanamycin every seven days. Timentin showed to be of the highest efficiency for suppression of *A. tumefaciens*. The 148 (35S) and 151 (*rbcS*) constructs were proved as the most successful for the transfer of genetic information in a plant model system used.

Formation and growth of transformed adventitious shoots on kanamycin-containing media showed their possible resistance to kanamycin. Evaluation of transformants was performed by histochemical assay of GUS activity or by polymerase chain reaction (PCR) test. Histochemical assay was performed according to JEFFERSON (1987) in modification of VITHA et al. (1991). It could be concluded that the highest expression of gene GUS was in transformed shoots of hybrid aspen gene construct 148 (35S). PCR revealed the presence of a fragment of the GUS gene in the genomic DNA of the transformed aspen shoots by gene construct 148 (35S).

Recenzováno

ZIMNÍ SVAŇOVÝ ODTOK VE VZTAHU K POSTUPŮM OBNOVY LESA

Winter hillslope runoff in relation to methods of forest regeneration

Abstract

Winter hillslope runoff was studied in two young stands regenerated 25 years ago by clearcut (H) and shelterwood (C) method and in a control mature spruce stand (K) on the Česká Čermná long-run research area, steeply sloped southward, during the dormant season 2005/2006. In the term November 1 – April 30, snow represented 75% of 360 mm of open area precipitation. Thawing from March 24 to March 30 – April 3 corresponded with diverse water storage in snowpack: the highest 172 mm on the plot C (mixed conifer small pole stage stand with considerable proportion of European larch in winter without needles), the lower 153 mm on the plot K (mature spruce stand) and the lowest 80 mm on the plot H (spruce pole stage stand). The most lateral surface and subsurface runoff from snowmelt was observed on the plot H (11 mm); at non-recorded frost temperatures of soil, we could link it with greater floor compaction indicated by penetrometer. On the contrary, the significantly greatest vertical flow on the plot C together with small lateral flow showed good infiltration ability of soil at regeneration by shelterwood cutting with created mixed conifer stand. Likewise in summer also in winter the lateral runoff on highlead yarding track 25 years after logging did not significantly differ from that on undamaged plots, so we can consider hazard of soil erosion by water to be low.

Klíčová slova: postupy obnovy lesa, smrkový porost, vývojová stadia, lesnická hydrologie, svaňový odtok, zimní režim, podkorunové srážky, sněhová pokrývka, tání, laterální odtok, vertikální odtok, intercepcie, evapotranspirace, vodní bilance

Key words: forest regeneration method, Norway spruce stand, development stage, forest hydrology, hillslope runoff, winter regime, precipitation, throughfall, snow cover, thawing, lateral flow, vertical flow, interception, evapotranspiration, water balance

ÚVOD A NÁSTIN PROBLEMATIKY

Proces obnovy lesa má za následek podstatné změny v komplexu vzájemně se ovlivňujících přírodních činitelů podmiňujících tvorbu odtoku z lesních pozemků. Obnovní postupy představují výrazný zásah do biomasy lesního porostu. Změněné kvantum a charakter porostní biomasy upravují klima půdně ovzdušné sféry, mimo jiné i režim porostních srážek (KREČMER 1980), tj. ovzdušných srážek propuštěných k půdnímu povrchu v rostlinném prostoru. Obnovní postupy ovlivňují také množství a stav půdního krytu (povrchového humusu a přizemní vegetace) a hydrofyzikální vlastnosti zejména svrchní vrstvy půdy. Lze předpokládat, že budou modifikovat také odtokové složky z obnovních sečí, zejména laterální povrchový a podpovrchový odtok, ale i vertikální složku odtoku (WEILER, MAC DONNELL 2004). Povrchový odtok spolu s podpovrchovým a částí vertikálního odtoku pak skládá svaňový odtok rezultující v přímý odtok ve vodotečích, jenž je hlavním tvůrcem velikosti a objemu povodní (CHENG 1988). Kromě letních povodní z příválových lijáků nebo z intenzivních krajinných dešťů dochází k povodním také v zimním období. Jedná se obvykle o povodně z tání sněhu doprovázeného často dešťovými srážkami.

Pro zimní svaňový odtok a následně i pro odtok v hydrografické síti představuje sněhová pokrývka tzv. zpožděné srážky – delayed precipitation (LEE 1980). Akumulace sněhu, zadržení vody ve sněhu, její uvolňování k odtoku během zimy a zpoždění tání představují v zóně lesů se sezonní sněhovou pokrývkou důležité vodoregulační prvky pro řízení množství a časování odtoku ve vztahu k suchu a povodním. Problematikou se zabývala řada výzkumů, syntézy a vyvozené návrhy možných hospodářských opatření souhrnně publikovali zejména ANDERSON et al. (1976), LEE (1980), HEWLETT (1982), KREČMER (1968, 1973), POBEDINSKIJ, KREČMER (1984), SATTERLUND, ADAMS (1992), NEWSON (1994), BROOKS et al. (1997). Menší obnovní seče (openings) s průměrem mezi 2 – 8 násobkem a nepřesahující 15 násob-

ek výšky okolního lesního porostu se v ovlivňování hydrologických účinků sněhové pokrývky mohou uplatňovat i po 30 – 40 letech od těžby. Výsledky však vykazují velké rozdíly vyplývající z různých stanovištních, porostních, povětrnostních a hospodářských podmínek a jejich kombinací. Předpoklad o modifikaci povrchového, podpovrchového, ale i vertikálního odtoku aplikací různých obnovních postupů je proto třeba studovat v domácích přírodních a hospodářsko technických poměrech nejen v letním, ale i v zimním období. K řešení nastíněné problematiky přispívá předkládaná stať, která je výstupem opoňované a schválené Roční zprávy NAZV č. 1G57016 (KANTOR et al. 2006) a Periodické zprávy výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 za rok 2006. Kromě výsledků za zimní hydrologický půlrok listopad 2005 až duben 2006 (25 let od započetí obnovy) představuje metodický postup zpracování dat, který bude využit v chystaném navazujícím příspěvku, hodnotícím celou výsledkovou časovou řadu.

METODIKA

Charakteristika a popis založení dlouhodobého výzkumného objektu Česká Čermná

Výzkumný objekt (TVP) se nachází v oblasti krystalinika Českého masivu v podhůří Orlických hor. Plocha byla založena roku 1978 v dospělém 82letém plně zakmeněném smrkovém porostu (smrk 9, modřín 1) na jižním svahu s průměrným sklonem 21° v nadmořské výšce 460 – 540 m. Její zeměpisné souřadnice jsou 50°23'56" s. š. a 16°13'30" v. d. Typologicky přísluší do lesního typu 5N1 - kamenitá kyselá jedlová bučina s kapradí ostěnkatou na prudkých svazích, s půdou středně hlubokou, písčito-hlinitou, silně kamenitou - kambizemí dystrickou podzolovanou na žule (NĚMEČEK et al. 2001). Půdní kryt tvořil nadložní humus o mocnosti kolem 9 cm s hrabankou na povrchu. Průměrný úhrn ročních srážek činil 769 mm a průměrná roční teplota 6,2 °C.

Výzkumná plocha byla od počátku rozčleněna na tři dílčí plochy – dílce H, C, K – o rozměrech 40 x 175 m. Vzhledem k tehdejšímu požadavku na časové rozvržení výzkumu jsme přistoupili v hydrologickém roce 1979/80 (listopad 1979 až říjen 1980) k rychlé kalibraci s cílem prokázat odtokovou homogenitu vytyčených dílců. O rychlé kalibraci dvou i více povodí pro hydrologické studie s trváním 2 - 3 roky před experimentálními zásahy referuje BETHLAHMY (1963); metoda je založena na porovnání reakce povodí na stejné přívalové srážky (lijáky), kterou charakterizuje odtok a doba do dosažení kulminačního průtoku. Obdobně byla potvrzena odtoková homogenita dílců H, C, a K na TVP Česká Čermná během kalibračního roku dvěma zadešťovacími sériemi 12 odtokových mikroploch v roce 1979 (srpen a říjen) přívalovou srážkou 120 mm, dále komparací půdního krytu (vrstvy nadložního humusu s opadankou na povrchu), hydrofyzikálních vlastností svrchní vrstvy půdy i komparací odtoků z atmosférických srážek (ŠACH 1986).

V zimě 1980/81 byl proveden na prvním dílci holosečný zásah, na druhém clonosečný se snížením zakmenění na 0,5 a třetí zůstal jako kontrolní. Na obou obnovovaných dílcích byla použita technologie kácení a odvětvování motorovou pilou a vyklizování kmenů traktorovým lanovým systémem proti svahu. Těžební odpad byl koncem léta 1981 snesen na holou paseku do hromad a spálen. Na jaře 1983 byl na holou seč vysázen smrk v počtu 5 000 ks.ha⁻¹, clonná seč zůstala ponechána pro přirozenou obnovu. Po přirozené obnově zejména smrku a modřínu byla v zimě 1993/94 (prosinec 1993 – únor 1994) clona na druhém dílci domýcena a klest snesen do hromad a spálen. Dosazován byl smrk, borovice, buk (ten však byl prakticky potlačen zvěří), dále nasemeňoval modřín. Aktuální stav v zimním období prezentuje foto 1.

Dílec H, na kterém byl aplikován holosečný postup a umělá obnova, lze v současné době charakterizovat jako 23letou stejnověkou nesmíšenou smrkovou tyčkovinu až tyčovinu s menšími světlinami. V zimě 2005 se v poměrně hustém porostu (ca 3000 ks/ha) uskutečnil provozní výchovný zásah individuálním výběrem. Smrky jsou vyvětvěny do 2 – 3 m výšky. Půdní kryt představuje hrabanka hustě prorostlá jemnými kořeny zejména smrku, částečně také řídké nízké metlice. Takto „armovaný“ nadložní humus se vyznačuje značně zhutnělým povrchem.

Dílec C, na kterém byl aplikován clonosečný postup a kombinovaná obnova, lze v současné době charakterizovat jako věkově, výškově a prostorově rozrůzněnou smíšenou jehličnatou tyčkovinu s menšími světlinami. Odhadované zastoupení dřevin je smrk 50, modřín 35, borovice 15. Půdní kryt představuje velmi kyprá hrabanka prakticky bez jemných kořínků s nezhutnělým povrchem.

Dílec K slouží jako kontrolní plocha a lze ho v současné době charakterizovat jako dospělou smrkovou kmenovinu ve věku 110 let s mírně uvolněným zápojem (odhadované zakmenění 0,7). Půdní kryt představuje poměrně kyprá hrabanka s řídkou metlicí a smrkovým a modřínovým náletem. Pokryvnost přízemní vegetací je 50 – 60 %, se stejným zastoupením zmlazených dřevin a metlice.

Způsob měření, zpracování a vyhodnocení výsledků

Záměrem výzkumu na dlouhodobé výzkumné ploše (TVP) Česká Čermná bylo srovnání těžebně dopravní eroze (eroze v době těžby a soustřeďování dřeva) a následné eroze vodní, obojí při holosečném a clonosečném obnovním způsobu použitým na příkrém svahu. Soustřeďování dřeva lanovým systémem na vrstvě sněhu a klestu



Foto 1.

TVP Česká Čermná - dílce H, C, K pod sněhovou pokrývkou

Long-run Research Area Česka Čermná – plots H, C, K under snow cover

však mělo za následek pouze nepatrné narušení půdního povrchu a zanedbatelnou těžebně dopravní erozi. Při absenci těžebně dopravní eroze mohl další druh eroze – erozi vodní – vyvolat pouze souvislý povrchový odtok srážkové vody. Proto byl další výzkum zaměřen na studium svahového odtoku z umělých i přirozených srážek a na stanovení rozdílů ve svahovém odtoku ze smrkového porostu při odlišných způsobech obnovy, kdy rozdíly zvyrazňuje prudký svah a jeho jižní expozice s vysokým příjmem energie slunečního záření (high energy recipient – BETHLAHMY 1973).

Na výzkumné ploše jsou sledovány a hodnoceny jako složky srážko-odtokového procesu srážky volné plochy, srážky pod porostem (podkorunové srážky), povrchový a podpovrchový laterální odtok v hloubce 9 cm, resp. 25 cm pod půdním povrchem, vertikální složka odtoku (vertikální odtok) v hloubce 0,95 m a parametry sněhové pokrývky. Všechny prvky srážko-odtokového procesu jsou měřeny 1x týdně. Instrumentace výzkumné plochy byla znázorněna a měření podrobně popsáno v předchozím příspěvku (ŠACH 2006), který se zabýval vegetačním obdobím.

V zimním sledování prvků vodní bilance hraje významnou roli šetření parametrů sněhové pokrývky. Výška a hmotnost sněhového vzorku odebíraného sněhoměrným válcem o průřezu 50 cm² byly zjišťovány na vrstevnicovém transektu v dolní části plochy – vždy 10 měříšť na každém dílci (H, C, K). Hodnoceny byly kromě přímo naměřené výšky sněhu v cm i vypočítávaná vodní hodnota sněhu – výška zásoby vody ve sněhové pokrývce v mm a hustota sněhu v kg/m³.

Při stále pokračujícím vyvíjení metodických postupů bylo pro zimní období nově odvozeno využití zařízení ke sledování interceptce opadanky zobrazené na foto 2 a nakreslené a popsané v předchozím příspěvku (ŠACH 2006). Jedná se o nízký dvoudílný výparoměr

z pozinkovaného plechu se čtvercovou průřezovou plochou s rozměry 0,3 x 0,3 m zabudovaný v úrovni terénu. Dno vnitřní nádoby je z hustého drátěného pletiva, na kterém je uložena 5centimetrová vrstva opadanky. Vnější nádoba je v jednom rohu opatřena trubkovým výtokem spojeným hadicí se sběrným plastovým kanystrem umístěným ve vydřené sondě. Ve sledovaném zimním hydrologickém půlroku byla opadanka v představeném zařízení během první listopadové dekády nasycena vodou ze srážek. Od druhé dekády listopadu až do první dekády dubna se výparoměry nacházely pod sněhovou pokrývkou. Lze odvodit, že pro toto období bylo možné vodu zachycenou výparoměry považovat za infiltraci srážek do půdy, potažmo za podkorunové srážky (srážkoměrná koryta měří totiž zimní srážky se značným a proměnlivým zkreslením). O problematice zjišťování zvláště sněhových zimních srážek referují z podhůří Alp GURTZ et al. (2003): prováděná korekce měsíčních sněhových srážek měřených na volné ploše konvenčním vyhřívaným srážkoměrem ve standardní výšce 1,5 m přesahovala +50 %; jako etalon pro stanovení korekce sloužilo měření sněhových srážek váhovým lyzimetrem v úrovni terénu.

Předpokládanou prostupnost vrstvy nasycené opadanky pro vodu podporuje ve sledovaném zimním období kontinuální měření teploty půdy v hloubce 5 cm (ve vrstvě měli nadložního humusu) a 20 cm s šestinásobným opakováním (2 opakování na každém dílci H, C a K). Měření se provádí 12 teplotními sondami s platिनovým odporovým snímačem teploty Pt1000TG8, hodnoty ze 4 sond se ukládají v hodinovém intervalu do čtyřkanálového záznamníku RO141 fy COMET SYSTEM. Výsledky měření prokázaly, že půda ve sledovaných hloubkách pod sněhovou pokrývkou v zimě 2005/06 nepromrzla.

Tab. 1.

Odtok při tání sněhové pokrývky na stacionáru Česká Čermná z dílců po obnově holosečné, clonosečné a kontrolního porostu na konci zimy 2005/06

Flow at thawing snow pack on plots regenerated 25 years ago by clearcut (H) and shelterwood (C) method and in the control mature spruce stand (K) during snow thaw at the end of winter 2005/06

¹ Datum měření od – do	² Srážky volné plochy (mm)	³ Porost (původní obnovní seč)	⁴ Pokles vodní hodnoty sněhu (mm)	⁵ Odtok laterální povrchový (mm)	⁶ Odtok laterální podpovrchový (mm)	⁷ Odtok vertikální (mm)	⁸ Odtok celkový (mm)
24. 3. 2006 - 27. 3. 2006	8,6	H	-17,6	2,2	1,7	33,8	37,7
		C	-43,6	1,6	1,1	30,0	32,7
		K	-46,8	2,1	1,3	29,7	33,1
27. 3. 2006 - 29. 3. 2006	2,2	H	-20,0	1,8	1,3	51,4	54,5
		C	-44,0	1,4	0,4	46,5	48,3
		K	-40,8	1,6	1,3	35,2	38,1
29. 3. 2006 - 31. 3. 2006	23,2	H	+12,0	2,3	1,3	29,6	33,2
		C	-8,0	0,9	1,6	48,6	51,1
		K	-23,6	1,1	1,0	47,2	49,3
31. 3. 2006 - 7. 4. 2006	13,0	H	-54,4	0,4	0,0	34,2	34,6
		C	-76,8	0,2	0,0	89,0	89,2
		K	-41,6	0,1	0,0	52,7	52,8
24. 3. 2006 - 7. 4. 2006	47,0	H	-80,0	6,7	4,3	149,0	160,0
		C	-172,4	4,1	3,1	214,1	221,3
		K	-152,8	4,9	3,6	164,8	173,3

¹Term of observation, ²Precipitation of open area, ³Partial plot, ⁴Decrease of water content in snow pack, ⁵Surface lateral flow, ⁶Subsurface lateral flow, ⁷Vertical flow, ⁸Total flow



Foto 2.

Výparoměr ke sledování intercepce opadanky využívaný v období ležící sněhové pokrývky ke stanovení podkorunových srážek z infiltrace vody do půdy

Evaporimeter for observation of litter interception. The instrument was applied to estimating precipitation under canopy from infiltration of water into soil during period of snow cover including snow thawing.

Výparoměry naměřené hodnoty byly obdobně jako u srážkoměrných koryt děleny cosinem úhlu sklonu svahu (CORBETT 1967). Dvojí opakování výparoměru pro každý ze tří dílců bylo sice minimální, přesto poskytl prakticky vyhovující výsledky (před začátkem jarního tání se rozdíly odpovídajících dvojic pohybovaly v jednotkách milimetrů, při březnovém tání v průměru osm procent). Ve druhé a třetí dekádě dubna, kdy se vliv sněhové pokrývky do vodní bilance lesních porostů na výzkumných dílcích již přímo nepromítal, byly srážky pod porostem měřeny opět srážkoměrnými koryty.

VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

Srážky volné plochy

Srážková charakteristika volné plochy v zimním hydrologickém půlroce (listopad 2005 – duben 2006) je součástí tabulky 3. Srážky ve staničních srážkoměrech v dolní a horní části plochy v hodnocené zimě 2005/06 spolu vysoce korelovaly (Pearsonův korelační koeficient $r = 0,99$) a jejich rozdíl byl při párovém t-testu statisticky nevýznamný s pravděpodobností přijetí nulové hypotézy o rovnosti průměrů (tzv. p-value) $p = 0,34$. Z obou srážkoměrů byla k dalším výpočtům brána vyšší naměřená srážka a násobena korekčním faktorem 1,081 odvozeným a diskutovaným v předchozím příspěvku (ŠACH 2006).

Srážky volné plochy za hodnocený zimní hydrologický půlrok 2005/06 činily 359,9 mm. Od druhé dekády listopadu 2005 až téměř do konce března 2006 se jednalo o srážky sněhové, jen ojediněle smíšené. Nízké dešťové srážky spadly v první dekádě listopadu (4,5 mm); na konci března a v dubnu pak spadlo 85,9 mm dešťových srážek. Srážky formující nárůst sněhové pokrývky tedy představo-

valy 75 % srážkového úhrnu za mimovegetační období. Rozdělení srážek do jednotlivých měsíců (tab. 3) ukazuje, že nejvyšší srážkové úhrny se v zimě 2005/06 vyskytovaly v prosinci, nejnižší v listopadu a v lednu, od února do dubna byly srážkové úhrny vcelku vyrovnané.

Podkorunové srážky na dílcích s různým postupem obnovy

Podkorunové srážky na dílcích s holosečným a clonosečným obnovním postupem a s kontrolním porostem uvádí pro zimní hydrologický půlrok 2005/06 tabulka 2 a jsou i součástí grafu 5. Přitom, jak jsme již uvedli v metodice, za podkorunové srážky od listopadu do první dekády dubna jsme považovali infiltraci do půdy z výparoměrů a teprve ve druhé a třetí dekádě dubna podkorunové srážky ze srážkoměrných koryt. Srážkové úhrny za období se sněhovou pokrývkou i za období po jejím roztátí jsou mezi dílci statisticky neprůkazné. Statisticky průkazné rozdíly mezi dílci nebyly zjištěny ani pro podkorunové srážky za celé mimovegetační období 2005/06 (testováno analýzou rozptylu a následně mnohonásobným porovnáním metodou LSD – Least Significant Difference). Neprůkazné rozdíly srážek vypovídají o praktické shodě podkorunových srážek pod různými vývojovými stadii sledované obnovy porostů v současném stavu. Komentovat naznačené, celkem obvyklé, očekávatelné pořadí dílců mezi listopadem až březnem, které však v diferencích smazává duben (recenze ing. Krečmer), se zatím zdá vzhledem k nově použité kombinaci metod měření podkorunových srážek v mimo-vegetačním období riskantní; přechod do vegetačního období by však pořadí dílců mohl obracet, jak lze opatrně předjímat ve vazbě na komentář k interpci ve výsledkové podkapitole týkající se vodní bilance.

Hodnocení sněhové pokrývky na dílcích s různým postupem obnovy

Sněhová pokrývka ležela souvisle na dílcích H, C a K v zimě 2005/06 po mimořádně dlouhou dobu: od druhé dekády listopadu 2005 do první dekády dubna 2006. K hodnocení sněhové pokrývky byly použity následující parametry: výška sněhu, vodní hodnota sněhu a hustota sněhu. Porovnání průběhu parametrů v zájmovém zimním období znázorňují grafy 1, 2 a 3; v grafu 2 je prezentován také průběh teploty vzduchu na volné ploše (protože teplota vzduchu je na TVP Černá měřena až od května 2006, prezentujeme teplotní měření z meteorostanice Uhřínov, nacházející se 16 km jihovýchodně od Černé na analogickém stanovišti ve stejné nadmořské výšce na svahu s obdobným sklonem a expozicí). Rozdílnost vývoje parametrů sněhové pokrývky byla testována párovým t-testem. Ten potvrdil statisticky významnou odlišnost časové řady hodnot výšky a vodní hodnoty sněhu mezi všemi sledovanými dílci. Statisticky významně byla mezi dílci odlišná také hustota sněhu s jedinou výjimkou. Tu představovalo srovnání časové řady hustoty sněhu mezi dílci K a C, kde výsledná dvoustranná pravděpodobnost $p = 0,17$ naznačila potvrzení nulové hypotézy o jejich rovnosti.

Tání sněhové pokrývky probíhalo v posledním týdnu března a prvním týdnu dubna 2006 (tab. 1) během přílivu teplého a vlhkého vzduchu doprovázeného dešťovými srážkami úhrnné výšky 47 mm. Tání korespondovalo s odlišnou zásobou vody ve sněhové pokrývce, nejvyšší 172 mm na dílci C (smíšená jehličnatá tyčkovina s významným podílem v zimě neolistěného modřínu), nižší 153 mm v kontrolním dospělém smrkovém porostu (dílce K) a nejnižší 80 mm na dílci H (smrková tyčovina). Výška a vodní hodnota sněhu na počátku tání byla nepřímou závislou na uzavřenosti zimního zápoje porostů. Čím uzavřenější zápoj, tím více zadrženého sněhu v korunové vrstvě a tím větší okap pod koruny v průběhu zimy, zintenzivněný jižní expozicí, s eventuální redukcí výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky.

Tab. 2.

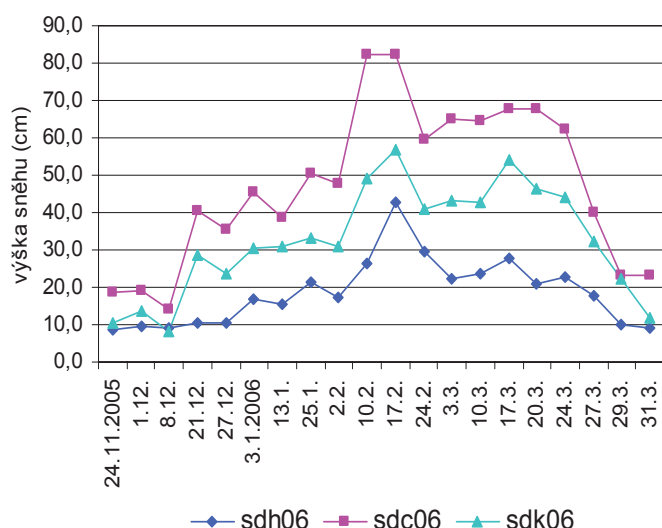
Podkorunové srážky a související odtoky v zimním hydrologickém půlroce 2005/06

Throughfall and related runoffs in winter hydrologic half-year 2005/06

¹ Období	² Srážkoodtoková charakteristika (mm)			³ Statistic. průkaznost rozdílů (p-LSD)		
⁴ Dílec	H	C	K	K – H	K – C	H – C
⁵ Podkorunové srážky (listopad až první dekáda dubna infiltrace do půdy)						
¹⁰ listopad	194,0	216,3	236,7	0,58	0,84	0,72
¹¹ prosinec						
¹² leden						
¹³ únor						
¹⁴ březen						
¹⁵ duben	68,0 + 32,2	63,5 + 26,9	53,0 + 29,7	0,26	0,81	0,18
¹⁶ zima	294,2	306,7	319,4			
⁶ Laterální odtok povrchový						
listopad	0,1	0,0	0,0	0,17	0,82	0,12
prosinec	0,1	0,2	0,2	0,00	0,00	0,03
leden	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
únor	0,3	0,1	0,2	0,26	0,11	0,01
březen	6,4	4,0	4,9	0,01	0,10	0,00
duben	0,5	0,5	0,1	0,15	0,16	0,99
zima	7,4	4,8	5,4	0,00	0,35	0,00
⁷ Laterální odtok podpovrchový						
listopad	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
prosinec	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
leden	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
únor	0,0	0,0	0,0	0,25	1,00	0,25
březen	4,4	3,0	3,5	0,27	0,52	0,10
duben	0,0	0,1	0,0	0,93	0,30	0,27
zima	4,4	3,1	3,5	0,26	0,62	0,12
⁸ Laterální odtok celkový						
listopad	0,1	0,0	0,0	0,17	0,82	0,12
prosinec	0,1	0,2	0,2	0,00	0,00	0,03
leden	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
únor	0,3	0,1	0,2	0,22	0,22	0,02
březen	10,8	7,0	8,4	0,02	0,16	0,00
duben	0,5	0,6	0,1	0,28	0,18	0,76
zima	11,8	7,9	8,9	0,01	0,36	0,00
⁹ Vertikální odtok						
listopad	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
prosinec	11,0	12,0	18,0	0,19	0,26	0,85
leden	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00
únor	5,4	10,7	8,2	0,15	0,19	0,00
březen	115,5	128,3	114,8	0,93	0,10	0,12
duben	37,1	94,0	59,5	0,02	0,00	0,00
zima	169,0	245,0	200,5	0,02	0,00	0,00

Statisticky významné rozdíly jsou vyjádřeny hodnotou p (pravděpodobnost přijetí nulové hypotézy o rovnosti průměrů) a zvýrazněny tučně./Statistically significant differences are expressed by p-value (probability of acceptance of H0 hypothesis related to equality of means) and printed bold.

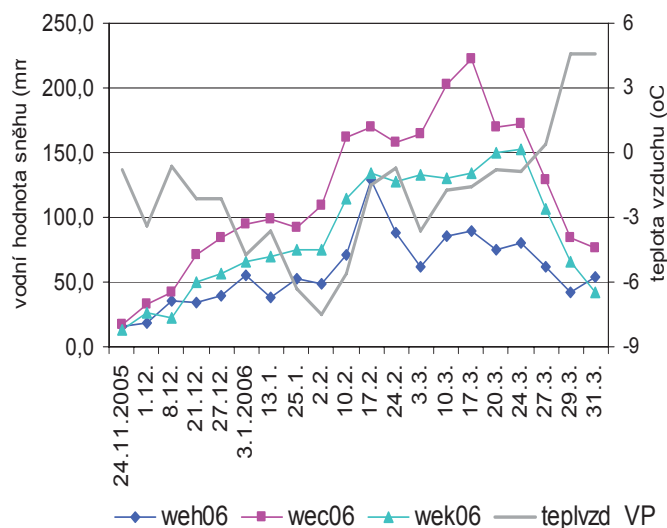
¹Period, ²Precipitation-runoff characteristic (mm), ³Significance of differences (p-value by LSD), ⁴Plot, ⁵Throughfall (from November to first decade of April equal to infiltration into soil), ⁶Surface lateral flow, ⁷Subsurface lateral flow, ⁸Total lateral flow, ⁹Vertical flow, ¹⁰Nov, ¹¹Dec, ¹²Jan, ¹³Feb, ¹⁴Mar, ¹⁵Apr, ¹⁶Winter



Graf 1.

Výška sněhu v zimním období 2005/06 na dílcích H (sdh06), C (sdc06) a K (sdk06)

Snow depth (cm on Y-axis) in winter 2005/06 on plots H (sdh06), C (sdc06) and K (sdk06)



Graf 2.

Vodní hodnota sněhu v zimním období 2005/06 na dílcích H (weh06), C (wec06), K (wek06) a průběh teploty vzduchu na volné ploše (teplvzd_VP)

Snow water equivalent (mm on left Y-axis) in winter 2005/06 on plots H (weh06), C (wec06), K (wek06), and mean hour air temperature of open area (teplvzd_VP - °C on right Y-axis)

Hodnoty intenzity tání vykazovaly obdobné pořadí: nejvyšší na dílci C (v průměru 12,3 mm/den), nižší na dílci K (10,9 mm/den) a nejnižší na dílci H (5,7 mm/den). Časová řada úbytků vodní hodnoty sněhu v období tání byla vzájemně odlišná prakticky i s vysokou statistickou významností mezi dílci H a C (při párovém t-testu $p\text{-value} = 0,0004$) a statistické významnosti se blížila mezi dílci H a K ($p\text{-value} = 0,18$). Vzestup kontinuálně měřených teplot půdy v hloubce 5 cm (měl) nad 1 °C během několika hodin indikoval úplné odtátí sněhu mezi 30. březnem až 3. dubnem (1. 4. H, 2. 4. C, 30. 3. K) s přímými projevy na laterální a vertikální odtok do 7. 4.

Odtok z tání (tab. 1) korespondoval se zásobou vody ve sněhové pokrývce na jednotlivých dílcích. Nejvyšší, ale také s nejvyšším vertikálním odtokem byl odtok z tání na dílci C (mladý smíšený jehličnatý porost z kombinované obnovy na clonné seči). Nejnižší, ale s nejvyšším laterálním povrchového i podpovrchového odtokem byl na dílci H (mladá smrková monokultura z umělé obnovy na holé seči). Časová řada povrchového odtoku při tání na dílci H se blížila statisticky významnému rozdílu jak v porovnání s řadou na dílci C (párový t-test, $p = 0,08$), tak na dílci K ($p = 0,15$). Vzhledem k nezaznamenanému promrznutí svrchní půdní vrstvy můžeme vyšší laterální odtok z tání na dílci H vztahovat k vyššímu ztuhnutí povrchu, zmíněném pro vegetační období již v předchozím příspěvku (ŠACH 2006). Šetření ztuhnutí se uskutečnilo pomocí poměrných penetrometrických měření v létě 2006 (graf 4).

Odtok při tání odpovídal na jednotlivých dílcích nejenom časové řadě úbytků vodní hodnoty sněhu, ale také časové řadě nově zavedeného bilančního prvku infiltrace do půdy (v metodice dovozované jako předpokládané podkorunové srážky). Půdní profil přitom zejména vzhledem k vertikálnímu odtoku vykazoval dobrou infiltrační schopnost a vysokou retenci infiltrované vody. K nejvyšší retenci došlo v pedonu dílce K (83 mm), vysokou retenci projevila také pedon dílce H (79 mm), naopak velmi dobře propustný pedon dílce C prokázal retenci nižší (32 mm). Vysoká retence souhlasí s vodní kapacitou zjišťovanou pro solum o mocnosti 1 m při budování

lyzimetrických sond v roce 1986. Na dílci K byla vodní kapacita podle NOVÁKA (1954) stanovena pro sledovanou metrovou vrstvu 297 mm, na C dílci 282 mm a na H dílci 234 mm (ŠACH, KANTOR, ČERNOHOUS 2000).

Laterální odtok na dílcích s různým postupem obnovy

Laterální odtok na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a s kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v zimním hydrologickém půlroce 2005/06 uvádí tabulka 2. Statisticky a prakticky významné rozdíly se vyskytly mezi dílcem H a dílci C a K u laterálního odtoku povrchového v konci března v době tání, u podpovrchového se rozdíly významné statisticky ani prakticky nevytvořily. Za celý zimní hydrologický půlrok existují statisticky průkazné rozdíly mezi dílcem H a dílci C a K v laterálním odtoku povrchového a laterálním celkovém právě jen v důsledku povrchového odtoku z tání. Hodnoty povrchového odtoku 7,4 mm a celkového laterálního 11,8 mm na dílci H jsou sice vzhledem k srážkám volné plochy nízké (2,1 resp. 3,3 %), přesto statistická průkaznost rozdílu oproti dílcům C a K naznačuje v roce 2005 domněnku a 2006 penetrometrickým měřením zjištěné ztuhnutí povrchu hrabanky na dílci s holosečnou obnovou ve fázi nesmíšené smrkové tyčoviny (graf 4). Laterální odtok na dílci C s obnovou clonnou sečí ve fázi smíšené tyčkoviny a v kontrolním dospělém porostu (dílce K) byl minimální (2,2 resp. 2,5 % srážek volné plochy) a svědčí o dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu obou porostů (graf 5).

Laterální odtok po přibližovacích linkách na dílcích s různým postupem obnovy

Laterální odtok na bývalých lanovkových přibližovacích linkách se obdobně jako předtím v létě prakticky ani statisticky významně nelišil od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů.

Vertikální odtok na dílcích s různým postupem obnovy

Vertikální odtok na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a s kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v zimním hydrologickém půlroce 2005/06 uvádí tabulka 2. Na dílci H prakticky i statisticky významně nejnižší vertikální odtok byl částečně důsledkem vyššího laterálního odtoku, ale také vyšší intercepce, syčení půdy a evapotranspirace nesmíšené smrkové tyčoviny z umělé obnovy. Statisticky významně vyšší vertikální odtok na dílci C v porovnání s dílcem K (testováno analýzou rozptylu a následně mnohonásobným porovnáváním metodou LSD) spolu s nízkým laterálním odtokem (graf 5) potvrzují dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu při clonosečné obnově s vytvořeným smíšeným jehličnatým porostem. Infiltrace fungovala dobře i při tání sněhové pokrývky s vysokou zásobou vody za přílivu teplého vzduchu doprovázeného dešťovými srážkami.

Vodní bilance lesních porostů s různým obnovním postupem na prudkém jižním svahu

Vodní bilance na dílcích s holosečným (H) a clonosečným (C) obnovním postupem a s kontrolním dospělým smrkovým porostem (K) v zimním hydrologickém půlroce 2005/06 uvádí tabulka 3. Metodicky novým přístupem bylo stanovení intercepce porostů v období se sněhovou pokrývkou z rozdílu srážek volné plochy a infiltrace do půdy (listopad až první dekáda dubna), změřené z velké části až při jarním tání sněhu (opožděných srážek – delayed precipitation). Intercepci rovněž charakterizovala zásoba vody ve sněhové pokrývce. Intercepce dospělého smrkového porostu s uvolněným zápojem (dílce K) vyšla 11 % (21 % v létě 2005), smíšené jehličnaté smrkové tyčoviny s menšími světlinami (dílce C) 15 % (18 % v létě 2005) a smrkové tyčoviny s menšími světlinami (dílce H) 18 % (14 % v létě 2005 po prořezávce a oklestu) srážek volné plochy (explanaci nízké letní intercepce kapalných srážek komentoval autor z metodického pohledu v předchozím příspěvku – ŠACH 2006). Obrácené pořadí zimní intercepce oproti intercepci letní se zdá málo pravděpodobné (recenze prof. Praxe) a bude mu věnována pozornost při analýze

a hodnocení časové řady údajů z předchozích let i v dalších šetřeních. Syčení půdy po vegetačním období a evapotranspirace smrkových porostů (dospělého i mladého) bylo vyrovnané (pro K i H se rovnalo 31 %), pro smíšenou jehličnatou tyčkovinu (C) pak obnášelo 15 % srážek volné plochy.

SOUHRN VÝSLEDKŮ S DISKUSÍ

Z hodnocení hydrologie dílce s holosečným postupem a umělou obnovou, s clonosečným postupem a obnovou kombinovanou a dílce s kontrolním dospělým smrkovým porostem na prudkém jižním svahu v zimním hydrologickém půlroce 2005/06 (listopad – duben) vyplývají následující dílčí závěry:

• k zimním srážkám volné plochy

Srážky volné plochy za hodnocené mimovegetační období 2005/06 činily 360 mm. Od druhé dekády listopadu 2005 až téměř do konce března 2006 se jednalo převážně o srážky sněhové, ojediněle smíšené. Dešťové srážky se vyskytly v první dekádě listopadu (4 mm); v konci března a v dubnu pak spadlo 86 mm dešťových srážek. Srážky formující akumulaci sněhové pokrývky představovaly 75 % srážkového úhrnu za zimní hydrologický půlrok. Nejvyšší srážkové úhrny v zimě 2005/06 se vyskytovaly v prosinci, nejnižší v listopadu a v lednu, od února do dubna byly srážkové úhrny vcelku vyrovnané.

• k zimním podkorunovým srážkám

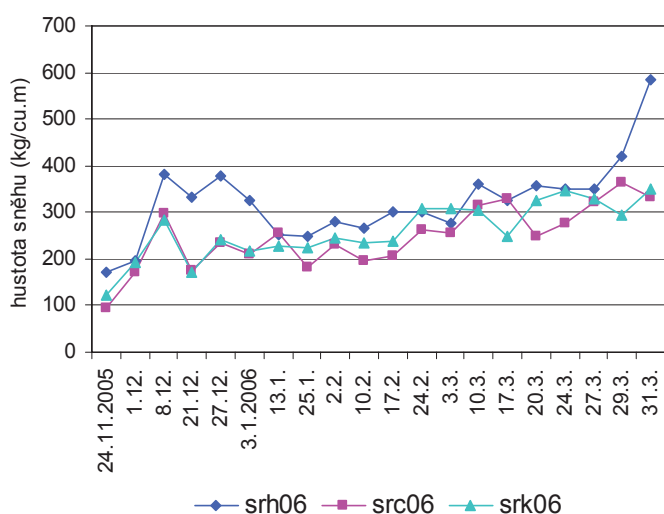
Za podkorunové srážky v době ležící sněhové pokrývky byly považovány srážky prošlé nasycenou opadankou výparoměru ke sledování intercepce opadanky (ta se nasýtila vodou z atmosférických srážek před napadnutím sněhu). Srážkové úhrny podkorunových srážek za období se sněhovou pokrývkou, za období po jejím roztažení i za celý zimní hydrologický půlrok 2005/06 byly mezi dílci H, C a K statisticky neprůkazné. Neprůkazné rozdíly podkorunových srážek vypovídají o praktické shodě podkorunových srážek pod současnými vývojovými stadii sledované obnovy porostů.

• ke sněhové pokrývce, tání a odtoku při tání

- Sněhová pokrývka ležela souvisle na dílcích H, C a K v zimě 2005/06 mimořádně dlouhou dobu, od druhé dekády listopadu 2005 až do první dekády dubna 2006. Odlišnost časové řady hodnot výšky a vodní hodnoty sněhu a v podstatě i hustoty sněhu mezi sledovanými dílci byla statisticky významná a vztahuje se k odlišnostem v procesu intercepce a tání sněhu v korunách, porostního mikroklimatu, radiace, advekce a následně akumulace a odtávání sněhové pokrývky (cf. KREČMER in Lesy a povodně 2004). Tání sněhové pokrývky probíhalo v posledním týdnu března a prvním týdnu dubna 2006 během přílivu teplého a vlhkého vzduchu doprovázeného dešťovými srážkami.

- Tání korespondovalo s odlišnou zásobou vody ve sněhové pokrývce, nejvyšší 172 mm na dílci C (smíšená jehličnatá tyčkovina s významným podílem v zimě neolštěného modřínu), nižší 153 mm v kontrolním dospělém smrkovém porostu (dílce K) a nejnižší 80 mm na dílci H (smrková tyčovina). Odlišnost časových řad úbytků vodní hodnoty sněhu v období tání byla prakticky i statisticky vysoce významná mezi dílci H a C a statistické významnosti se blížila také mezi dílci H a K.

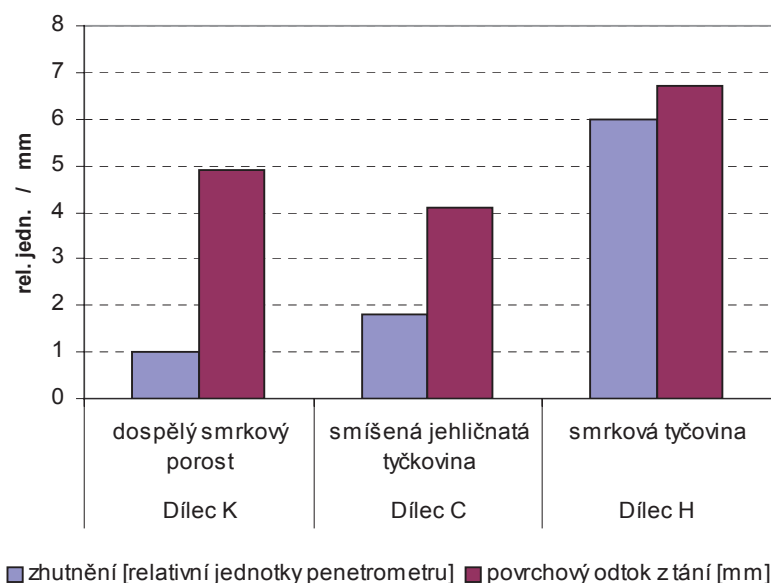
- Odtok z tání byl nejvyšší a také s nejvyšším vertikálním odtokem na dílci C (mladý smíšený jehličnatý porost z kombinované obnovy na clonně seči). Nejnižší odtok z tání ale s nejvyšším laterálním povrchovým i podpovrchovým odtokem byl na dílci H (mladá smrková monokultura z umělé obnovy na holé seči).



Graf 3.

Hustota sněhu v zimním období 2005/06 na dílci H (srh06), C (src06) a K (srk06)

Snow density (kg/cu.m on Y-axis) in winter 2005/06 on plots H (srh06), C (src06) and K (srk06)



Graf 4.

Zhutnění povrchu na jednotlivých dílcích naznačuje spojitost s výškou povrchového odtoku z tání. Zkoumání podmínek pro vznik povrchového odtoku ve smrkových porostech na příkrém jižním svahu 26 let po obnově se uskutečnilo pomocí srovnávacích poměrných penetrometrických měření na odtokových mikroplochách (léto 2006).

Compaction of surface (relative units on Y-axis) on plots K, C, and H (blue columns) indicates possible relation to depth of surface runoff (mm on Y-axis) from snow melt (red columns). Examination of conditions for surface flow generation in Norway spruce stands on steep southern slope 26 years after regeneration was performed by comparative penetrometric measurements on runoff microplots (summer 2006).

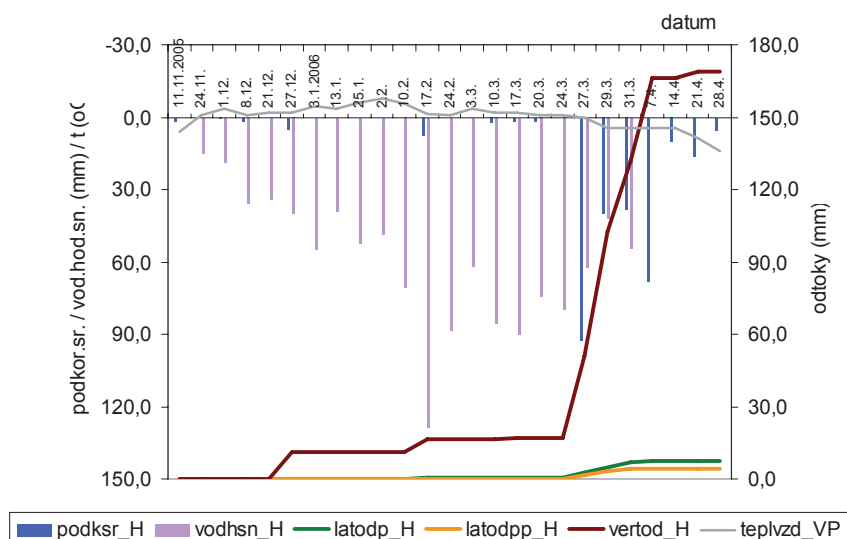
- Odtok při tání odpovídal na jednotlivých dílcích nejenom časové řadě úbytků vodní hodnoty sněhu, ale také časové řadě nově zavedeného bilančního prvku infiltrace do půdy (v metodice vyvozené také jako podkorunové srážky). Půdní profil přitom zejména vzhledem k vertikálnímu odtoku vykazoval dobrou infiltrační schopnost a vysokou retenci infiltrované vody (cf. CHENG 1988, ŠVIHLA et al. 2007).
- **k zimnímu svahovému odtoku**
 - Zimní svahový odtok bez odtoku z období jarního tání představoval na jednotlivých dílcích pouhých 1,1 % (H), 1,2 % (C), 1,7 % (K) z celkového zimního svahového odtoku, vyjádřeno odtokovou výškou 20,8 (H), 31,6 (C), 36,1 (K) mm.
 - U laterálního odtoku povrchového se statisticky a prakticky významné rozdíly vyskytly na konci března v době tání mezi dílcem H a dílcem C a K, u podpovrchového se rozdíly významné statisticky ani prakticky nevytvořily. Promrznutí svrchní půdní vrstvy se nevyskytlo. Vrstva sněhu přesahující 30 cm výrazně tlumí kolísání teploty při povrchu půdy (SATTERLUND, ADAMS 1992) a proto, jak dlouhodobě zaznamenává Kantor (KANTOR et al. 2006), není půda pod vyšší sněhovou pokrývkou obvykle zamrzlá. Vyšší laterální odtok z tání na dílcem H je možné vztahovat k vyššímu zhutnění povrchu (zjištěnému penetrometrickými měřeními v létě 2006), které jsme pro vegetační období naznačili v předchozím příspěvku (ŠACH 2006).
 - Laterální odtok na bývalých lanovkových přibližovacích linkách se obdobně jako předtím v létě prakticky ani statisticky významně neliší od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů. Opakovaně se tak prokázala ukončenost hydrografické účinnosti linek.
- Vertikální odtok na dílcem H prakticky i statisticky významně nejnižší byl částečně důsledkem vyššího laterálního odtoku, ale také vyšší interceptce, sycení půdy a evapotranspirace nesmíšené smrkové tyčkoviny z umělé obnovy. Vertikální odtok statisticky významně vyšší na dílcem C v porovnání s dílcem K spolu s nízkým laterálním odtokem potvrzuje dobré infiltrační schopnosti půdního povrchu při clonosečné obnově s vytvořeným smíšeným jehličnatým porostem.
- **k zimní vodní bilanci**
 - Interceptce porostů v období se sněhovou pokrývkou (listopad až první dekáda dubna) byla stanovena metodicky novým postupem z rozdílu srážek volné plochy a infiltrace do půdy.
 - Vodní bilance zimního hydrologického půlroku 2005/06 byla na všech dílcích charakterizována relativně nízkou interceptcí; interceptce dospělého smrkového porostu u uvolněným zápojem ve věku 110 let (dílec K) vyšla 11 %, smíšené jehličnaté smrkové mlaziny až tyčkoviny ve věku 12 až 23 let s menšími světlinami (dílec C) 15 % a smrkové tyčkoviny až tyčkoviny s menšími světlinami ve věku 23 let (dílec H) 18 % srážek volné plochy.
 - Vodní bilance zimního hydrologického půlroku 2005/06 byla ve starém i mladém smrkovém porostu charakterizována vyrovnaným sycením půdy po vegetačním období a evapotranspirací, když pro K i H se rovnala 31 %, pro smíšenou jehličnatou tyčkovinu (C) pak 15 % srážek volné plochy.
 - Vodní bilance dospělého kontrolního smrkového porostu, jehličnaté smíšené tyčkoviny s podílem v zimě neolštěného modřínu 35 % z kombinované obnovy clonnou sečí a nesmíšené smrkové tyčkoviny z umělé obnovy na holé seči byla v přípa-

Tab. 3.

Vodní bilance lesních porostů s různým obnovním postupem na prudkém jižním svahu v zimním hydrologickém půlroce 2005/06
Water balance of forest stands with various regeneration method on steep southern slope in winter hydrologic half-year 2005/06

1Období	2Srážky volné plochy	3Dílec H – smrková tyčkovina až tyčovina z umělé obnovy holou sečí				4Dílec C – smíšená jehličnatá smrková mlazina až tyčkovina z kombinované obnovy clonnou sečí				5Dílec K – kontrolní dospělá smrková kmenovina s uvolněným zápojem				
		6Infiltrace do půdy/ Retence ve sněhu		7Odtok		10Sycení půdy plus ET	6Infiltrace do půdy/ Retence ve sněhu		7Odtok		10Sycení půdy plus ET			
				8laterální	9vertikální				8laterální	9vertikální				
												mm		
mm		37,8	2,0/18,8	0,1	0,0	1,9	1,3/32,8	0,0	0,0	1,3	0,7/26,8	0,0	0,0	0,7
11listopad		110,3	7,0/54,8	0,1	11,0	-4,1	7,0/95,2	0,2	12,0	-5,2	6,0/65,6	0,2	18,0	-12,2
12prosinec		34,4	0,0/48,4	0,0	0,0	0,0	0,0/109,6	0,0	0,0	0,0	0,0/75,4	0,0	0,0	0,0
13leden		55,6	7,5/62,0	0,3	5,4	1,8	13,5/164,8	0,1	10,7	2,7	15,0/132,8	0,2	8,2	6,6
14únor		61,3	177,5/54,4	10,8	115,5	51,2	194,5/76,8	7,0	128,3	59,2	215,0/41,6	8,4	114,8	91,8
15březen		13,0	68,0/ –	0,4	34,2	33,4	63,5/ –	0,1	89,0	-25,6	53,0/ –	0,1	52,7	0,2
do 7. 4. 16duben		47,5	Intercep. 15,3	0,1	2,9	29,2	Intercep. 20,6	0,5	5,0	21,3	Intercep. 17,8	0,0	6,8	22,9
od 7. 4. 17zimní hydrologický půlrok		359,9	6Intercep. 50,4 15,3			(113,4)	6Intercep. 32,7 20,6			(53,7)	6Intercep. 22,8 17,8			(110,0)
18Procenta		100,0	18,2	11,8	169,0	113,4	14,8	7,9	245,0	53,7	11,3	8,9	200,5	109,9
				3,3	47,0	31,5		2,2	68,1	14,9		2,5	55,7	30,5

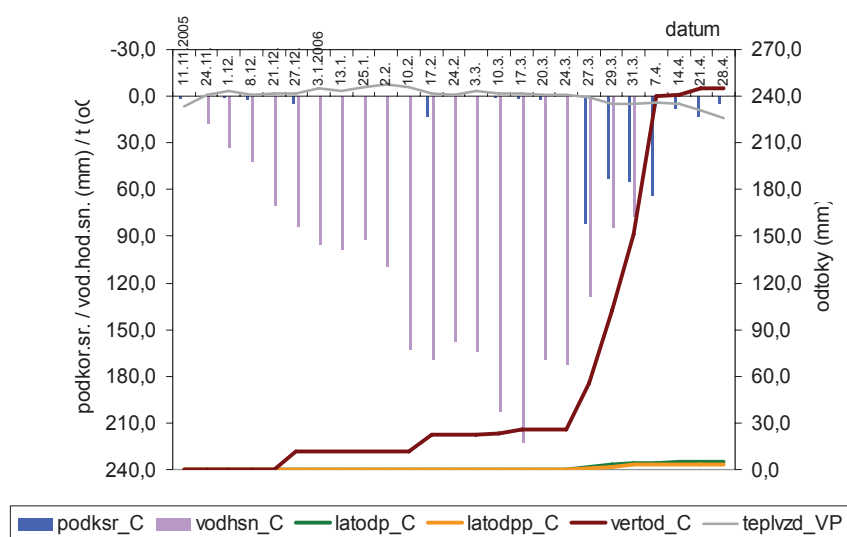
11Period, 12Precipitation of open area, 13Plot H – spruce pole stage stand from artificial regeneration by clearcutting, 14Plot C – mixed coniferous small pole stage stand from combined regeneration by shelterwood cutting, 15Plot K – mature spruce stand with open canopy, 16Infiltration into soil/Retention in snowpack and resulting winter interception, 17Flow, 18lateral, 19vertical, 10soil water (moisture) recharge plus ET, 11Nov, 12Dec, 13Jan, 14Feb, 15Mar, 16Apr, 17winter hydrologic half-year, 18Percentage



Graf 5a.

Podkorunové srážky, vodní hodnota sněhu a nárůst laterálního odtoku povrchového, podpovrchového a odtoku vertikálního na dílci H v zimním hydrologickém půlroce 2005/06

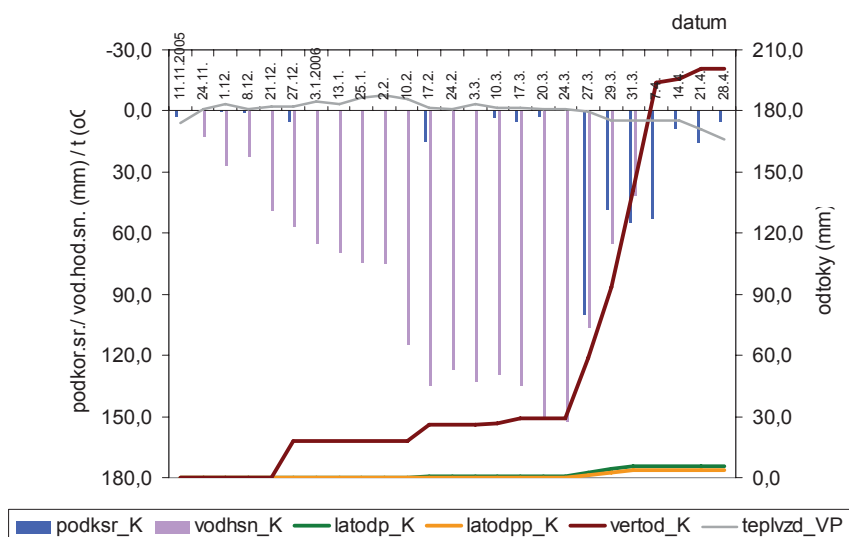
Throughfall (podksr - mm on left Y-axis), water storage in snowpack (vodhsn - mm on left Y-axis), mean hour air temperature of open area (teplvzd_VP - °C on left Y-axis), and mass curve of surface lateral flow (latodp - mm on right Y-axis), subsurface lateral flow (latodpp - mm on right Y-axis) and vertical flow (vertod - mm on right Y-axis) on the plot H in winter hydrologic half-year 2005/06 (datum/date - upper X-axis)



Graf 5b.

Podkorunové srážky, vodní hodnota sněhu a nárůst laterálního odtoku povrchového, podpovrchového a odtoku vertikálního na dílci C v zimním hydrologickém půlroce 2005/06

Throughfall (podksr - mm on left Y-axis), water storage in snowpack (vodhsn - mm on left Y-axis), mean hour air temperature of open area (teplvzd_VP - °C on left Y-axis), and mass curve of surface lateral flow (latodp - mm on right Y-axis), subsurface lateral flow (latodpp - mm on right Y-axis) and vertical flow (vertod - mm on right Y-axis) on the plot C in winter hydrologic half-year 2005/06 (datum/date - upper X-axis)



Graf 5c.

Podkorunové srážky, vodní hodnota sněhu a nárůst laterálního odtoku povrchového, podpovrchového a odtoku vertikálního na dílci K v zimním hydrologickém půlroce 2005/06

Throughfall (podksr – mm on left Y-axis), water storage in snowpack (vodhsn – mm on left Y-axis), mean hour air temperature of open area (teplvzd_VP – °C on left Y-axis), and mass curve of surface lateral flow (latodp – mm on right Y-axis), subsurface lateral flow (latodpp – mm on right Y-axis) and vertical flow (vertod – mm on right Y-axis) on the plot K in winter hydrologic half-year 2005/06 (datum/date – upper X-axis)

dě mimovegetačního období 2005/06 nejvýrazněji ovlivněna vysokou a po dlouho dobu ležící sněhovou pokrývkou a jarním táním za přílivu teplého a vlhkého vzduchu doprovázeného dešťovými srážkami. Výška a vodní hodnota sněhu na počátku tání byla nepřímo závislá na uzavřenosti zimního zápoje porostů. Čím uzavřenější zápoj, tím více zadrženého sněhu v korunové vrstvě a tím větší okap pod koruny v průběhu zimy, zintenzivněný jižní expozicí, s eventuální redukcí výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky.

- Prakticky i statisticky významná odlišnost časových řad výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky a její hustoty pod rozdílnými porosty (vyrůstajícími na prudkém jižním svahu v nadmořské výšce 500 m s osluněním větší svislé části korun) se dále promítá do diverzifikace odtokových poměrů na dílcích H, C a K. Diverzifikování odtokových poměrů pak vytváří předpoklad pro omezení možné protipovodňové a protierozní dysfunkce stejnorodých lesních komplexů (KREČMER et al. 2006).
- Výsledky vodní bilance bude třeba dále prověřovat jak experimentálně na ucelené časové řadě pozorování, tak na podkladě informačních zdrojů.

• k managementu sněhové pokrývky

Sněhová pokrývka je důležitou složkou zimního odtoku. ANDERSON et al. (1976) referují o její významnosti v lesních oblastech, kde sněhové srážky během zimy přesahují 150 mm a zadrží se ve sněhové pokrývce do jarního tání. V České republice tomu odpovídají vrchovinné (KANTOR, ŠACH 1988, ŠACH et al. 1994) a středohorské polohy (KANTOR, ŠACH 2002). SATTERLUND et ADAMS (1992) shrnuli poznatky o hospodaření se sněhem a lesní oblasti USA se sněhovou pokrývkou (forest snowpack zone) rozdělili podle charakteristického průběhu období a stavu do 3 zón: chladná – cold forest snow zone (kontinentální zimní klima, máločetná zimní tání,

radiační jarní tání), teplá – warm forest snow zone (přímořské zimní klima, četnější zimní tání, advektivní jarní tání) a přechodná – transition forest snow zone (střídání sněhových a dešťových srážek, nízká sněhová pokrývka vytvořená a roztátá několikrát za zimu). V ČR lze podobnost nalézt s poměry ve středohorských, vrchovinných a pahorkatinných polohách.

Při obhospodařování lesa je možné se sněhovou pokrývkou do jisté míry manipulovat zejména ve vztahu k vodnosti toků (akumulace sněhu), časování odtoku z tání zimního (advektivní oblevy s deštěm), ale zvláště z tání jarního. Typy jarního tání korespondující s rozdělením SATTERLUNDA et ADAMSE (1992) popsal KREČMER (POBEDINSKIJ, KREČMER 1984) buď jako radiační nebo advektivní či kombinaci. Ke zvýšení vodnosti lze využívat jak druhovou skladbu (v zimě olistěné či neolistěné dřeviny), tak zejména obnovní postupy s různými typy umístění a velikostí sečí (KANTOR, ŠACH 1988, 2002). Odtok z jarního tání sněhu lze tak v určitém rozpětí způsobilé retardovat) pro navýšení zásoby vody v půdě a vodnosti toků směrem k létu a desynchronizovat ve vztahu ke vzniku povodní. V hydrologickém vyjadřování to znamená co nejvýraznější tvarovou transformaci hydrogramu odtoku (ve smyslu prodloužení a zploštění) z jarního tání. Hydrogram odtoku z jarního tání se prodlužuje a zplošťuje hospodářskými způsoby zvětšujícími heterogenitu přírodních poměrů lokality. Obecně lze konstatovat, že čím větší diverzifikace porostních poměrů zejména v důsledku pěstebních opatření (obnovních a výchovných sečí – těžeb), tím větší pravděpodobnost ochrany proti vytváření povodní v zájmových oblastech a větší pravděpodobnost obohacení vodních zdrojů pro periody sucha (deficience vody) ve vegetačním období. Pěstební postupy naopak zvyšující homogenitu přírodních poměrů hydrogram jarního tání zaostrují (zužují a zvyšují). Výsledky lze využívat v lesohydrologickém plánování jako součásti krajinného plánování a v monetárním hodnocení

ní vodohospodářských a půdoochranných funkcí lesa (BROOKS et al. 1997). Všeobecně platí, že při plánování obnovních postupů v lesní zóně se sněhovou pokrývkou by neměly být používány postupy hospodaření, které by zkracovaly dobu tání sněhových zásob.

ZÁVĚR

Cílem práce byla kvantifikace, analýza a porovnání režimu svahového odtoku ve vztahu k postupům obnovy lesa po 25 letech od započetí obnovy na TVP Česká Čermná (lesní oblast předhoří Orlických hor, lesní typ 5N1, prudký jižní svah v nadmořské výšce 460 – 540 m). Holosečný obnovní postup s umělou obnovou (H), clonosečný obnovní postup s kombinovanou obnovou (C) a dospělá smrková kmenovina (K) modifikovaly povrchový, podpovrchový ale i vertikální odtok kromě letního hydrologického půlroku 2005 (ŠACH 2006) také v zimním hydrologickém půlroce 2005/06.

Zimu 2005/06 považujeme za chladnou, ukončenou jarním táním s teplým prouděním a deštěm. Svahový odtok bez odtoku z období jarního tání představoval na jednotlivých dílcích pouhých 1,1 % (H), 1,2 % (C), 1,7 % (K) z celkového svahového odtoku v zimním hydrologickém půlroce, vyjádřeno odtokovou výškou 20,8 (H), 31,6 (C), 36,1 (K) mm. Více než 98 % z celkového svahového odtoku v zimním hydrologickém půlroce tedy představoval svahový odtok v době jarního tání sněhu.

I 25 let od počátku obnovy docházelo k diverzifikaci sněhové pokrývky – vodní hodnoty (vodního ekvivalentu) i výšky a časování svahového odtoku. Odlišnost časové řady hodnot výšky a vodní hodnoty sněhu mezi sledovanými dílci byla statisticky významná. Výška a vodní hodnota sněhu na počátku tání byla nepřímo závislá na uzavřenosti zimního zápoje porostů. Čím uzavřenější zápoj, tím více zadrženého sněhu v korunové vrstvě a tím větší okap pod koruny v průběhu zimy, zintenzivněný jižní expozicí, s eventuální redukcí výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky. Tání (od 24. 3. do 30. 3. až 3. 4.) tak souviselo s odlišnou zásobou vody ve sněhové pokrývce, nejvyšší 172 mm na C (smíšená jehličnatá tyčkovina s významným podílem v zimě neolistěného modřínu), nižší 153 mm na kontrole (K) a nejnižší 80 mm na H (smrková tyčkovina) a s pronikáním teplého vzduchu a deště ke sněhové pokrývce v porostech na jednotlivých dílcích: nejvyšší průměrná denní intenzita při nejdelší době tání na dílci C, střední intenzita při nejkratší době na dílci K a nejnižší intenzita při střední době na dílci H.

Nejvyšší laterální povrchový i podpovrchový odtok z tání byl na dílci H (11 mm). Protože nebylo zjištěno promrznutí půdy, mohl souviset s vyšší tuhostí povrchu hrabanky, utužené hustou povrchovou armaturou smrkových kořenů, a indikovanou poměrnými penetrometrickými měřeními. Vertikální odtok statisticky významně nejvyšší na dílci C spolu s nízkým laterálním odtokem potvrdil dobrou infiltrační schopnost půdního povrchu po clonosečné obnově s vytvořeným smíšeným jehličnatým porostem. Laterální odtok na bývalých lanovkových přibližovacích linkách se prakticky ani v zimě statisticky významně nelišil od laterálního odtoku na nepoškozené ploše porostů. Pravděpodobnost působení vodní eroze se tak při použité technologii soustředování dřeva lanovými systémy jeví nízká, a to i při střední ohroženosti lokality erozí těžebně-dopravní s hodnotou indexu ohroženosti na horní hranici rozpětí (ŠACH 1988).

Výsledky z obnovních postupů (sečí) uplatněných na příkrém jižním svahu TVP Česká Čermná korespondují s diskusí ve smyslu diverzifikace porostních poměrů a následně také hydrogramů svahového odtoku. Je však třeba pokračovat v hodnocení všech vývojových

a růstových fází obnovních sečí (postupů) za různých typů zimní povětrnosti, provádět porovnávání s dalšími především souběžně probíhajícími výzkumy a z informačních zdrojů mimo jiné využívat srovnatelnosti s lesními zónami se sněhovou pokrývkou (zóna chladná, teplá, přechodová a kombinace).

Poděkování:

Výsledky prezentované ve studii vznikly s finančním přispěním NAZV, projektu č. 1G57016 „Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha“ a v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ANDERSON, H. W., HOOVER, M. D., REINHART, K. G.: Forests and water: effects of forest management on floods, sedimentation, and water supply. General Technical Report PSW-18. Berkeley (California): Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1976. 115 s.
- BETHLAHMY, N.: Rapid calibration of watersheds for hydrologic studies. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, 8, 1963, č. 3, s. 38-42.
- BETHLAHMY, N.: Water yield, annual peaks and exposure in mountainous terrain. Journal of Hydrology, 20, 1973, č. 2, s. 155-169.
- BROOKS, K. N., FOLLIOTT, P. F., GREGERSEN, H. M., DEBANO, L. F.: Hydrology and the management of watersheds. Ames: Iowa State University Press 1997. 502 s.
- CORBETT, E. S.: In: Sopper, W. E., Lull, H. W. (eds.): Measurement and estimation of precipitation on experimental watersheds. Forest hydrology. Proceedings of an International Symposium. Oxford: Pergamon Press, 1967, s. 107-129.
- GURTZ, J. et al.: Long-term hydrometeorological measurements and model-based analyses in the hydrological research catchment Rietholzbach. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 51, 2003, č. 3, s. 162-174.
- HEWLETT, J. D.: Principles of forest hydrology. Athens: The University of Georgia, 1982. 183 s.
- CHENG, J. D.: Subsurface stormflows in the highly permeable forested watersheds of southwestern British Columbia. Journal of Contaminant Hydrology (Elsevier - Amsterdam), 3, 1988, s. 171-191.
- KANTOR, P., ŠACH, F.: Hydrická účinnost mladých náhradních porostů smrku omoriky a břízy bradavičnaté. [Hydrolic efficiency of young substitute stands of *Picea omorika* and *Betula verrucosa*]. Lesnictví, 34, 1988, č. 11, s. 1017-1040, res. angl.
- KANTOR, P., ŠACH, F.: Snow accumulation and melt in a spruce stand and on a clearcut in the Orlicke hory Mts (Czech Republic). Ekológia (Bratislava), 21, 2002, Supplement 1, s. 122-135.
- KANTOR, P., ŠACH, F., ČERNOHOUS, V., KARL, Z.: Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha. Projekt NAZV č. 1G57016. Redakčně upravená roční zpráva za rok 2006. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita; Jiloviště-Strnady: VÚLHM-VS Opočno, 2006. 54 s.
- KREČMER, V.: Das Mikroklima der Kieferlochkahlschläge. VI. Teil: Schneedecke, Bodenfeuchtigkeit. Wetter und Leben, 20, 1968, č. 7/8, s. 137-151.

- KREČMER, V.: Vazby lesa a vody v našem lesním hospodářství. Problematika, současný stav a výhledy aplikace v ČR. Zprávy lesnického výzkumu, 19, 1973, č. 4, s. 2-16.
- KREČMER, V. et al.: Bioklimatologický slovník terminologický a explikativní. Praha: Academia 1980. 242 s.
- KREČMER, V., ŠIŠÁK, L., ŠACH, F., ŠVIHLA, V., FLORA, M.: K ekonomickému hodnocení mimotržních funkcí lesa z hledisek lesopolitických. Zprávy lesnického výzkumu (Supplementum), 51, 2006, č. 3, s. 195-213, res. angl.
- LEE, R.: Forest hydrology. New York: Columbia University Press, 1980. 349 s.
- Lesy a povodně. Souhrnná studie. [Forests and floods]. Zpracoval P. Kantor, V. Krečmer, F. Šach, V. Švihla, V. Černohous. Praha: Ministerstvo životního prostředí 2004. 48 s. ISBN 80-7212-255-X
- NĚMEČEK, J. et al.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: Česká zemědělská univerzita 2001. 78 s.
- NEWSON, M.: Hydrology and the river environment. Oxford: Clarendon Press, 1994. 221 s.
- NOVÁK, V.: Voda v půdě – vodní režim půdní. In: Klika, J., Novák, V., Gregor, A.: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. Praha: Nakladatelství ČSAV, 1954, s. 440-484.
- POBEDINSKIJ, A. V., KREČMER, V.: Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 247 s.
- SATTERLUND, D. R., ADAMS, P. W.: Wildland watershed management. New York: J. Wiley, 1992. 436 s.
- ŠACH, F.: Vliv obnovních způsobů a těžebně dopravních technologií na erozi půdy. [Impacts of harvesting methods and logging systems on soil erosion.] Kandidátská disertační práce. Opočno: VÚLHM-VS, 1986. 84 s., 4 s. příl.
- ŠACH, F.: Metoda stanovení nebezpečí těžebně dopravní eroze a její aplikace v protierozní ochraně lesních pozemků. Práce VÚLHM, 72, 1988, s. 75-104, res. angl.
- ŠACH, F., KANTOR, P., ČERNOHOUS, V.: Water budget in a young stands of substitute tree species in immission region of the Trutnov Piedmont in the Czech Republic. [Vodní bilance v mladých porostech náhradních dřevin v imisní oblasti Trutnovské pahorkatiny v České republice.] Lesnictví, 40, 1994, č. 5, s. 211-216.
- ŠACH, F., KANTOR, P., ČERNOHOUS, V.: Forest ecosystems, their management by man and floods in the Orlické hory Mts. in summer 1997. Ekológia (Bratislava), 19, 2000, č. 1, s. 72-91.
- ŠACH, F.: Svahový odtok ve vztahu k postupům obnovy lesa. [Hillslope runoff in relation to methods of forest regeneration.] Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006, č. 3, s. 184-194, res. angl.
- ŠVIHLA, V., ŠACH, F., KULHAVÝ, Z., KANTOR, P.: Vyhodnocení hydrologického průzkumu experimentálního objektu Dešenská stráž v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 52, 2007, č. 1, s. 27-36, res. angl.
- WEILER, M., MAC DONNELL, J. J.: Soil development and properties. Water storage and movement. In: Burley, et al. (eds.): Encyclopedia of forest sciences. Amsterdam: Elsevier, 2004, s. 1253-1260.

Winter hillslope runoff in relation to methods of forest regeneration

Summary

This paper is a follow-up to an earlier one in the Reports of Forestry Research (ŠACH 2006), which dealt with hillslope runoff in relation to methods of forest regeneration during growing season 2005 (May 1 – October 31). In dormant season (November 1 – April 30), the hillslope runoff study further continued in the same two young stands regenerated 25 years ago by clearcut (H) and shelterwood (C) method and in the control mature spruce stand (K) on the long-run research area (LRA) Česká Čermná (photo 1) in the hydrologic year 2005/06. Hillslope runoff was influenced by steep slope and its southern aspect (similarly BETHLAHMY 1973). Setting-up the LRA and investigative techniques were fully described in the previous contribution (ŠACH 2006). We expanded runoff investigation by observing potential soil freezing through profile and forest floor (particularly litter) compaction. A new method (photo 2) was devised for measuring winter precipitation under canopy (inferred as an infiltration into soil). The open area precipitation depth equalled to 360 mm in investigated dormant season 2005/06. From the second ten days of November nearly to the end of March it was snowy precipitation, in isolated cases mixed precipitation. Snowy precipitation represented 75% of precipitation depth in winter hydrologic half-year (table 3). Time series differences of snow depth, snow water equivalent and snow density (graph 1 – 3) among observed stands were statistically significant. Snow storage at the beginning of snow thawing was directly proportional to canopy density in winter. Snow melt (from March 24 to March 30 – April 3) corresponded with diverse water storage in snow pack: the highest 172 mm on plot C (mixed conifer small pole stage stand with considerable proportion of European larch without foliage in winter), lower 153 mm on the control plot K (mature spruce stand) and the lowest 80 mm on the plot H (spruce pole stage stand). The most lateral surface and subsurface runoff from snow melt (table 1) was on the plot H (11 mm); in consideration of non-recording frost temperatures in soil depths of 5 and 20 cm, we could link it with greater compaction of litter surface indicated by penetrometric measuring (graph 4). Vertical flow the significantly greatest on the plot C (table 2) along with low lateral flow proved good infiltration ability of soil surface after regeneration by shelterwood cutting with created mixed conifer young stand (table 3, graph 5). Also in winter the lateral runoff on high-lead yarding track 25 years after logging did not significantly differ from lateral runoff on undamaged plots, so probability of hazard by soil water erosion seems low.

Recenzováno

Vladimír Švihla¹⁾ - Vladimír Černohous²⁾ - Zbyněk Kulhavý³⁾ - František Šach²⁾; ¹⁾Beroun, ²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, ³⁾Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., pracoviště Pardubice

ANALÝZA POVODŇOVÝCH VLN JAKO NÁSTROJ STUDIA ODTOKOVÉHO PROCESU NA MALÉM LESNÍM POVODÍ

I. Hydrologická analýza sestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

I. Hydrologic analysis of falling limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

Abstract

Dynamics of runoff process within a small forested catchment depended on site conditions. The objective of the analysis was to reveal both quantitative and qualitative parameters of runoff processes and describe parameters of stormflows. The runoff investigation was based on observations before and after drainage treatment in a partially waterlogged catchment. The first analysis was aimed to falling limb of stormflow hydrograph.

Klíčová slova: lesní povodí, povodňové vlny, odtok, odvodnění, sestupná větev hydrogramu

Key words: forested catchment, storm events, runoff, drainage, stormflow hydrograph, falling limb

ÚVOD

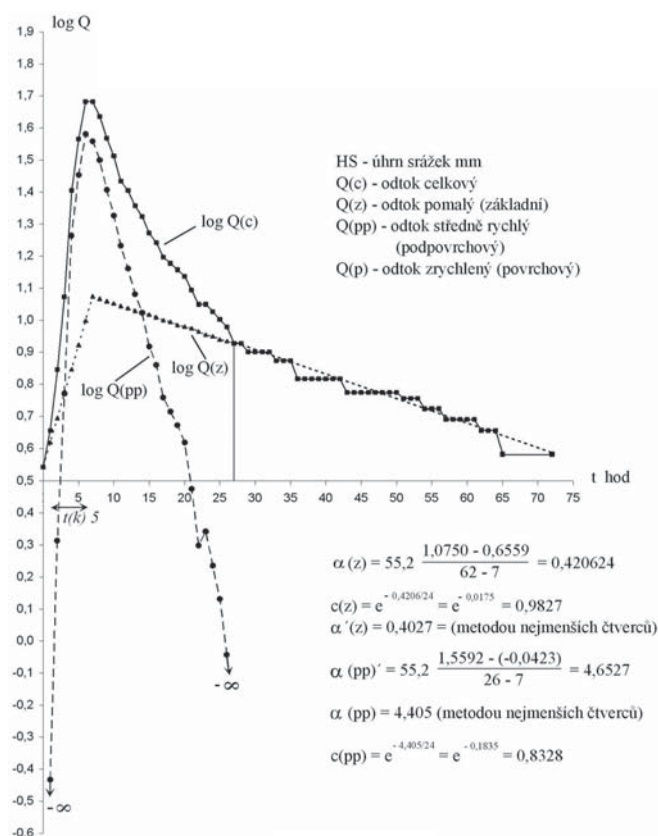
Úkolem analýzy vybraných povodňových vln v lesním povodí „U Dvou louček“ bylo stanovit reakci stanoviště (ze 70 % obnovena imisní holina) na odtokový proces obecně a zvláště na odvodnění 10 % povodí otevřenými příkopy. Povodňové vlny byly zvoleny jako ukazatel reakce stanoviště na dynamický projev vodní komponenty povodí – srážko-odtokový proces. Cílem bylo odhalit kvalitu i kvantitu srážko-odtokového vztahu a posoudit, nakolik odlesnění vyvolané imisní kalamitou tento proces ovlivnilo. Pro poznání tohoto jevu byl zvolen matematicko-fyzikální přístup semiempirickým modelem lineárních nádrží. Veličiny a parametry zvoleného modelu otevřely hlubší pohled do analýzy povodňových vln a umožnily bližší poznání projevů srážko-odtokového vztahu.

Vodní provoz horských a podhorských lesů Orlických hor je dominantou vodního režimu dotčených přilehlých území velkého rozsahu. Znalost tohoto procesu umožňuje jeho optimalizaci osvětleným lesním hospodářstvím.

MATERIÁL A METODA

Pro analýzu byly vybrány dvě typické povodňové vlny s periodicitou $N = 1$ rok, jedna před odvodněním, druhá po odvodnění lokality „U Dvou louček“ (UDL). Povodí má plochu 32,6 ha a nachází se ve vrcholové partii Orlických hor v k. ú. Říčky 880 – 920 m n. m. Na podkladu ruly a svoru se zde vytvořily půdní typy humusový podzol a kambizem (hnědá a šedá lesní půda humusová) s lokálním ložiskem rašelinného gleje. Lesní vegetaci tvoří lesní typy 7K3, 7P1 a 7T1. Kvartérní pokryv je tvořen deluviálními a fluviodeluviálními písčitými hlínami a jílovitými hlínami s vysokou příměsí skeletu (20 – 50 %). Mocnost kvartérního pokryvu je 1 – 2 m.

Z hydrogeologického hlediska patří povodí ke krystaliniku Orlických hor. Ve vrcholové partii povodí je hladina podzemních vod zakleslá několik metrů pod povrchem terénu, odkud se část infiltro-



Obr. 1.

Analýza povodňové vlny z 15. - 16. 5. 1996 před odvodněním
 Stormflow analysis (15. - 16. 5. 1996) before drainage

HS – precipitation amount; $Q(c)$ – total outflow; $Q(z)$ – basic outflow; $Q(pp)$ – medium (subsurface) outflow; $Q(p)$ – accelerated (surface) outflow

Postup: Koncovou větví HO se proloží přímka $\log Q(z)$ vedená pod kulminační bod HO. Kulminační bod $\log Q(z)$ se spojí se vstupním bodem $\log Q(o)$. $\log Q(z)$ se odečte od $\log Q(c)$ a dostanou se 2 přímky $\log Q(pp)$

vané vody vzdouvá na příčných tektonických hranicích svorů a rul, které působí hydraulické bariéry, do půdního profilu ve středu lokality, ve vlhkých periodách až k povrchu terénu. Na tektonických zlomech vznikají četné přirozené pramenní vývěry.

Dlouhodobé roční průměry činí u ovzdušných srážek 1 350 mm, u odtoků 910 mm a u územního výparu 440 mm. Vodoteč odvodňující povodí je přítokem Anenského potoka v povodí Říčky. Průměrná roční teplota je 4,4 °C. Odvodnění bylo provedeno sporadickou sítí příkopů 60 – 70 cm hlubokých na 3 ha ve středu povodí. Podrobný popis povodí UDL obsahují publikace Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách – „U Dvou louček“ (ŠEDA 2003), Vliv obnovy hydrografické sítě devastované při imisních těžbách na odtokový proces (ČERNOŠOU 2003) a Příspěvek k hydrologické analýze povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách (ŠVIHLA, ČERNOŠOU, KULHAVÝ, ŠACH 2005).

Pro analýzu povodňových vln byla zvolena metoda lineárních nádrží (WESSELING 1973, VEN TE CHOW 1964, KRAIJENHOFF 1966, ŠVIHLA 1992) vycházející z rovnic pro jednotlivé složky odtoku.

Schéma modelu

Hydrologická analýza hydrogramů odtoku modelem lineárních nádrží (model LN) vychází z modelu lineární nádrže. Odtok definovaný rovnicí

$$(1.-1.) \quad q = \alpha \cdot S$$

se kombinuje s rovnicí kontinuity

$$(1.-2.) \quad P_{(e)} = q + \frac{d_s}{d_t}$$

q = odtok z povrchové jednotky povodí v mm.d⁻¹

S = zásoba vody v povrchové jednotce povodí mm

α = koeficient proporcionality.den⁻¹

$P(e)$ = efektivní srážka na povrchové jednotce povodí mm.d⁻¹

Řešení rovnic 1.-1. a 1.-2. dává základní rovnici odtoku vody z lineární nádrže s jednotkovou plochou

$$(1.-3.) \quad q(t) = q(t-1) \cdot e^{-\alpha [t(n) - t(n-1)]} + P(e, t) \cdot (1 - e^{-\alpha [t(n) - t(n-1)]}),$$

kde $q(t)$ je odtok z lineární nádrže v době t a $P(e, t)$ je výše efektivní srážky v časovém intervalu od $t(n-1)$ do $t(n)$. Pro jednotkový časový interval je $t(n) - t(n-1)$ konstantou, např. 1 den, 1 hodina. Pro výpočet se rovnice (1.-3.) uvede potom do tvaru

$$(1.-4.) \quad \begin{aligned} q(1) &= Q(0) \cdot c = P(e, 1) \cdot (1 - c) \\ q(2) &= q(1) \cdot c + P(e, 2) \cdot (1 - c), \end{aligned}$$

kde

$$c = e^{-\alpha} \quad \text{pro } t(n) - t(n-1) = 1.$$

Model odtoku z povodí se sestává obecně z n lineárních nádrží. Pro povodí „U Dvou louček“ byl zvolen matematicko-fyzikální model tří lineárních nádrží (TLN). Odtok ze tří lineárních nádrží je potom součtem

$$q(c, i) = q(z, i) + q(p, i) + q(pp, i),$$

kde $q(z, i)$ je odtok v čase $t = i$ z lineární nádrže s nejpomalejší reakcí (úseky povodí nejvzdálenější od hydrografické sítě),

$q(p, i)$ dtto z lineární nádrže s nejrychlejší reakcí (úseky povodí sousedící s hydrografickou sítí),

$q(pp, i)$ dtto z lineární nádrže se střední reakcí (úseky povodí mezi nádrží 1 a 2).

Schéma odtoku z povodí „U Dvou louček“ se ztotožňuje s modelem děleným, kdy celkový odtok z povodí se sestává z odtoků ze tří oddělených částí. Jde o schéma tří variabilních odtokových ploch.

Aplikace modelu tří lineárních nádrží (TLN)

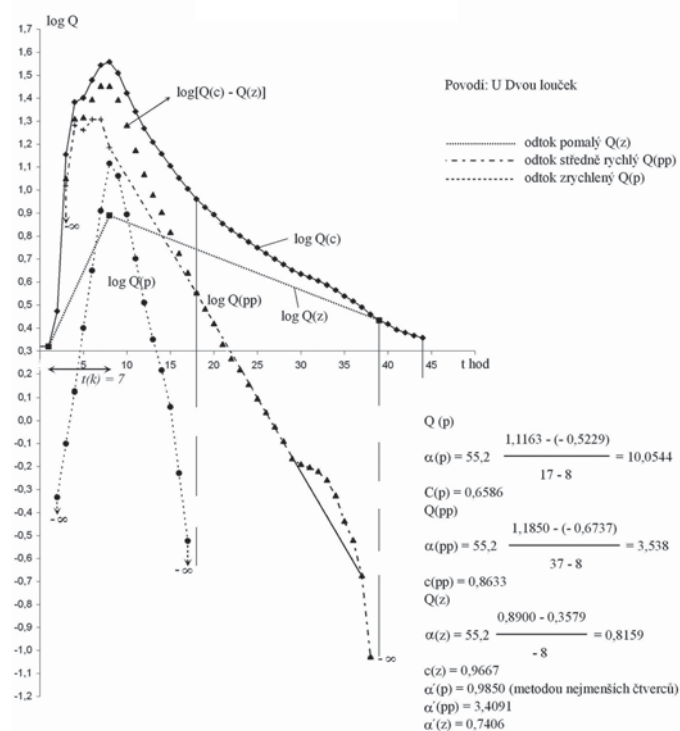
Aplikace modelu TLN na odtok z povodí „U Dvou louček“ byla rozdělena do dvou částí. Předně byla podrobena rozboru klesající část hydrogramů odtoku (HO) v tomto v příspěvku. Za druhé je pak analyzována vzestupná větev hydrogramů odtoku v příspěvku II. Hydrologická analýza vzestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách (ŠVIHLA, ČERNOŠOU, KULHAVÝ, ŠACH 2007).

VÝSLEDKY

Rozbor klesající větve hydrogramů odtoku modelem TLN

Pro ověření modelu TLN pro klesající větve hydrogramů odtoku (HO) z povodí „U Dvou louček“ (UDL) je $P(e, t) = 0$ a rovnice 1.4. se zjednoduší

$$q(i) = q(i-1) \cdot c$$

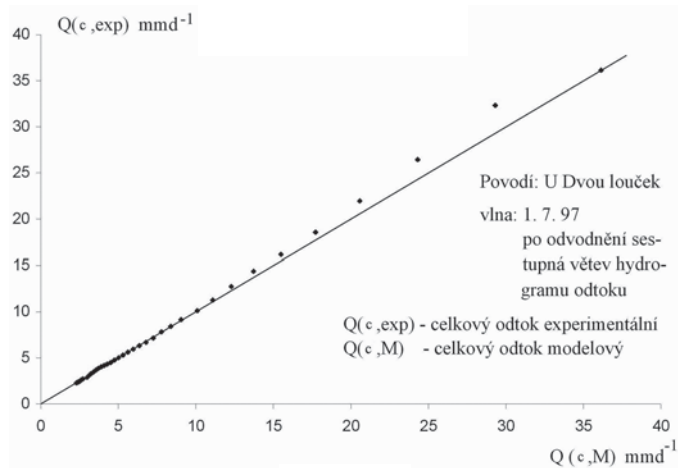


Obr. 2.

Hydrogram povodňové vlny z 1. 7. 1997 po odvodnění

Stormflow hydrograph (1. 7. 1997) after drainage

$Q(z)$ – basic outflow; $Q(pp)$ – medium (subsurface) outflow; $Q(p)$ – accelerated (surface) outflow

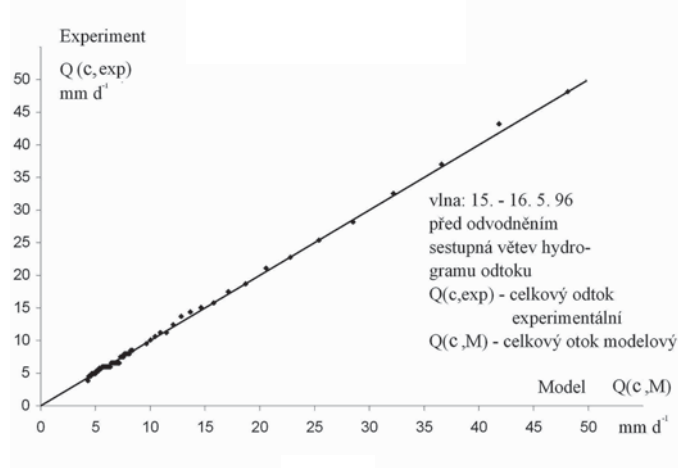


Obr. 3.

Vztah celkových experimentálních a modelových průtoků po odvodnění

Relation between total measured outflow and total calculated one in the “U Dvou louček” catchment during the event in July 1, 1997 after drainage (falling limb of stormflow hydrograph)

$Q(c,exp)$ – total measured outflow; $Q(c, M)$ – calculated outflow



Obr. 4.

Porovnání celkových odtoků experimentálních a modelových před odvodněním

Relation between total measured outflow and total calculated one in the “U Dvou louček” catchment during the event in 15. – 16. 5. 1996 before drainage (falling limb of stormflow hydrograph)

$Q(c,exp)$ – total measured outflow; $Q(c, M)$ – calculated outflow

Počátečními body rozboru jsou kulminační body HO, tj. $q(z,o)$, $q(p,o)$, $q(pp,o)$ jako kulminační body odtoku jednotlivých lineárních nádrží.

Potom

$$q(c,o) = q(z,o) + q(p,o) + q(pp,o)$$

$$q(c,l) = q(z,o) \cdot c(z) + q(p,o) \cdot c(p) + q(pp,o) \cdot c(pp)$$

kde

$$c(z) = e^{-\alpha(z)}$$

$$c(p) = e^{-\alpha(p)}$$

$$c(pp) = e^{-\alpha(pp)}$$

Rozbor stoupající větve HO je uveden v samostatné stati II (ŠVIHLA, ČERNOŠOUS, KULHAVÝ, ŠACH 2007, viz výše).

Schéma odtoku z povodí „UDL“ se ztotožňuje s modelem děleným, kdy celkový odtok z povodí se sestává z odtoků z n složek, které představují odtokové oblasti. Jde o schéma variabilních odtokových ploch, v našem případě vlna před odvodněním je tvořena odtokem pomalým a středně rychlým, vlna po odvodnění odtokem pomalým, středně rychlým a rychlým.

K analýze byly vybrány dvě povodňové vlny s periodicitou srážek $N = 10$ let a periodicitou kulminačního odtoku $N = 1$ rok. Povodňová vlna před odvodněním vykazuje na poklesové části hydrogramu odtoku po semilogaritmické anamorfóze jeden lomový bod, vymezující dílčí plochy povodí charakterizující odtok pomalý a středně rychlý. Povodňová vlna po příkopovém odvodnění jedné desetiny povodí vykazuje na logaritmické anamorfóze poklesové větve hydrogramu odtoku dva lomové body, charakterizující meze odtoku pomalého, středně rychlého a rychlého.

Koeficienty α byly vypočteny z dat získaných separací odtoku celkového na odtoky dílčí - odtok pomalý, středně rychlý a zrychlený. Po logaritmické transformaci celkového odtoku se dílčí složky odtoku vymezují jako přímky ohraničené lomovými body. Celý postup je patrný z obrázků 1 a 2 a tabulek 1 a 2.

Správnost výpočtu koeficientů α z výtokové větve hydrogramů odtoku v semilogaritmickém tvaru po separaci odtoků

$$\alpha(i) = 2,30 \frac{\log q(1) - \log q(n)}{t(n) - t(1)}$$

$q(1)$, $q(n)$ – odtok z lineární nádrže v době $t(1)$, resp. $t(2)$ byla ověřena zohledněním všech hodnot $q(t)$ stanovením koeficientu α též metodou nejmenších čtverců. Pro separaci odtoků byly zvoleny lomové body na semilogaritmickém zobrazení hydrogramů odtoku ($y = \log q$, $x = t$).

Velmi dobrá shoda modelových výpočtů a experimentálně naměřených dat je zřejmá z tabulek 1, 2 a obrázků 1, 2, 3, 4. Ověření modelu bylo provedeno pro klesající větve hydrogramů, protože hodnoty efektivních srážek pro jednotlivé komponenty celkového odtoku nejsou známy. Jejich stanovením se zabývá navazující příspěvek „Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí. II. Hydrologická analýza vzestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách“ (ŠVIHLA, ČERNOŠOUS, KULHAVÝ, ŠACH 2007).

Výsledky rozboru

Z tabulek 1, 2 a obrázků 1, 2, 3, 4 je na první pohled zřejmá shoda modelu odtoku s experimenty. Ta je tak těsná, že nevyžaduje žádnou optimalizaci parametrů $\alpha(i)$. O dynamice odtokového procesu vypovídají především koeficienty $\alpha(i)$ – tabulka 3.

Z tabulky 3 je patrné, že zatímco dynamika odtoku pomalého se podstatně nelišila, po odvodnění došlo k odtoku zrychlenému. Odtok středně rychlý byl před odvodněním poněkud prudší, což bylo dáno vysokým stupněm nasycení půdy podpovrchovou vodou před příchodem povodňové vlny ve srovnání s poměrně suchou půdou v povodí

po odvodnění (ŠVIHLA et al. 2005). Vlna před odvodněním vykazuje objemový součinitel odtoku 0,848, po odvodnění pouze 0,410. Přesto, že nasycenost povodí vodou, tj. dispozice povodí k odtoku zrychlenému byla daleko vyšší před odvodněním, kdy došlo v půdě před povodňovou vlnou ke kapilárnímu nasycení podpovrchové vrstvy, při povodňové vlně k odtoku zrychlenému nedošlo. Odtok zrychlený při druhé vlně vyvolal zřejmě odvodňovací zásah. Do půdy stačilo u první vlny vsáknout 33 mm, u druhé vlny 34 mm, při úhrnech ovzdušných srážek 39 mm a 46 mm a prakticky stejné hodnotě intenzity infiltrace ovzdušných srážek do půdy. Kulminační průtok první vlny byl 48,124 mm .d⁻¹, tj. 557 l.s⁻¹. km⁻², druhé vlny potom 36,144 mm .d⁻¹, tj. 418 l.s⁻¹. km⁻². Porovnání velikosti kulminačních odtoků dělených je v tabulce 4.

Větší dynamika při prakticky nasyceném povodí kapilární vodou byla zjištěna u vlny před odvodněním.

Z tabulek 3, 4 a 5 je jasné patrná vysoká dynamika srážko-odtokového procesu v povodí UDL. Kulminační průtok středně rychlý 4,19 l.s⁻¹. km⁻² je velmi vysoký. Při ztotožnění odtoku pomalého s odtokem základním, středně rychlého s odtokem podpovrchovým a zrychleného s odtokem otevřenými příkopy je zřejmé, že lesní půdy v povodí UDL jsou vysoce propustné.

Ve vlně po odvodnění je průměrný objem odtoku z plochy povodí 1,9 mm; objem odtoku zrychleného z odvodněné plochy je 2,7 mm, tj. je 1,4x větší než průměrný.

DISKUSE A ZÁVĚRY

a) Základem modelu lineárních nádrží je skutečnost, že poklesovou větev hydrogramu odtoku vytvářejí jednotlivé složky odtokového procesu, které se dají zjistit pomocí semilogaritmické analýzy. Provedená analýza dokazuje, že celkový odtok je možno teoreticko-experimentálním modelem lineárních nádrží na jednotlivé složky rozdělit s vysokou shodou teoreticky vypočtených a naměřených hodnot celkového odtoku. Vysoký souhlas celkového naměřeného odtoku se součtem jeho dílčích modelem vypočtených složek odtoku potvrzuje správnost základního semiempirického předpokladu tvorby dílčích modelů jednotlivých složek odtoku.

Poměr mezi složkami odtoků se mění nejen podle velikosti průtoků v jednotlivých vlnách, ale i v různých vlnách. Není tedy konstantní, jak někdy předpokládá literatura (WESSELING 1973). Je to dokladem velké proměnlivosti vstupních podmínek odtoků jednotlivých povodňových vln. Velikost prostorů dílčích složek odtoků se liší především podle nasycenosti okrsků půd povodí vodou, jak jasně dokládá teorie dílčích odtokových ploch. Tato teorie také plně odpovídá modelu lineárních nádrží.

b) Provedený rozbor jednoznačně dokládá vysokou dynamiku srážko-odtokového procesu v povodí UDL. Hodnoty koeficientu α pro středně rychlé i zrychlené odtoky jsou vysoké a vypovídají tak o velké proměnlivosti odtoků povodňových vln. Rovněž tak středně rychlý odtok 4,19 l.s⁻¹. ha⁻¹ je pro půdní poměry nezvykle velký a dokazuje vysokou transportní kapacitu pro vodu gravitačních pórů v půdě. Tento závěr analýzy odpovídá literárně známým výsledkům (CÍSLEROVÁ, ŠANDA, VOGEL 2000).

c) Zrychlený odtok je zřejmě důsledkem odvodnění části povodí UDL sítí otevřených příkopů. Studovaná vlna před odvodněním vykazovala všechny znaky vysoké nasycenosti půd povodí vodou. K odtoku zrychlenému však nedošlo, nebyly pro něj vytvořeny podmínky. Naopak stupeň nasycení půd povodí před příchodem vlny po odvodnění byl nízký a předpoklady k odtoku zrychlenému by bez pří-

kopového odvodnění (uvážíme-li podmínky první vlny) nebyly vůbec. Velikost zrychleného odtoku 1,5 l.s⁻¹. ha⁻¹ velice přesně sporadické odvodňovací sítě otevřených příkopů odpovídá.

d) Předkládaný příspěvek není vyčerpávající výpověď o povodňových vlnách v povodí UDL. Je však vhodnou metodikou pro rozbor odtokového procesu velkých vod a pro porozumění jeho charakteru. Následovat nyní musí vytvoření programu pro podobné rozbor, který umožní zpracování většího množství povodňových vln metodou lineárních nádrží.

e) V neposlední řadě jsou analýzou získaná data východiskem řešení vzestupné vlny hydrogramu odtoku.

f) Po zalesnění 70% imisní holiny smrkem před 17 lety nedošlo ve sledovaném lesním povodí „U Dvou louček“ k žádné destrukci lesní půdy. Její kladný vliv na tlumení velkých vod zůstal zachován.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnicích se podmínkách prostředí“ s finančním přispěním NAZV, projektu č. 1 G 570 16 „Srážko-odtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha“.

LITERATURA

- CÍSLEROVÁ, M., ŠANDA, M., VOGEL, T.: Tvorba odtoku ze svahu v transektu Tomšovka. In: Hydrologické dny 2000. Nové podněty a vize pro příští století. 2. díl. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2000, s. 265-272.
- ČERNOŠOUS, V.: Vliv obnovy hydrografické sítě devastované při imisních těžbách na odtokový proces. Pisemný rozbor literatury pro státní doktorskou zkoušku. Praha: ČZU, Lesnická fakulta, 2003. 47 s.
- CHOW, W. T.: Handbook of applied hydrology. New York: Mc Graw-Hill, 1964. 584 s.
- KRAIJENHOFF, VAN DE LEUR, SCHULZE, F. E., O'DONNELL, F.: Recent trends in hydrograph synthesis. In: Proc. of Technical meeting 21. The Hague: Comm. for hydrological research T. N. O. 13, 1966, 103 s.
- ŠEDA, S.: Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách - U Dvou louček. Závěrečná zpráva. Ústí nad Orlicí: Orlická hydrogeologická společnost, 2003. 12 s., 19 příl.
- ŠVIHLA, V.: Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Monografie. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1992. 154 s.
- ŠVIHLA, V., ČERNOŠOUS, V., KULHAVÝ, Z., ŠACH, F.: Příspěvek k hydrologické analýze povodí U Dvou louček v Orlických horách. In: Soil and Water. Scientific Studies. 4/2005. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2005. s. 95-105.
- ŠVIHLA, V., ČERNOŠOUS, V., KULHAVÝ, Z., ŠACH, F.: Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí. II. Hydrologická analýza vzestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 52, 2007, č. 4, s. 382 - 389.
- WESSELING, J.: Subsurface flow into drains. Theories of field drainage and watershed runoff. Publ. no. 16. 1973, vol. 11. Wageningen: ILRI 1973.

Tab. 1.

Naměřené a vypočtené hodnoty odtoků před odvodňovacím zásahem

Measured and calculated values of outflow before drainage

Vlna (outflow event) 13. 5. – 16. 5. 1996 Před zásahem (before drainage)					
t	Q(c,exp)	Q(c,M)	t	Q(c,exp)	Q(c,M)
hod.	mm.d ⁻¹		hod.	mm.d ⁻¹	
7	48,124	48,124	41	6,558	6,566
8	43,209	41,859	42	6,558	6,452
9	37,012	36,611	43	5,950	6,341
10	32,538	32,210	44	5,950	6,231
11	28,173	28,516	45	5,950	6,123
12	25,385	25,409	46	5,950	6,018
13	22,748	22,793	47	5,950	5,913
14	21,074	20,586	48	5,950	5,811
15	18,689	18,721	49	5,950	5,710
16	17,477	17,141	50	5,950	5,612
17	15,740	15,797	51	5,699	5,515
18	15,044	14,652	52	5,699	5,419
19	14,365	13,672	53	5,699	5,325
20	13,702	12,832	54	5,293	5,233
21	12,425	12,106	55	5,293	5,143
22	11,213	11,478	56	5,293	5,054
23	11,213	10,929	57	4,903	4,966
24	10,632	10,450	58	4,903	4,880
25	10,066	10,027	59	4,903	4,796
26	9,517	9,652	60	4,903	4,713
27	8,467	8,383	61	4,903	4,632
28	8,467	8,238	62	4,528	4,551
29	7,966	8,096	63	4,528	4,473
30	7,966	7,956	64	4,528	4,395
31	7,966	7,818	65	3,825	4,319
32	7,966	7,683			
33	7,481	7,550			
34	7,481	7,419			
35	7,481	7,291			
36	6,558	7,165			
37	6,558	7,041			
38	6,558	6,919			
39	6,558	6,799			
40	6,558	6,632			

Pozn./Note: Q(c,exp) – celkový odtok naměřený/total outflow measured, Q(c,M) – celkový odtok vypočtený modelem lineárních nádrží/total outflow calculated using a linear-reservoirs model

Tab. 2.

Naměřené a vypočtené hodnoty odtoků po odvodňovacím zásahu

Measured and calculated values of outflow after drainage

Vlna (outflow event) 1. 7. 1997 Po zásahu (after drainage)		
t	Q(c,exp)	Q(c,M)
hod.	mm.d ⁻¹	
8	36,144	36,144
9	32,328	29,315
10	26,448	24,314
11	21,960	20,577
12	18,552	17,724
13	16,176	15,500
14	14,376	13,728
15	12,744	12,290
16	11,280	11,100
17	10,128	10,101
18	9,144	9,053
19	8,424	8,387
20	7,824	7,794
21	7,152	7,263
22	6,696	6,787
23	6,336	6,358
24	5,952	5,972
25	5,616	5,622
26	5,304	5,305
27	5,016	5,017
28	4,752	4,753
29	4,488	4,511
30	4,320	4,288
31	4,176	4,083
32	4,032	3,893
33	3,864	3,717
34	3,672	3,553
35	3,456	3,400
36	3,288	3,257
37	3,096	3,123
38	2,880	2,996
39	2,712	2,716
40	2,616	2,626
41	2,472	2,539
42	2,400	2,454
43	2,238	2,372
44	2,280	2,293

Pozn./Note: Q(c,exp) – celkový odtok naměřený/total outflow measured, Q(c,M) – celkový odtok vypočtený modelem lineárních nádrží/total outflow calculated using a linear-reservoirs model

Tab. 3.

Vypočtené koeficienty odtoku $\alpha(i)$

Calculated outflow coefficients $\alpha(i)$

Koeficienty/Coefficients α	Povodňová vlna ¹		Odtok ²
	před odvodněním ^{1a}	po odvodnění ^{1b}	
$\alpha(z)$	0,421	0,816	pomalý (základní) ^{2a}
$\alpha(pp)$	4,653	3,538	středně rychlý (podpovrchový) ^{2b}
$\alpha(p)$	-	10,054	zrychlený (povrchový) ^{2c}

Explanation note: 1 – outflow event; ^{1a} – before drainage; ^{1b} – after drainage; ² – outflow; ^{2a} – slow (basic) outflow; ^{2b} – medium-fast (subsurface) outflow; ^{2c} – accelerated (surface) outflow

Tab. 4.

Kulminace dílčích odtoků ($\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$)

Culmination of component outflows

Odtok/Outflow	Povodňová vlna/Outflow event	
	před odvodněním/before drainage	po odvodnění/after drainage
pomalý/slow	186	89
středně rychlý/medium	419	235
zrychlený/accelerated	-	151

Tab. 5.

Objem odtokových složek v hydrogramu porovnávaných povodňových vln

Component outflow volume in flooding-event hydrographs

Odtok ¹	Vlna před odvodněním ²		Vlna po odvodnění ³	
	objem mm^{2a}	% objemu ^{2b}	objem mm^{3a}	% objemu ^{3b}
pomalý ^{1a}	20,3	61,3	8,1	42,4
středně rychlý ^{1b}	12,8	38,7	8,3	43,5
zrychlený ^{1c}	-	-	2,7	14,1
Celkem/Total	33,1	100,0	19,1	100,0

Pozn.: Po odvodnění bylo statickou retencí (retencí kapilárních vod) v půdě zadrženo 17,9 mm ovzdušných srážek, před odvodněním pak 0/17,9 mm of precipitation was retained in soil (capillary water retention) after drainage, whereas before drainage the retention was none.

Explanatory note: ¹ – outflow; ^{1a} – slow; ^{1b} – medium; ^{1c} – accelerated; ² – outflow event before drainage; ^{2a} – volume; ^{2b} – percent; ³ outflow event after drainage; ^{3a} – volume; ^{3b} – percent.

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

I. Hydrologic analysis of falling limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

Summary

The small forested catchment “U Dvou louček” (UDL) represents experiment of an air-polluted forest restoration situated within a clear cut. When the mature spruce stands had been logged over, the core area of catchment waterlogged via high ground water table. In order to manage outflow, drainage ditches were made within the core area of catchment. The results prove that:

- not even twenty-year-lasting period after forest stand destruction have influenced the soil negatively; high dynamics of water component is obvious,
- the drained one tenth of catchment area contributed to accelerated outflow,
- the forest stand covers approximately 70% of the catchment area, however a high retention of water has been already proved. One-year-periodicity floods were caused by ten-year-periodicity precipitation. The precipitation induced slow and medium-fast outflows in 100% before and in 86% after drainage.

Recenzováno

Vladimír Švihla¹⁾ - Vladimír Černohous²⁾ - Zbyněk Kulhavý³⁾ - František Šach²⁾; ¹⁾Beroun, ²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, ³⁾Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., pracoviště Pardubice

ANALÝZA POVODŇOVÝCH VLN JAKO NÁSTROJ STUDIA ODTOKOVÉHO PROCESU NA MALÉM LESNÍM POVODÍ

II. Hydrologická analýza vzestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

II. Hydrologic analysis of rising limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

Abstract

Dynamics of runoff process within a small forested catchment depended on site conditions. The objective of the analysis was to reveal both quantitative and qualitative parameters of runoff processes and describe parameters of stormflows. The runoff investigation was based on observations before and after drainage treatment in a partially waterlogged catchment. The second analysis was aimed to rising limb of stormflow hydrograph.

Klíčová slova: lesní povodí, povodňové vlny, odtok, odvodnění, vzestupná větev hydrogramu

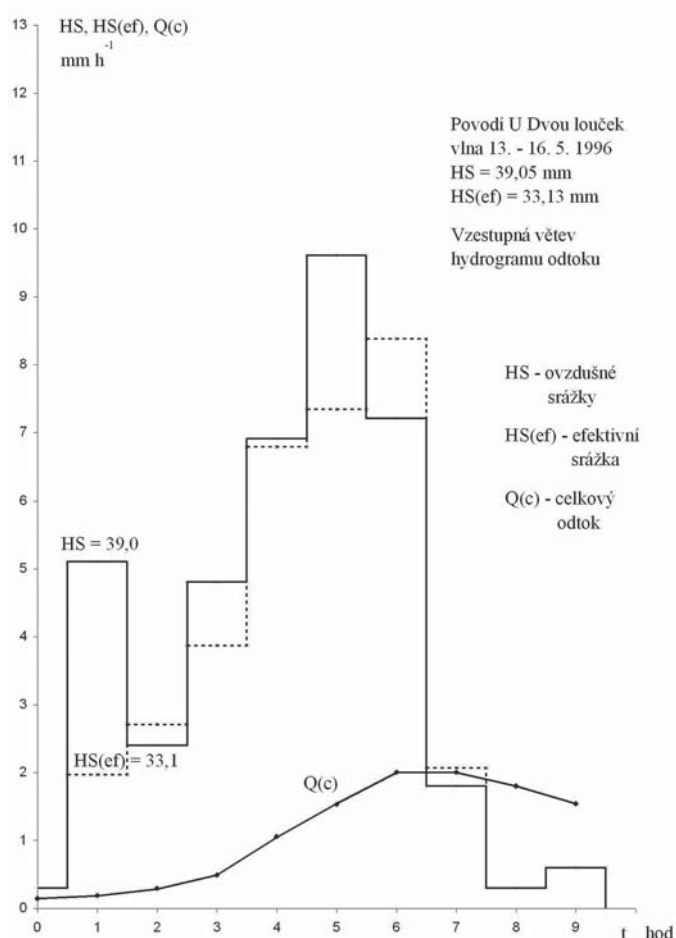
Key words: forested catchment, storm events, runoff, drainage, stormflow hydrograph, rising limb

ÚVOD

Úkolem analýzy vybraných povodňových vln v lesním povodí „U Dvou louček“ bylo stanovit reakci stanoviště (ze 70 % obnovená imisní holina) na odtokový proces obecně a zvláště na odvodnění 10 % povodí otevřenými příkopy. Povodňové vlny byly zvoleny jako ukazatel reakce stanoviště na dynamický projev vodní komponenty povodí – srážko-odtokový proces. Cílem bylo odhalit kvalitu i kvantitu srážko-odtokového vztahu a posoudit, nakolik odlesnění vyvolané imisní kalami tento proces ovlivnilo. Pro poznání tohoto jevu byl zvolen matematicko-fyzikální přístup semiempirickým modelem lineárních nádrží. Veličiny a parametry zvoleného modelu otevřely hlubší pohled do analýzy povodňových vln a umožnily bližší poznání projevů srážko-odtokového vztahu. Sestupná větev srážko-odtokového vztahu je řešena v stati I. Hydrologická analýza sestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách, kde je i popis použitého modelu včetně jeho parametrů. Předkládaná stat' přímo navazuje na stat' číslo I. V tomto příspěvku se zabýváme analýzou stoupající větve hydrogramu odtoku (HO).

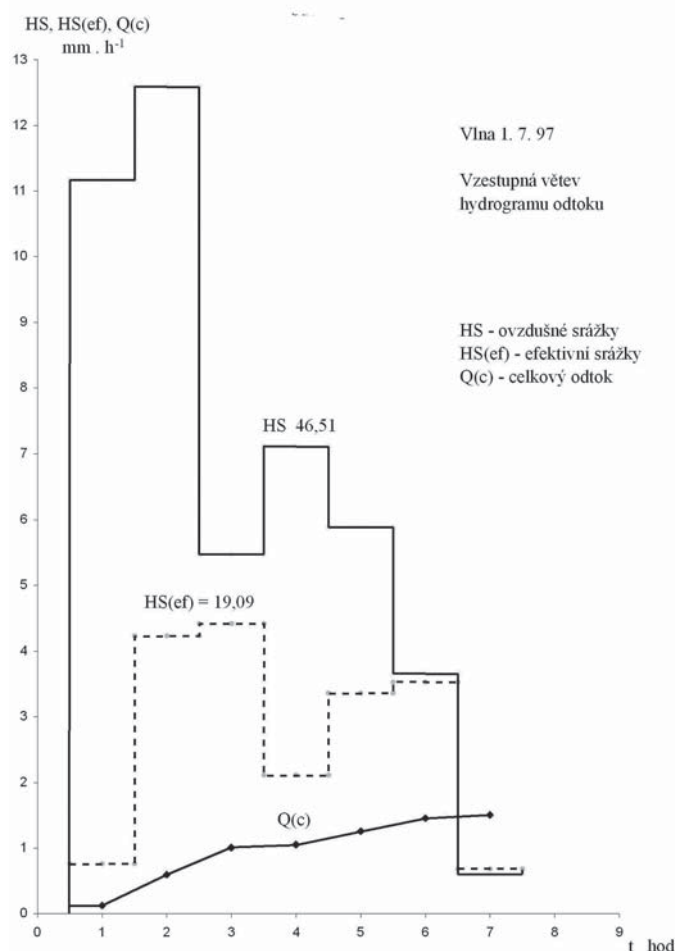
MATERIÁL A METODA

Pro analýzu byly vybrány dvě typické povodňové vlny s periodicitou $N = 1$ rok, jedna před odvodněním, druhá po odvodnění lokality „U Dvou louček“ (UDL). Povodí má plochu 32,6 ha a nachází se ve vrcholové partii Orlických hor v k. ú. Řičky 880 – 920 m n. m. Na podkladu ruly a svoru se zde vytvořily půdní typy humusový podzol a kambizem (hnědá a šedá lesní půda humusová) s lokálním ložiskem rašelinného gleje. Lesní vegetaci tvoří lesní typy 7K3, 7P1 a 7T1. Kvartérní pokryv je tvořen deluviálními a fluviodeluviálními písčitými hlínami a jílovitými hlínami s vysokou příměsí skeletu (20 – 50 %). Mocnost kvartérního pokryvu je 1 – 2 m.



Obr. 1-1. Průběh srážek a efektivní srážky a celkového odtoku před odvodněním

Rainfall (HS) and excessive rainfall (HS(ef)) waveforms and total outflow (Qc) before drainage



Obr. 1-2.

Průběh srážek a efektivní srážky a celkového odtoku po odvodnění Rainfall (HS) and excessive rainfall (HS(ef)) waveforms and total outflow (Qc) after drainage

Z hydrogeologického hlediska patří povodí ke krystaliniku Orlických hor. Ve vrcholové partii povodí je hladina podzemních vod zakleslá několik metrů pod povrchem terénu, odkud se část infiltrované vody vzdouvá na příčných tektonických hranicích savorů a rul, které působí hydraulické bariéry, do půdního profilu ve středu lokality, ve vlhkých periodách až k povrchu terénu. Na tektonických zlomech vznikají četné přirozené pramenní vývěry.

Dlouhodobé roční průměry činí u ovzdušných srážek 1 350 mm, u odtoků 910 mm a u územního výparu 440 mm. Vodoteč odvodňující povodí je přítokem Anenského potoka v povodí Řičky. Průměrná roční teplota je 4,4 °C. Odvodnění bylo provedeno sporadickou sítí příkopů 60 – 70 cm hlubokých na 3 ha ve středu povodí. Podrobný popis povodí UDL obsahují publikace Hydrogeologický průzkum na lokalitě Řičky v Orlických horách – „U Dvou louček“ (ŠEDA 2003), Vliv obnovy hydrografické sítě devastované při imisních těžbách na odtokový proces (ČERNOHOUS 2003) a Příspěvek k hydrologické analýze povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách (ŠVIHLA, ČERNOHOUS, KULHAVÝ, ŠACH 2005).

Pro analýzu povodňových vln byla zvolena metoda lineárních nádrží (WESSELING 1973, VEN TE CHOW 1964, KRAIJENHOFF 1966, ŠVIHLA 1992) vycházející z rovnic pro jednotlivé složky odtoku.

VÝSLEDKY

Rozbor stoupající větve hydrogramů odtoku modelem tří lineárních nádrží (TLN)

Ve stoupající větvi HO je nutno pro analýzu modelu TLN znát vstupující efektivní srážky, a to zvláště pro jednotlivé složky (části povodí) HO. Ty jsou pro tuto analýzu neznámé, avšak z jednotlivých složek celkového průtoku je možno je vypočítat:

$$(1-1) \quad q(j,i) = q(j, i-1) \cdot c(j) + P(j,i) \cdot [1 - c(j)]$$

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ hodin}$$

$$j = z, p, pp$$

$$(1-2) \quad P(j,i) = \frac{q(j,i) - q(j, i-1) \cdot c(j)}{P(j,i) = [1 - c(j)]}$$

kde všechny hodnoty pravé strany rovnice (1-2) jsou známy. Součtem $P(j,i)$ ze všech tří složek povodí z, p, pp se dostane efektivní srážka celková pro čas $t = i$:

$$(1-3)$$

$$\sum_{j=1}^3 P(j,i) = \frac{q(z,i) - q(z, i-1) \cdot c(z)}{1 - c(z)} + \frac{q(p,i) - q(p, i-1) \cdot c(p)}{1 - c(p)} + \frac{q(pp,i) - q(pp, i-1) \cdot c(pp)}{1 - c(pp)}$$

$$j = 1 = z, \quad j = 2 = p, \quad j = 3 = pp.$$

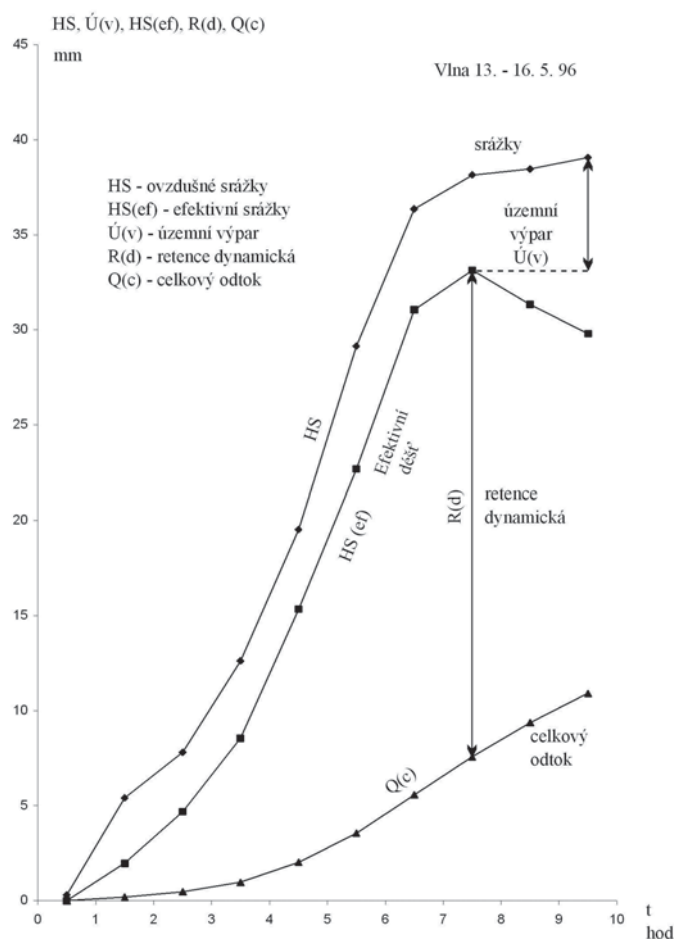
Součet vypočtených efektivních srážek musí dát objem celkového odtoku. Touto podmínkou je možné použití modelu TLN pro vzestupnou větev HO ověřit.

Pro povodňovou vlnu 1. 7. 1997 (po odvodnění) byl výsledek následující:

Efektivní srážka vypočtená modelem: 20,01 mm
 Objem celkového odtoku : 19,09 mm
 Rozdíl : 0,92 mm
 byl lineárně vyrovnán ($\epsilon = +0,048$).

Pro povodňovou vlnu 13. 5. – 16. 5. 1996 (před odvodněním) byl výsledek:

Efektivní srážka vypočtená modelem: 35,33 mm
 Objem celkového odtoku : 33,13 mm
 Rozdíl : 2,20 mm
 byl lineárně vyrovnán ($\epsilon = +0,066$).



Obr. 2-1.

Hydrologická bilance povodňové vlny před odvodněním

Hydrological balance of the flood event before drainage

HS – rainfall; HS(ef) – excessive rainfall; Ú(v) – evapotranspiration;
R(d) – dynamic retention; Q(c) – total outflow

Porovnáním průběhu napozorovaných ovzdušných srážek s průběhem efektivních srážek bylo zjištěno, že v obou vlnách pro $t = 7$ hod je modelem vypočtená efektivní srážka vyšší než srážka napozorovaná, v prvním případě o 4 mm, ve druhém případě o 8 mm. Bylo tedy přistoupeno ke druhé korekci, která upravila soulad mezi vyšší efektivních a skutečných ovzdušných srážek pro čas $t = 7$ hod. Výsledek je v obrázku 1-1, 1-2.

Pro optimalizované hodnoty $P(j,i)$ byla vypočtena hodnota parametrů $c(j)$ podle vztahu

$$(1-4) \quad c(j) = \frac{q(j,i) - P(j,i)}{q(j, i-1) - P(j,i)}$$

viz tabulku 1.

S optimalizovanými hodnotami parametrů $c(j)$ byl celý výpočet opakován. Souhlas původních (neoptimalizovaných) a optimalizovaných hodnot $P(i,j)$ je výborný. Pro vlnu 1. 7. 1997 celková odchylka pro $P(z,c)$ je $\varepsilon = 0,0013$, pro $P(p,c)$ je $\varepsilon = 0,0$ a pro $P(pp,c)$ je $\varepsilon = 0,042$. Pro vlnu 13. 5. – 16. 5. 1996 pro $P(z,c)$ je odchylka $\varepsilon = 0,082$, pro $P(pp,c)$ je $\varepsilon = 0,006$. Souhlas optimalizovaných průtoků s experimentálními je výjimečný, odchylky $\varepsilon \leq 0,002$.

Řešení v této kapitole umožnilo modelově stanovit parametry hydrologické bilance (HB) povodňových vln, což je obsahem následující kapitoly.

Parametry hydrologické bilance vzorových povodňových vln

Rovnice hydrologické bilance povodňové vlny (HB) pro povodí „U Dvou louček“ lze definovat výrazy

$$(2-1) \quad HS = Q(z) + Q(p) + Q(pp) + \dot{U}(v) + R(st) \quad [mm]$$

HS – objem ovzdušných srážek

$Q(z)$, $Q(p)$, $Q(pp)$ – úhrn odtoku z lineárních nádrží z , p , pp

$\dot{U}(v)$ – objem územního výparu

$R(st)$ – objem retence vody v povodí po odtoku povodňové vlny

V době do kulminace odtokové vlny spadl odpovídající objem srážek, odtokly objemy odtokových složek vytvářejících vzestupnou větev HO, projevil se bilančně přibližně objem územního výparu a na povodí se akumuloval objem retenčně zadržené vody, tj. disponibilní vody v povodí v době kulminace odtokového excessu – velké vody $D(a)$. Protože je znám průběh HS, Q , $\dot{U}(v)$ a efektivní srážky HS(ef.), je možno určit základní parametry HB vybraných povodňových vln.

Rovnice 2-1 se upraví na tvar

$$HS - \dot{U}(v) = \Sigma Q + R(st) = D(a),$$

který určuje $D(a)$.

V odtokovém procesu se projevuje retence dynamická $R(d)$, tj. akumulovaná zásoba vody v povodí v době kulminace velké vody a retence statická $R(st)$, tj. voda, která zůstane v povodí po odtoku povodňové vlny.

Retence statická je

$$R(st) = D(a) - \Sigma Q$$

Retence dynamická

$$R(d) = \Sigma Q - \sum_{t=t(k)}^{t=1} Q$$

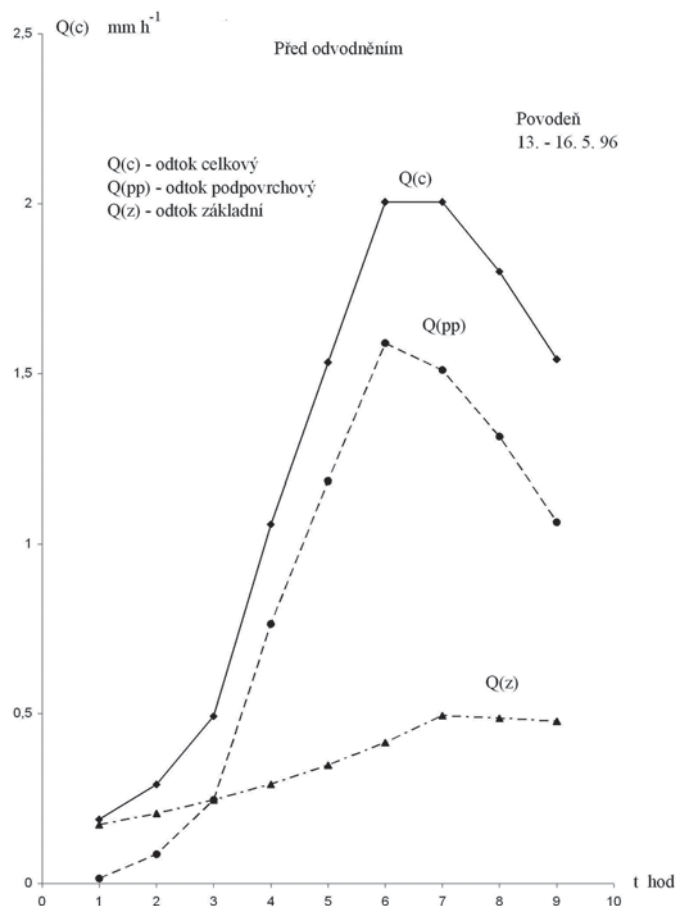
je rovna sumě povodňového odtoku snížené o sumu odtoku do doby kulminace velké vody $t(k)$. Je to voda zadržena v povodí v době kulminace velké vody, která v klesající větvi HO z povodí odeče.

Na základě provedené analýzy je možno sestavit HB pro povodí „U Dvou louček“ pro dvě vybrané reprezentační povodňové vlny (tab. 2).

Srážkovou vodu infiltrovanou do půdy a zadrženu půdou v době kulminace velké vody $R(p)$ reprezentuje

$$R(p) = R(st) + R(d) - \sum_{t=t(n)}^{t=t(k)} Q(p),$$

když $Q(p)$ se považuje převážně za odtok povrchový.



Obr. 2-2.

Odtok z lineárních nádrží před odvodněním

The linear-reservoirs outflow before drainage – analysis of rising limb of stormflow hydrograph in 13. – 16. 5. 1996; Q(c) – total outflow; Q(pp) – subsurface outflow; Q(z) – basic outflow

Objem vody v půdě v pórech gravitačních, tj. objem podpovrchové vody v době kulminace

v. v. je potom

$$R(d) - \sum_{t(n)}^{t=t(k)} Q(p) = R(pp)$$

t(n) – čas konce povodňové vlny.

$$JNF = \sum Q - \sum Q(p) = Q(pp) + Q(z) + R(st)$$

Graficky jsou výsledky této kapitoly uvedeny v obrázcích 2-1 až 2-4.

DISKUSE A ZÁVĚRY

Uplatnění teorie modelu TLN jako odtokového schématu z povodí „UDL“ vyplývá z analýzy hydrogramů v příspěvku I. (ŠVIHLA, ČERNOŠOUS, KULHAVÝ, ŠACH 2007). Analýza ukazuje, že odtokové schéma se může skládat i z jiného počtu lineárních nádrží, např. dvou, po případě i více než tří. Uplatněné schéma odpovídá teorii tří

zdrojových ploch, po případě odtokových oblastí s pomalým, středně rychlým a rychlým odtokem.

Při použití modelu TLN jsou velkou překážkou praktického užití výpočty vzestupné větve HO, které vyžadují určení velikosti efektivní srážky a její separaci na dílčí hodnoty pro jednotlivé zdrojové oblasti (lineární nádrže). Analytické řešení tohoto problému je neuskutečnitelné, řešení má více neznámých než použitelných rovnic. To vyžaduje užití složitých iterací, které nejsou předmětem tohoto řešení.

Předpokládaná analýza je proto zaměřena na určování dílčích efektivních srážek z naměřených hodnot průtoků a výsledků jejich separace prostřednictvím modelu lineárních nádrží pro vzestupnou větev HO.

Pro poklesovou větev HO byly odtoky z jednotlivých lineárních nádrží vypočteny bez problémů, protože pro tento případ platí efektivní dešť $P(e,i) = 0$. Souhlas modelových a experimentálních dílčích průtoků je výtečný a je jasným důkazem použitelnosti modelu TLN pro popis HO z povodí UDL. Souhlas naměřených a modelem vypočtených odtoků dokazuje přednost určení parametrů modelem TLN $\alpha(i)$ a $c(j)$ grafoanalytickou metodou, použitou ve statii I. (ŠVIHLA, ČERNOŠOUS, KULHAVÝ, ŠACH 2007). Tento závěr odpovídá i dřívějším pracím z této problematiky (ŠVIHLA 1992).

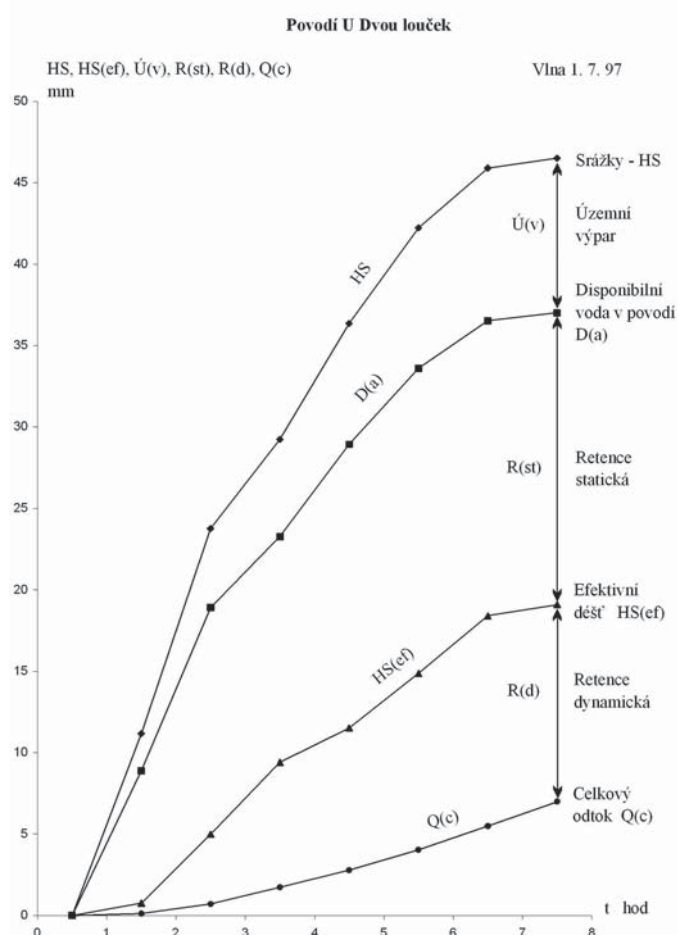
Rovněž výpočet dílčích efektivních srážek modelem TLN pro vzestupnou větev HD prokázal oprávněnost použitého modelu. Pro $t = 7$ hod. obě vlny daly vyšší modelové hodnoty efektivní srážky než naměřené srážky ovzdušné. Příčinou je velký rozdíl mezi kulminačními a následujícími průtoky. Zřejmě se uplatnila akumulace efektivních srážek v období do kulminace povodňových vln. Byla proto provedena korekce výpočtů podle rovnice 2.2.-1. soustředěním efektivních srážek do časového intervalu $1 \leq t \leq 6$ hod. a s vyrovnáním efektivních srážek a srážek ovzdušných pro $t = 7$ hod.

Celý proces modelových výpočtů byl opakován pro korigování hodnoty efektivních srážek. Rozdíly korigovaných a původních hodnot efektivních srážek jsou minimální a svědčí o flexibilitě modelu TLN. Rovněž odvozené hodnoty $c(j)$ na korekci již prakticky nereagovaly.

Praktická použitelnost modelu TLN pro stanovení odtoků z povodí UDL byla tedy provedenou analýzou prokázána.

Výsledky provedené analýzy byly prakticky použity k výpočtu hydrologické bilance vybraných povodňových vln (tab. 2). Před odvodněním střední části povodí na ploše 3 ha otevřenými příkopy povodňovou vlnu tvořily jen odtok pomalý a středně rychlý (z, pp). Půda byla kapilárně nasycena srážkami předcházejících období, disponibilní voda v povodí všechna otekla, na odtokovou ztrátu připadlo 15 % ovzdušných srážek. Objemový součinitel odtoku $C(obj) = 0,85$ byl vysoký. Retence vody v povodí v době kulminace povodňové vlny byla 65 % spadlých ovzdušných srážek, což svědčí o jejich vysoké transformaci retencí v povodí a tím i o velmi efektivním snížení kulminace velké vody a prodloužení povodňového průtoky. Použije-li se zjednodušená schematizace hydrogramů odtoku, pak při 52 % plnění dynamického retenčního prostoru povodí je skutečná kulminace velké vody asi jednu třetinu potenciální kulminace velké vody bez účinku retence v povodí.

Při ztotožnění rychlého odtoku převážně s odtokem povrchovým a dynamické retence s odtokem podzemním se dynamická retenční kapacita lesních půd povodí UDL naplnila z 52 % při nulové retenci statické. Pak $D(a)$ je totožné s infiltrací ovzdušných srážek do půdy. Do půdy infiltrovalo 85 % ovzdušných srážek, které gravitačními póry v půdě oteklo. Maximální podzemní odtok byl $5,57 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$, což odpovídá velmi dobře propustné a gravitačními póry vysoce drénované lesní půdě.



Obr. 2-3.

Hydrologická bilance povodňové vlny po odvodnění

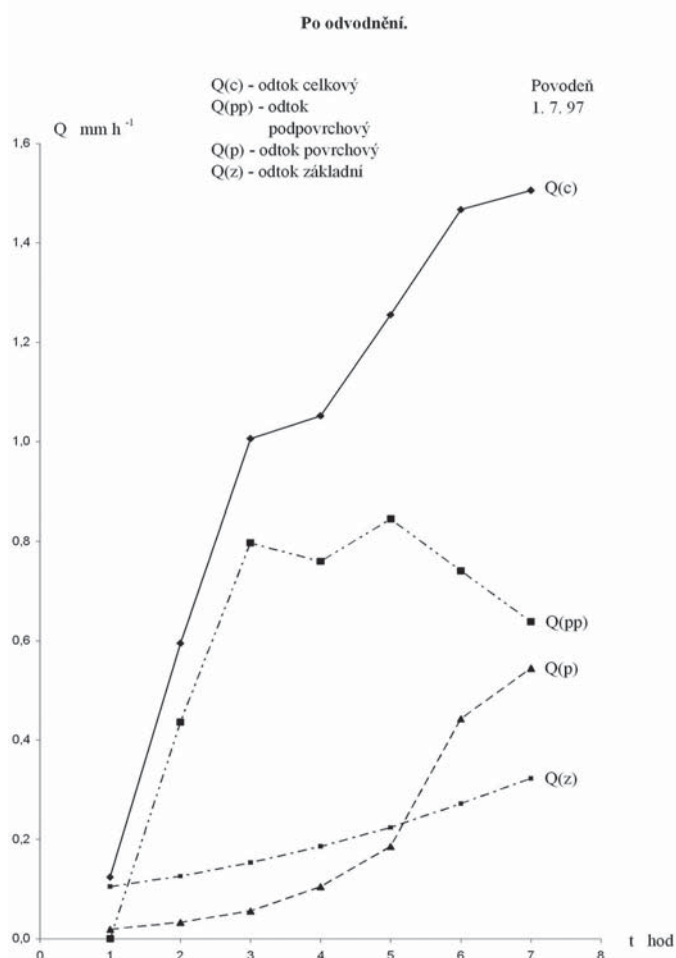
Hydrological balance of the flood event after drainage; HS – rainfall; $\dot{U}(v)$ – evapotranspiration; $D(a)$ – water available in catchment; $R(st)$ – static retention; $HS(ef)$ – excessive rainfall; $R(d)$ – dynamic rainfall; $Q(c)$ – total outflow

Po odvodnění se ve vybrané povodňové vlně objevil navíc ve srovnání se stavem před odvodněním odtok zrychlený, který můžeme považovat za převážně povrchový, vyvolaný přibližně sítí odvodňovacích příkopů. Před příchodem vlny byla lesní půda povodí nasycena jen z části.

Retence statická se zvýšila o 20 % retenční kapacity statické, retence dynamická o 24 % retenční kapacity dynamické, retence celková o 19 % retenční kapacity celkové. Disponibilní voda z 52 % otekla, ze 48 % obohatila zásobu půdních vod. Ze spadlých ovzdušných srážek oteklo 41 %, 20 % se vrátilo do ovzduší územním výparem a 39 % bylo půdou trvale zadrženo.

V době kulminace velké vody bylo v povodí zadrženo 63 % ovzdušných srážek (u první vlny 65 %), což jen potvrzuje vysokou regulaci ovzdušných srážek povodím UDL. Při zjednodušení geometrické schematizace hydrogramu odtoku velkých vod a při využití 22 % celkového retenčního prostoru povodí je skutečná kulminace přibližně 36 % (u první vlny 33 %) potenciální kulminace velkých vod bez účinku retence v povodí.

Celkový odtok z povodí se sestával ze 14 % z odtoku zrychleného (přibližně povrchového), ze 44 % z odtoku středně rychlého (převážně



Obr. 2-4.

Odtok z lineárních nádrží po odvodnění

The linear reservoirs outflow after drainage (rising hydrograph limb concerning flood event 1. 7. 1997); $Q(c)$ – total outflow; $Q(pp)$ – subsurface outflow; $Q(p)$ – surface outflow; $Q(z)$ – basic outflow

podpovrchového) a ze 42 % z odtoku pomalého (převážně základního). Za těchto předpokladů infiltrovalo do půdy 74 % ovzdušných srážek (u první vlny 84 %) a gravitačními póry z půdy oteklo 35 % ovzdušných srážek a 39 % jich bylo půdou zadrženo. Maximální odtok gravitačními póry v půdě byl $2,66 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ (48 % kulminačního podzemního odtoku první vlny), což stejně jako u první vlny svědčí o vysoké drenážní schopnosti gravitačních pórů půd povodí UDL. Nižší kulminační průtok podzemní vody ve druhé vlně je způsoben nižším procentem nasycené lesní půdy povodí vodou.

Kulminační průtok povrchové vody $1,51 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ je přibližně ukazatelem účinnosti příkopového odvodnění. Protože jde o drenážní systém sporadický, průtok $1,51 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ je rovněž velmi vysoký a potvrzuje účinnost drenáže otevřenými příkopy i vysokou drenážní schopnost odvodněných půd. Prudký vzestup rychle reagujícího odtoku nastal po 4 hodinách od nástupu povodňové vlny a byl provázen poklesem odtoku středně rychlého (podpovrchového). To signalizuje markantní nástup průsaku do sítě otevřených příkopů odvodnění po 4 hodinách od počátku infiltrace, potvrzený prudkým vzestupem celkového odtoku při jasném poklesu srážek, viz obrázek 2-4.

Lze tedy konstatovat, že matematicko-fyzikální model TLN dobře vystihuje naměřené průtoky a dává navíc výsledky, které výstižně charakterizují srážko-odtokový proces v povodí U Dvou louček. Dalším úkolem je odvodit matematicko-fyzikální postup pro stanovení dílčích efektivních srážek hydrogramu odtoku použitím složitých iterací pro soustavu rovnic, která má více neznámých, než je počet modelem daných rovnic.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ s finančním příspěvím NAZV, projektu č. 1 G 570 16 „Srážko-odtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací - povodní a sucha“.

LITERATURA

- ČERNOŠOU, V.: Vliv obnovy hydrografické sítě devastované při imisních těžbách na odtokový proces. Písemný rozbor literatury pro státní doktorskou zkoušku. Praha: ČZU, Lesnická fakulta, 2003. 47 s.
- CHOW, W. T.: Handbook of applied hydrology. New York: Mc Graw-Hill, 1964. 584 s.
- KRAIJENHOFF, VAN DE LEUR, SCHULZE, F. E., O'DONNELL, F.: Recent trends in hydrograph synthesis. In: Proc. of Technical meeting 21. The Hague: Comm. for Hydrological Research T. N. O. 13, 1966, 103 s.
- ŠEDA, S.: Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách - U Dvou louček. Závěrečná zpráva. Ústí nad Orlicí: Orlická hydrogeologická společnost, 2003. 12 s., 19 příl.
- ŠVIHLA, V.: Výzkumný objekt Ovesná Lhota. Monografie. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1992. 154 s.
- ŠVIHLA, V., ČERNOŠOU, V., KULHAVÝ, Z., ŠACH, F.: Příspěvek k hydrologické analýze povodí U Dvou louček v Orlických horách. In: Soil and Water. Scientific Studies. 4/2005. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2005. s. 95-105.
- ŠVIHLA, V., ČERNOŠOU, V., KULHAVÝ, Z., ŠACH, F.: Analýza povodňových vln jako nástroj studia odtokového procesu na malém lesním povodí. II. Hydrologická analýza sestupné větve hydrogramu odtoku matematicko-fyzikálním modelem lineárních nádrží pro povodí „U Dvou louček“ v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 52, 2007, č. 4, s. 374 - 381.
- WESSELING, J.: Subsurface flow into drains. Theories of field drainage and watershed runoff. Publ. no. 16. 1973, vol. 11. Wageningen: ILRI 1973.

Tab. 1.

Výsledky optimalizace parametru c(j)

Parameter c(j) optimization results

Odtokováoblast ¹	Povodňová vlna 13. 5. – 16. 5. 1996 ²		Povodňová vlna 1. 7. 1997 ²	
	hodnoty parametrů c(j)/values of c(j) parameters			
	modelové ³	experimentální ⁴	modelové ³	experimentální ⁴
z	0,984	0,983	0,972	0,970
p	0,847	0,833	0,687	0,660
pp	-	-	0,888	0,860

Explanation note: ¹ - outflow area; ² - flood events; ³ - calculated model values; ⁴ - based on experiment

Tab. 2.

Hydrologická bilance vybraných povodňových vln povodí UDL

Hydrological balance of chosen flood events in UDL catchment

Parametr/ Parameter	Povodňová vlna/Flood event			
	Před odvodněním/Before drainage 13. 5. – 16. 5. 1996		Po odvodnění/After drainage 1. 7. 1997	
	objem/volume mm	pozn./note	objem/volume mm	pozn./note
HS	39,0		46,5	
Ú(v)	5,9	E(t) + J(t)	9,5	E(t) + J(t)
D(a)	33,1		37,0	
Q(p)	–		2,7	$\sum_{t=K}^{t=1} Q(p) = 2 \text{ mm}$
Q(pp)	12,8		8,3	
Q(z)	20,3		8,1	
ΣQ	33,1		19,1	
$\sum_{t=t(k)}^{t=1} Q$	7,6		7,5	
R(d)	25,5	33,1 – 7,6	11,6	19,1 – 7,5
R(st)	0,0	D(a) – ΣQ	17,9	D(a) – ΣQ
R(c)	25,5	zadrženo v době kulminace velké vody v povodí	29,5	zadrženo v době kulminace velké vody v povodí
Z	5,9	Ú(v) + R(st)	27,4	Ú(v) + R(st)
R(pp)	25,5	25,5 – 0 = R(d)	10,9	$11,6 - 0,7$ $\sum_{t(n)}^{t(k)} Q(p) = 0,7$
R(p)	25,5	R(st) + R(pp)	28,8	R(st) + R(pp)
JNF	33,1	Q(pp) + Q(z)	34,3	Q(pp)+Q(z)+R(st)

E(t) – evapotranspirace/evapotranspiration

J(t) – interception/interception

R(c) – retence celková/total retention

Z – voda mimo odtokový proces/water excluded from the outflow process

JNF – voda infiltrovaná do půdy celkem/total water infiltration into soil

R(p) – retence celková/total retention

R(pp) – retence podpovrchové vody/retention of subsurface water

zadrženo v době velké vody v povodí/retained during flood event

Analysis of stormflow hydrograph as a tool to study runoff process in a small forested catchment

II. Hydrologic analysis of rising limb of stormflow hydrograph based on the mathematically-physical model of linear reservoirs applied in the “U Dvou louček” catchment, the Orlické hory Mts., Eastern Bohemia

Summary

The small forested catchment “U Dvou louček” (UDL) represents experiment of an air-polluted forest restoration situated within a clear cut. When the mature spruce stands had been logged over, the core area of catchment waterlogged via high ground water table. In order to manage outflow, drainage ditches were made within the core area of catchment. The results prove that:

- Three-linear-reservoirs method (TLN) is a proper mathematically-physical model fitting measured flows; furthermore results characterize a precipitation-outflow process within the UDL catchment.
- During flood culmination roughly 63% of precipitation was retained (during event before drainage was retained 65% of precipitation); ability to retain precipitation water confirms high rate of outflow regulation within the UDL catchment. 22%-filling of catchment retention capacity leads to transformation of culmination events; culmination after drainage was 36% and before drainage 33% of potential culmination without retention.
- The outflow consists of accelerated (surface) outflow (14%), medium-fast (subsurface) outflow (44%), and slow (basic) outflow (42%) after drainage; 74% of precipitation infiltrated into soil after drainage and 84% before drainage; 35% of precipitation drained away through soil gravity pores and 39% of precipitation was retained in soil.
- Static retention increased by 20% of static retention capacity, dynamic retention increased by 24% of dynamic retention capacity and total retention increased by 19% of total retention capacity.

Recenzováno

Hospodaření v lesích, ovlivňování kvality prostředí a možnost redukce emisí oxidu uhličitého - případová studie ze středního švédska

Hospodaření v lesích se ve Švédsku soustřeďuje hlavně na obnovu biomasy a sekvestraci uhlíku a zachování biodiversity. Tyto dva hlavní cíle není však lehké plnit, protože v některých případech jeden vylučuje druhý.

Na základě mezinárodních úmluv si švédský parlament stanovil vytvořit ekologicky hodnotné lesy, tj. zvětšit plochy dospělých porostů s větším podílem listnatých stromů a udržovat plochy se staršími porosty. V období 2008 až 2012 je plánováno dosáhnout snížení dopadů skleníkových plynů o 4 %.

Cílem této studie bylo zjistit možnosti redukce emisí CO₂ lesními porosty, objem produkce biomasy a ekonomické důsledky těchto cílů pro majitele lesa. Bylo vypracováno 6 scénářů hospodaření, v kterých byly simulovány tzv. prozatímní cíle 1 a 2. Cíl 1 předpokládá, že 26 800 ha lesní půdy, což je 6,9 % zalesnění v okrese Uppsala, nebude dřevařský průmysl využívat pro své účely. Cíl 2 zahrnuje dvě položky: zvětšení plochy dospělých lesních porostů starších 60 let s větším zastoupením listnatých stromů (alespoň 25 % výčetní základny) na 10 %, což představuje 2 800 ha, a zvětšení plochy porostů starších 120 let na alespoň 6 %, tj. 600 ha.

Zpracování jednotlivých scénářů přineslo následující výsledky. Produkce sušiny byla vyšší ve smíšených porostech s dobou obmýti 90 let a nejnižší v monokulturách s dobou obmýti 120 let. Zanedbatelný rozdíl v produkci sušiny vykazovaly jak čisté, tak smíšené porosty s dobou obmýti 60 a 90 let. Smíšené porosty složené ze smrku a břízy produkovaly vyšší podíl sušiny než smrkové monokultury, ale produkce sušiny u smrku byla o 8 až 13 % ve smíšených porostech nižší ve srovnání se smrkovými monokulturami. Z vyhodnocení časového úseku 360 let se ukazuje, že ve zkrácené době obmýti (90 – 120 let) je produkováno více smrkového dřeva, v delších dobách obmýti (120 let) se získá více vláknoviny.

Objem uhlíku uloženého v biomase byl v monokulturách a smíšených porostech s 12letým obmýtím 85 a 82 mg.ha⁻¹, 90leté obmýti vykazovalo hodnoty 70 a 72 mg.ha⁻¹, zatímco kratší doba obmýti přinesla 46 a 42 mg.ha⁻¹. Pro získání odpadu použitelného pro výrobu biopaliva se zdá být nejvýhodnější 60letá doba obmýti, i když častější těžba znamená vyšší náklady na energii, dopravu a štěpkování. Výsledky studie ukázaly, že pohlcování emisí CO₂ se snížilo o 27 % v případě prodloužení obmýti o 30 let při 6% rozšíření lesních pozemků.

Staré lesní porosty s dobou obmýti 120 let, bez ohledu na to, zda se jednalo o smrkovou monokulturu nebo smíšený les smrku a břízy, produkovaly nižší množství biomasy. Prodloužená doba obmýti také vykazovala snížený potenciál pohlcování emisí CO₂. Z toho vyplývá, že delší doba obmýti má vliv jak na produkci biomasy, tak na pohlcování emisí CO₂. Delší obmýti ovlivňuje negativně produkci smrkového dřeva, ale je výhodná pro pohlcování emisí uhlíku. Smíšené lesy břízy a smrku sice nemají tak velký vliv na redukci emisí CO₂ ve srovnání se smrkovými monokulturami, ale ukládání uhlíku je v těchto porostech vyšší.

Pro získání ucelenějšího obrazu o oběhu uhlíku v lesních porostech je nutno zkoumat další faktory, které tento proces ovlivňují,

jako hospodářská strategie, předpovídaný vzrůst globálních teplot, různé půdní podmínky a jiné přírodní vlivy.

Forestry, 2007, vol. 80, no. 2, s. 99-111.

Kp

Vliv velikosti, růstu a konkurence na mortalitu bukových semenáčků přirozeně vysemeněných

Mortalita semenáčků v mladých lesních porostech vzniklých z náletu je díky jejich hustotě a nedostatečnému vzrůstu vyšší. Pro určení dynamiky regenerace a dalšího vývoje porostu je třeba vytvořit model dalšího vývoje porostu na základě spolehlivých údajů.

Výzkum zabývající se touto problematikou probíhal v severovýchodní Francii poblíž Nancy v porostu buku vzniklého z náletu (*Fagus sylvatica* L.). Bylo vybráno pět ploch o rozměrech 27 až 120 m², kde se nacházelo 2 415 semenáčků buku lesního z náletu v různém typu zápoje. Průměrná hustota semenáčků na plochách se pohybovala od 2,5 do 19,0 na 1 m². Vzhledem k cíli výzkumu – analýze účinku světla a mezidruhové konkurence – byly na plochách odstraněny keře, semenáčky jiných druhů lesních dřevin a travní porost a jejich růst po dobu výzkumu kontrolován.

Na jaře 1998 byly všechny semenáčky na plochách označeny a zaneseny do mapy a až do roku 2004 byly všechny semenáčky jak živé, tak uhynulé dokumentovány. Každý rok v březnu byly změněny výška a tloušťka každého rostoucího semenáčku. Na začátku výzkumu byla průměrná výška semenáčků 31 cm a tloušťka 4,2 mm, na konci roku 2003 dosáhla výška hodnoty 145 cm a tloušťka 15 mm. Vzhledem k povětrnostním podmínkám (bouřka) byla mortalita semenáčků nejvyšší v roce 1999, a potom v roce 2002 a 2003, kdy ji lze přičítat vzrůstající konkurenci v porostu.

Každoroční měření ukázala, že přežití semenáčků závisí spíše na tloušťce než na výšce, že určujícím faktorem je počáteční tloušťka, nikoliv výškový růst.

Byly vypracovány logistické modely, ve kterých proměnná veličina byla definována pro všechny živé semenáčky na začátku každého roku a všechny uhynulé semenáčky byly ze souboru odstraněny; velikost, růst a konkurence byly nezávisle proměnné. Věk semenáčků ani klimatické podmínky nebyly vzaty v úvahu. Na základě logistických modelů byly získány údaje o tloušťkovém růstu ve vztahu k místním podmínkám a počáteční velikosti semenáčků. Určení pravděpodobnosti úhynu semenáčků na základě aktuálního růstu je nejistá a je podstatně ovlivněna místními podmínkami.

Forestry, 2007, vol. 80, no. 4, s. 359-370.

Kp

Vliv různých druhů zápoje smrkových porostů na růst a mortalitu podsadeb

Během posledních dvou desetiletí je snahou lesnictví v severní a střední Evropě přeměnit smrkové a borové porosty na smíšené lesy s převahou listnatých druhů. Tuto přeměnu lze provádět mnoha způsoby, jedním z nich je podsadba dřevinami tolerujícími zástín, např. bukem lesním.

V severním Švédsku byl proveden pokus ve 40letém porostu s převahou smrku. V porostu byla uskutečněna probírka a těžba tak, aby vznikly náhodné plochy s porosty se čtyřmi různými typy horní etáže. Na oplocených plochách se nacházely jasan, buk, lípa, javor, smrk, dub a třešeň. Každá plocha byla částečně ošetřena insekticidy vždy v červnu 2001, 2002 a 2003. Klimatické podmínky od května do září v období 2001 – 2004 odpovídaly průměru posledních 30 let. Srpen 2002 byl velmi teplý, více srážek spadlo během května a června téhož roku, také období květen – září v roce 2004 bylo srážkově nadprůměrné, zatímco v srpnu a září roku 2002 a 2003 byly srážky podprůměrné.

Cílem pokusu bylo zjistit stupeň prostupnosti světla a jeho účinky na růst vysazených dřevin, a vliv hmyzu na přežití různých druhů podsadů. Mortalita semenáčků byla zaznamenávána vždy v říjnu 2001, 2002, 2003 a 2004. Během vegetační sezony 2004 byla pro každý semenáček vysazených dřevin, který byl v říjnu 2003 živý, stanovena pravděpodobnost přežití jako funkce velikosti semenáčku, jeho růstu a světelné dostupnosti.

Výsledky výzkumu prokázaly podstatnou mezidruhovou variabilitu mezi jednotlivými podsadbami. Na všech plochách byl zjevný přírůstek výšky a tloušťky všech dřevin kromě jasanu a javoru. Mortalita těchto dvou dřevin byla vysoká. Růst dubu a smrku ztepilého byl přímo úměrný hustotě zápoje a oba druhy dobře přežívaly na všech pokusných plochách. Výškový a tloušťkový růst buku, lípy a třešně byl na vzestupu ve všech typech zápoje kromě uvolněného zápoje. Nedostatečný růst třešně ve všech typech zápoje může být způsoben konkurencí okolní vegetace nebo nedostatečnou zásobou živin v půdě. Aplikace insekticidů během prvních 3 let neovlivnila růst nebo přežití žádného semenáčku vysazených dřevin.

Při porovnávání dřevin s ohledem na jejich schopnost přežít se vysazené dřeviny mohou členit podle jejich tolerance ke světlu. Z tohoto hlediska je buk nejméně citlivý na dostupnost světla, dub, smrk a lípa vykazují střední toleranci a nejméně tolerantní je třešeň, jasan a javor. Pokud se vysazené dřeviny porovnávají podle jejich růstu při dobrých světelných podmínkách, pak javor a jasan přirůstají nejméně, třešeň, lípa a smrk středně, a buk a dub nejlépe. Tento rozpor je nutno nejspíš připsat neschopnosti některých dřevin přizpůsobit se stanovišti.

Pokus ukázal, že buk a lípu lze využít pro podsadby do smrkového porostu i v hustém zápoji. Avšak vzhledem ke krátkému období průběhu pokusu je možné, že dlouhodobější pozorování by mohla přinést zcela odlišné výsledky.

Forestry, 2007, vol. 80, no. 4, s. 371-384.

Kp

Rostou lépe vyseté nebo vysázené semenáčky buku lesního pod zápojem smrku ztepilého?

Přeměna smrkových monokultur na smíšené s hlavním podílem buku lesního lze provádět dvěma metodami, a to setím a sázením semenáčků. Výhody a nevýhody těchto dvou metod byly zkoumány ve dvou porostech smrkových monokultur v jižním Bavorsku. Pokus zahrnoval šest způsobů úprav: 3x přímý výsev, 2x výsadba sazenicemi a 1x přirozená regenerace. Velikost každé plochy byla 18 x 18 m, každá parcela určená pro výsev zahrnovala 81 vzorníkových jednotek o rozměru 0,5 m². Přímý výsev se uskutečnil na 18 náhodně vybraných parcelách, takže bylo vyseto 2 916 jedno-

tek. Semena byla pokryta vrstvou minerální půdy a částečně povápněna. Výsadba byla provedena na 12 parcelách, metody výsadby se lišily podle typu vysazovaných sazenic.

Pro porovnání výsevu a výsadby byly v průběhu let 1997 až 2003 analyzovány tyto údaje získané od 9 vysetých a 9 vysázených semenáčků: délka kmene, průměr kmene 3 cm nad zemí, od roku 1998 do roku 2003 byly u 200 semenáčků měřeny délka a tloušťka větví, index objemu kmene byl vypočítán jako násobek výšky semenáčku a tloušťky kmene odmocněno na druhou.

Výsledky pozorování ukázaly, že růst vysetých i vysázených bukových semenáčků jako podsadba do smrkových porostů není těmito různými způsoby výsadby ovlivněn, rozdíly byly pozorovány v průběhu růstu. Vyseté semenáčky potřebují více času, aby se vyrovnaly semenáčkům z výsadby. Výsadba bukových sazenic je výhodnější než jejich výsev, ale přesto lze oba typy výsadby doporučit jako podsadbu do porostů smrku ztepilého. Mnohem více rozdílů bylo zjištěno v rámci jednotlivých sad než mezi osivem a sazenicemi.

Při výběru způsobu zalesňování je nutno také zvážit ekonomická hlediska, tzn. dostupnost osiva nebo sazenic, typ stanoviště, vybavení technickým zařízením, zručnost personálu a další faktory.

Forestry, 2007, vol. 80, no. 4, s. 385-395.

Kp

Dlouhodobé monitorování rekreačních aktivit v městských lesích

Zájem obyvatel o rekreaci v městských lesích vzrůstá, je třeba ho uspokojovat a zároveň udržovat lesní porosty v dobré kondici. Za tímto účelem byla vybrána plocha 194 ha příměstského lesa tvořeného převážně bukem a dubem západně od Vídně. Tento lesní porost, částečně spravován jako přírodní rezervace, je veřejnosti snadno dostupný. V dosahu parku žije přibližně 4 000 obyvatel. Využívání lesa bylo studováno po dobu jednoho roku (říjen 2003 – říjen 2004) pomocí sčítání návštěvníků a dotazníkovou akcí na internetových stránkách. Data byla získávána pomocí videa, nainstalovaného u dvou hlavních vchodů do lesa, a pozorovateli přímo v terénu.

Během celoročního pozorování park navštívilo 8 630 lidí, z toho největší skupinu uživatelů tvořili chodci (67,7 %), následování běžci (12,3 %), pak lidé se psy (9,7 %), cyklisté (7,9 %) a lidé provozující tzv. Nordic walking (2,2 %). Souhrnně převažovalo individuální využívání parku, hlavně cyklisty, lidé provozující Nordic walking se naopak shromažďovali do větších či menších skupin. Stálými návštěvníky jsou lidé venčící psy, více lidí navštíví les v době volna a v letním období. V rámci jednotlivých skupin byla frekvence návštěvnosti různá v závislosti na účelu pobytu, na ročním období a příslušnosti jednotlivců k různým skupinám (pracující, děti, cyklisti, apod.).

Toto dlouhodobé monitorování návštěvnosti lesa umožňuje vlastníkům lesa, v tomto případě městské lesní správě, naplánovat úpravy lesa, jako např. nové cyklistické trasy pro zimní období, zvýšit kontrolu v lese v době víkendů, zajistit úklid sněhu v zimě. Na základě zájmu o nový typ rekreace, tzv. Nordic walking, lesní správa vybudovala 6 km nových tras s různým stupněm obtížnosti terénu.

Studie se také zabývala možnostmi vzniku konfliktů mezi jednotlivými skupinami, nikoliv však skutečnými konflikty. Tento problém by se měl řešit v budoucnu na základě ankety mezi návštěvníky.

Ze studie také vyplynulo, že se bude zvyšovat počet žen využívajících les pro své sportovní aktivity, mohou se také objevit nové sportovní aktivity a proto bude nezbytné toto monitorování zopakovat.

Forestry, 2007, vol. 80, no. 1, s. 1-15.

Kp