

VÝVOJ KVANTITATÍVNEJ PRODUKCIE SMREKOVÉHO PORASTU S ROZDIELNYM VÝCHODISKOVÝM POČTOM SADENÍC A SPÔSOBOM VÝCHOVY

QUANTITATIVE PRODUCTION OF SPRUCE STANDS WITH DIFFERENT INITIAL SPACING AND TENDING REGIME

IGOR ŠTEFANČÍK

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

Results of a twenty-year investigation of relationship between silviculture measures and production in 40-year-old afforested spruce pole-stage stand located in a mountain region are presented in the paper. The stand was established by four different spacings: (i) 1.5×1.0 m, (ii) 2.5×1.0 m, (iii) 2.5×1.5 m, (iv) 2.5×2.5 m. For each of these spacings three alternatives were investigated in relation to the method of tending: geometrical treatment, selective treatment, no treatment. During the period of our research, the mentioned stand was affected twice by a snow break. Based on the investigation of quantitative production analysis the most favourable results for selective method of tending should be concluded. Under the given conditions, the spacing 2.5×1.5 m with initial density of 2667 individuals per hectare and/or a lower number of plants showed the best results.

Klíčové slová: smrek, rôzny spon, rozdielna výchova, kvantitatívna produkcia, poškodenie snehom

Key words: spruce, different spacing, different tending, quantitative production, snow-break

ÚVOD

Smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.) patrí na Slovensku podobne ako v Českej republike medzi najvýznamnejšie a z hľadiska lesného hospodárstva aj medzi najdôležitejšie lesné dreviny. Na Slovensku zaberá 25,5 % porastovej pôdy, takže je po buku (31,6 %) druhou plošne najrozšírenejšou drevinou (SPRÁVA 2010). Vďaka svojim biologicko-ekologickým vlastnostiam je nezastupiteľnou súčasťou najmä horských lesov Slovenska, s dominantným zastúpením v 7. lesnom vegetačnom stupni, kde v súčasnosti zaberá 87,4 % z výmery, pričom jeho pôvodné zastúpenie v tomto vegetačnom stupni bolo 75,1 % (VLADOVIČ et al. 2011).

Na základe poznatkov z minulosti i súčasnosti možno konštatovať, že z hľadiska pestovania, resp. výchovy smrekových porastov patrí táto drevina medzi najprepracovanejšie.

Okrem poznania najvhodnejších výchovných postupov (prebierkových metód) je jednou z kľúčových otázok ich racionálneho obhospodarovania aj stanovenie optimálnej hustoty kultúr pri zakladaní porastov v konkrétnych rastových podmienkach. V zahraničí sa tejto problematike venovala náležitá pozornosť (PROKOPJEV 1983; RAZIN 1991; BRAASTAD 1970; NILSSON 1994), podobne ako aj v Čechách a na Slovensku (MRÁČEK 1983; PISKUN 1972, 1984). Počiatočný spon, resp. hustota založenej kultúry má význam pre ďalší vývoj porastu najmä z hľadiska kvalitatívnej produkcie (KRAMER et al. 1971;

PISKUN 1972; KAIRIUKŠTIS, MALINAUSKAS 2001), ale tiež z aspektu vývoja koreňovej sústavy (JALOVIAR, SMOLEK 2004) a parametrov kvantitatívnej produkcie (BRAASTAD 1979; ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2002).

Vzťahu medzi počiatočným sponom kultúr a rastom mladých lesných porastov, resp. žrdkovín a žrdovín sa venovalo viacero prác najmä v zahraničí (MRÁČEK, PAŘEZ 1986). Sledoval sa najmä hrúbkový a výškový vývoj, resp. objemová produkcia. V tejto súvislosti je zaujímavá publikácia VYSKOTA (1984), ktorý posudzoval vzťah medzi produkčnou funkciou smrekového porastu a verejnoprospešnými funkciami (rekreačnou, hydrickou) v závislosti od jeho začiatočného sponu.

Podstatne viacej publikácií sa venovalo sledovaniu vývoja smrekových porastov pri aplikovaní rôznych prebierkových metód (MRÁČEK, PAŘEZ 1986), resp. porovnaniu rôznych spôsobov výchovy – schematický, selektívny, kombinovaný (HOLODYNSKI 1995; SANIGA 1996; CHROUST 1988; KAMENSKÝ, ŠTEFANČÍK 1990; ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2002).

Cieľom tejto práce bolo vyhodnotiť zmeny v porastovej štruktúre a kvantitatívnych ukazovateľoch 40ročného smrekového porastu v závislosti od začiatočného sponu a spôsobu výchovy za obdobie 20 rokov.

MATERIÁL A METODIKA

Objektom výskumu bol smrekový porast v rastovej fáze žrdkoviny až žrdoviny na sérii trvalej výskumnej plochy (TVP) Biely Váh – Luksová, ktorá sa nachádza v obvode lesnej správy Biely Váh, odštepny závod Liptovský Hrádok. Predmetnú TVP založil PISKUN (1972) za účelom výskumu optimálneho počtu sadeníc na hektár v smrekových porastoch. Podrobná charakteristika TVP Biely Váh – Luksová je v tab.1.

Sériu TVP tvorí 12 čiastkových plôch, každá s výmerou 0,09 ha, pričom na štyroch sa aplikovali geometrické (schematické) zásahy, na ďalších štyroch sa vykonávajú selektívne zásahy – úrovňová voľná prebierka v zmysle ŠTEFANČÍKA (1984), a štyri čiastkové plochy sú bez zásahov (kontrolné). Čiastkové plochy sa odlišujú sponom (A, B, C, D), resp. východiskovým počtom stromov, ktoré sa sledujú v troch opakovaní, ktoré zároveň predstavujú spôsob výchovy. V prvom (dolnom) rade sa plochy A₁, B₁, C₁ a D₁ vychovávali schematickými zásahmi. Na polovici plochy D₁ sa pri 1. meraní v roku 1990 vykonalo vyvetvovanie, kým druhá ostala bez zásahu. V druhom (strednom) rade plochy A₂, B₂, C₂ a D₂ zostali bez zásahu ako kontrolné. V treťom (hornom) rade sa plochy A₃, B₃, C₃ a D₃ vychovávali selektívnymi metódami. Náčrt TVP aj s jednotlivými variantmi sponu a opakovaniami je na obr. 1.

Od založenia plochy do roku 1990, t.z. do veku porastu 20 rokov sa nerobili žiadne pestovné zásahy. Neskôr boli vykonané 3 výchovné zásahy (1990, 1996 a 2000) spolu s biometrickými meraniami, ktoré boli spracované a publikované (ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2002). Na prelome rokov 2002/2003 plochy postihla snehová kalamita, v dôsledku čoho bolo veľa stromov poškodených, resp. odstránených, takže pri následnom 4. biometrickom meraní v roku 2005 sa do porastu neza-

sahovalo. Snehová kalamita sa však zopakovala aj neskôr, takže ani pri 5. biometrickom meraní v roku 2010 sa v poraste nevykonala žiadny úmyselný zásah.

Na všetkých čiastkových plochách sú stromy očíslované s označením meriska hrúbky vo výške 1,3 m. Na TVP sa od roku 1990 vykonávajú kompletné biometrické merania očíslovaných stromov v súlade so štandardnými metodikami, ktoré sú vypracované pre dlhodobý výskum pestovno-produkčných otázok prebierok. V rámci nich sa okrem kvantitatívnych znakov (hrúbka d_{1,3}, výška stromu, rozmery koruny pri horizontálnej projekcii) hodnotili stromy aj podľa pestovnej a hospodárskej klasifikácie s orientáciou na pestovanie stromov výberovej kvality (cieľových a nádejných stromov). Z hľadiska fytotechniky sa na plochách so selektívnou výchovou aplikovali dve metódy, a to metóda nádejných a metóda cieľových stromov, a na štyroch plochách sa pri prvých troch meraniach aplikoval geometrický zásah (obr. 1).

Výsledky sa spracovali štandardnými metódami používanými pri výskume pestovno-produkčných vzťahov v prebierkových porastoch (ŠTEFANČÍK 1984), pričom zásoba, resp. objem hrubiny sa vypočítal osobitne pre každý variant (spôsob výchovy) podľa Gründner-Schwappachových objemových tabuliek. Pre výpočet základných štatistických charakteristík sa použil program Excel a QC Expert, resp. pre zisťovanie štatistickej významnosti rozdielov analýza variancie ANOVA.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tab. 2 uvádzame úbytok počtu stromov za 18 rokov, t.z. od východiskového stavu (založenia TVP) po začiatok sledovaní z hľadiska výchovy. Vidno, že za uvedené obdobie ubudlo relatívne vyrovná-

Metóda CS/ Method of crop trees	Metóda CS/ Method of crop trees	Metóda NS/ Method of promising trees	Metóda NS/ Method of promising trees
2,5 × 1,5 m C ₃	2,5 × 2,5 m D ₃	1,5 × 1,0 m A ₃	2,5 × 1,0 m B ₃
Bez zásahu/ No treatment 2,5 × 2,5 m D ₂	Bez zásahu/ No treatment 1,5 × 1,0 m A ₂	Bez zásahu/ No treatment 2,5 × 1,0 m B ₂	Bez zásahu/ No treatment 2,5 × 1,5 m C ₂
Geometrický zásah/ Geometric treatment 1,5 × 1,0 m A ₁	Geometrický zásah/ Geometric treatment 2,5 × 1,0 m B ₁	Geometrický zásah/ Geometric treatment 2,5 × 1,5 m C ₁	Vyvetvenie 5 me- dziradov* Bez zásahu 6 medzira- dov** 2,5 × 2,5 m D ₁

30 m

30 m

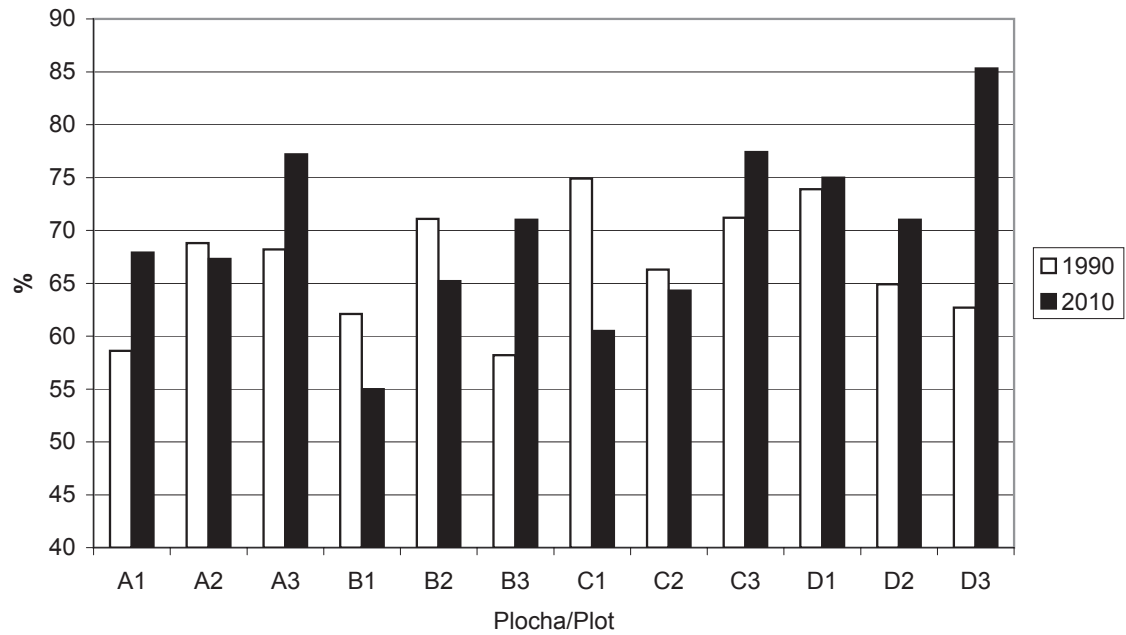
* Pruning in five interlines; ** No treatment in six interlines

Obr. 1.

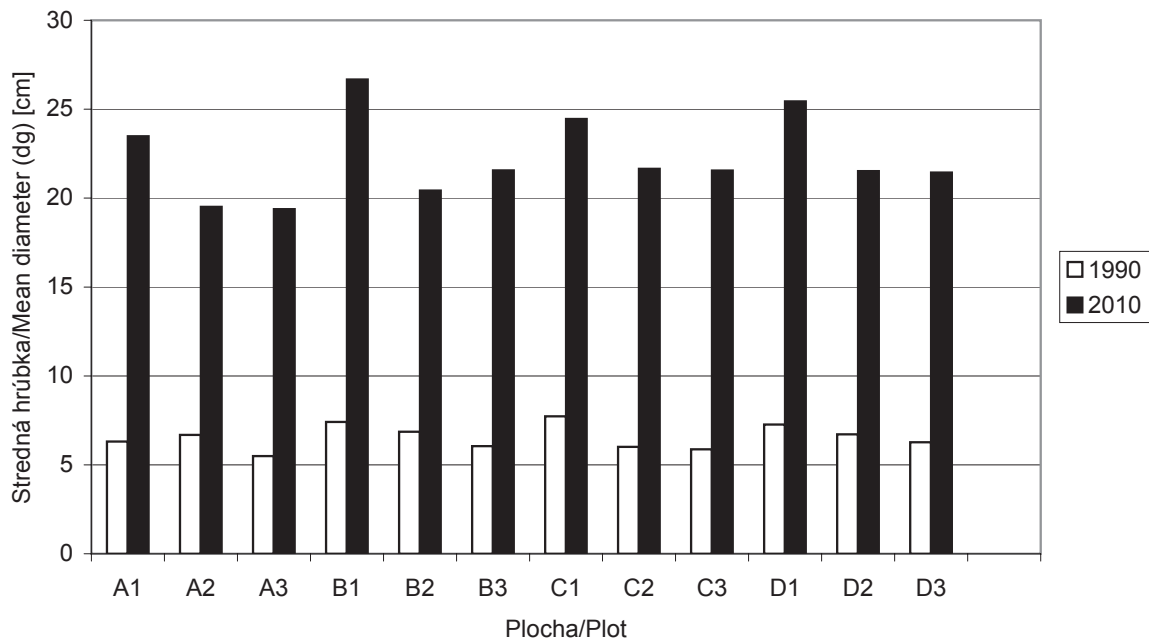
Schéma série TVP Biely Váh – Luksová s metódami ich výchovy; A, B, C, D – varianty sponu; indexy 1, 2, 3 – opakovania sponov, resp. rady plôch

Fig. 1.

Schematic presentation of the permanent research plots Biely Váh – Luksová and the methods of their tending; A, B, C, D – alternatives of spacing; index 1, 2, 3 – replication of spacing and/or plot lines



Obr. 2.
 Podiel stromov v úrovni porastu (1. + 2. stromová trieda) na začiatku výskumu (1990) a po 20 rokoch (2010)
Fig. 2.
 Proportion of the crown level of the stand (1st + 2nd tree class) in initial stage of the research (1990) and after 20 years (2010)



Obr. 3.
 Hodnoty strednej hrúbky (dg) hlavného porastu za obdobie 20 rokov
Fig. 3.
 Mean diameter (dg) values of the main stand during 20 years

Tab. 1.

Základné charakteristiky série trvalých výskumných plôch (TVP) Biely Váh – Luksová

Basic characteristics of the permanent research plots (PRP) Biely Váh – Luksová

Charakteristika/Characteristic	TVP/PRP Biely Váh – Luksová
Založenie TVP/Establishment of PRP	1972
Vek porastu [roky]/Stand age [yr]	20 (v roku 1990/in 1990)
Absolútna bonita/Site index	32
Geomorfologický celok/Geomorphologic unit	Kozie Chrby
Expozícia/Exposition	S/North
Nadmorská výška/Altitude [m]	1100
Sklon /Inclination [%]	14
Geologický podklad/Parent rock	vápence/limestones, dolomity/dolomites
Pôdny typ/Soil unit	rendzina zo svahoviny vápenca a dolomitu/ rendzina of slope deposit of limestones and dolomites
Lesný vegetačný stupeň/Forest altitudinal zone	6. smrekovo-bukovo-jedľový/Spruce-beech-fir
Ekologický rad/Ecological rank	živný/fertile mesophilous
Hospodársky súbor lesných typov/ Management complex of forest types	611 – živné jedľovo-bukové smrečiny/ fertile fir-beech sprucewoods
Skupina lesných typov/Forest type group	<i>Abieto-Fagetum</i> (AF) v.st./higher locations
Lesný typ/Forest type	6302 nitrofilná nízkobylinná jedľová bučina v.st./ nitrifying low-herbaceous fir beechwoods (higher locations)
Priemerná ročná teplota/ Average annual temperature [°C]	5
Priemerný ročný úhrn zrážok [mm.rok ⁻¹]/ Sum of average annual precipitation [mm.year ⁻¹]	1140

Tab. 2.

Zmeny počtu stromov na TVP Biely Váh – Luksová

Changes of number of trees on the permanent research plots Biely Váh – Luksová

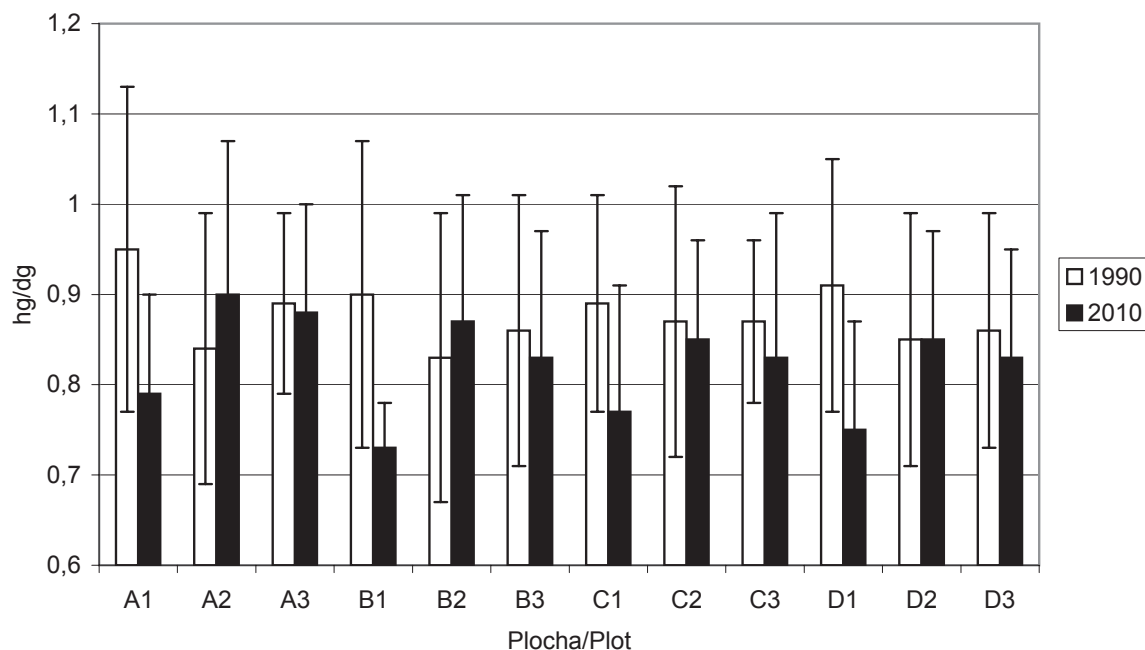
Plocha/ Plot	Spon/ Spacing	Východiskový stav r. 1972/ Initial state in 1972	Úbytok v období 1972 až 1990/ Decrease from 1972 to 1990	Počet stromov pred 1. zásahom/ Number of trees per hectare before the first treatment	
	[m]	[ks.ha ⁻¹]	[ks.ha ⁻¹]	[ks.ha ⁻¹]	
A ₁			2156	32,3	4511
A ₂	1,5 × 1,0	6667	2078	31,2	4589
A ₃			1956	29,3	4711
A			2063	30,9	4604
B ₁			1067	26,7	2933
B ₂	2,5 × 1,0	4000	1078	27	2922
B ₃			1478	37	2522
B			1208	30,2	2792
C ₁			500	18,7	2167
C ₂	2,5 × 1,5	2667	823	30,9	1844
C ₃			700	26,2	1967
C			674	25,3	1993
D ₁			322	20,1	1278
D ₂	2,5 × 2,5	1600	333	20,8	1267
D ₃			322	20,1	1278
D			326	20,4	1274

Tab. 3.

Vývoj taxačných veličín smreka a ich úbytok na plochách s geometrickým zásahom
Development of measured parameters of spruce and their decrease on the plots with geometric treatment

Plocha/ Plot	Taxačná veličina/ Measured parameter	Vek [roky]/ Age [yr]	Združený porast/ Total stand [abs.ha ⁻¹]	Úbytok (podružný porast)/Decrease (secondary crop)			Sila zásahu/ Thinning intensity		Hlavný porast/Main stand [abs.ha ⁻¹]
				Prebierka žijúce stro- my/Thinning of living trees [%]	Uschnuté stromy/Dead trees [%]	Iný úbytok/ Other decrease [%]	[abs.ha ⁻¹]	[%] spolu/ altogether	
	N	20	4511	47,8	-	-	2155	47,8	2356
	ks.ha ⁻¹	35	1033	-	17,2	3,2	211	20,4	822
		40	822	-	-	24,3	200	24,3	622
A ₁	G	20	14,2	48,2	-	-	6,84	48,2	7,36
	m ²	35	25,6	-	4,3	1,8	1,57	6,1	24,03
		40	31,44	-	-	14,4	4,52	14,4	26,92
V _{7b}		20	22,8	49,7	-	-	11,34	49,8	11,46
	m ³	35	206,9	-	2,9	1,4	9	4,3	197,9
		40	282,32	-	-	12,6	35,7	12,6	246,62
	N	20	2933	50,4	-	-	1478	50,4	1455
	ks.ha ⁻¹	35	444	-	5	22,5	122	27,5	322
		40	322	-	3,4	27,6	100	31	222
B ₁	G	20	12,62	50,3	-	-	6,35	50,3	6,27
	m ²	35	13,37	-	0,6	11,5	1,62	12,1	11,75
		40	15,5	-	0,7	19,3	3,1	20	12,4
V _{7b}		20	29,15	50,6	-	-	14,75	50,6	14,4
	m ³	35	109,25	-	0,2	9,5	10,71	9,7	98,54
		40	144,6	-	0,4	17,5	25,8	17,9	118,8
	N	20	2167	33,8	-	-	733	33,8	1434
	ks.ha ⁻¹	35	822	-	1,3	10,8	100	12,1	722
		40	722	-	12,3	29,2	300	41,5	422
C ₁	G	20	10,28	34,4	-	-	3,54	34,4	6,74
	m ²	35	22,78	-	0,2	6,6	1,57	6,8	21,21
		40	27,31	-	4,5	23	7,5	27,5	19,81
V _{7b}		20	25,71	35	-	-	9,01	35	16,7
	m ³	35	186,58	-	0,1	5,7	10,79	5,8	175,79
		40	245,75	-	3,4	22,2	62,81	25,6	182,94
	N	20	1278	-	-	-	-	-	1278
	ks.ha ⁻¹	35	666	-	4,9	23,3	188	28,2	478
		40	478	-	4,6	30,3	167	34,9	311
D ₁	G	20	5,31	-	-	-	-	-	5,31
	m ²	35	17,08	-	0,9	12,1	2,22	13	14,86
		40	19,67	-	2	17,7	3,87	19,7	15,8
V _{7b}		20	11,99	-	-	-	-	-	11,99
	m ³	35	138,51	-	0,6	10,1	14,76	10,7	123,75
		40	180,44	-	1,5	15,6	30,92	17,1	149,52

N – number of trees per hectare; G – basal area; V_{7b} – Volume of the timber to the top of 7 cm



Obr. 4.

Hodnoty pomeru hg/dg na začiatku výskumu a po 20 rokoch

Fig. 4

Values of hg/dg ratio at the initial stage of the research and after 20-year investigation

né množstvo jedincov v dvoch variantoch sponu, a to v najhustejšom A (29,3 až 32,3 %), v priemere 30,9 % a v najredšom D (20,1 až 20,8 %), v priemere 20,4 %. V ostatných dvoch variantoch sponu (B a C) vykazoval úbytok jedincov väčšiu variabilitu. Podľa očakávania bol najväčší úbytok stromov na plochách s najmenším sponom, resp. so znižujúcou sa hustotou porastu klesal. Rozdiel medzi najhustejšou a najredšou plochou činil v priemere 10,5 %. Z literatúry je známe, že najväčší úbytok je v prvom roku, resp. ďalších 2–3 rokoch po výsadbe. Tieto straty sa v ročnom priemere pohybujú v rozpätí 10–12 % (PIŠKUN 1984), niekde i viac (16–17 %) (MRÁČEK, PAŘEZ 1986). Z tohto pohľadu možno hodnotiť úbytok jedincov za 18 rokov na predmetnej sérii TVP ako pomerne nízky, čo však mohlo byť spôsobené aj napr. doplňovaním kultúr po výsadbe, nakoľko o tom nemáme žiadnu informáciu.

Porastová štruktúra

Obr. 2 charakterizuje percentuálny podiel stromov, ktoré tvoria porastovú úroveň (1. + 2. stromová trieda) na začiatku výskumu v roku 1990 a po 20 ročnom sledovaní v roku 2010. Vidno, že pred začiatkom uskutočňovania výchovných zásahov bolo zastúpenie úrovne viac alebo menej vyrovnané na všetkých čiastkových plochách, pričom v priemere za jednotlivé spony (A, B, C, D) sa pohybovalo od 64 do 71 %. Po 20 rokoch došlo k minimálnym zmenám zastúpenia stromov v porastovej úrovni pri všetkých sponoch. Najviac na plochách s najredším sponom (D₁, D₂, D₃), kde z celkového počtu stromov na úroveň pripadalo 77 %, a najmenej na plochách s druhým najhustejším sponom (B₁, B₂, B₃), kde to činilo 64 %. Pokiaľ porovnáme spôsob výchovy, najväčšie zmeny sa zaznamenali na plochách so selektívnou výchovou (A₃, B₃, C₃, D₃), kde došlo k zvýšeniu podielu úrovňových stromov. Tieto zmeny sú výsledkom prirodzeného vývoja (výškových presunov), resp. na zasahovaných plochách dôsledkom výchovných zásahov. Významný podiel mali hlavne dve snehové kalamity, ktoré postihli predovšetkým tenšie jedince nižších stromových tried, čo zis-

tili v smrekových porastoch aj iní autori (napr. PAŘEZ 1972; BRAASTAD 1979; SLODIČÁK 1983).

Na obr. 3 sú zmeny strednej hrúbky (d_g) hlavného porastu za sledované obdobie 20 rokov, z ktorého vyplýva, že v absolútnom vyjadrení sa najviac zvýšila na plochách s geometrickým zásahom (o 16,7 až 19,3 cm) a najmenej na kontrolných plochách (o 12,8 až 14,8 cm). Zároveň sa hodnoty d_g zvyšovali aj so zväčšujúcim sa sponom, čo zistil aj BRAASTAD (1979) v 28ročnom smrekovom poraste, kde hodnotil 4 spony (od $1,2 \times 1,2$ m do 3×3 m). Rovnako aj stredná výška (h_g) sa najviac zvýšila (o 12,0 až 12,9 m) na všetkých plochách s geometrickým zásahom (okrem plochy C₂), resp. najnižší nárast bol na kontrolných plochách (o 11,9 a 12,1 m) s najhustejším sponom (A₂, B₂). Tieto poznatky korešponujú s výsledkami PIŠKUNA (1984), ktorý sledoval kvantitatívne ukazovatele smrekových kultúr vo veku 11–18 rokov a tiež MRÁČKA, PAŘEZA (1986), ktorí hodnotili výškový rast dvoch 30ročných smrekových porastov, ale aj KAMENSKÉHO a ŠTEFANČÍKA (1990) a CHROUSTA (1988, 1997). Podobne NILSSON (1994), ktorý porovnával štyri spony smreka tiež zistil najvyššie hodnoty hrúbky a výšky pri spone $2,5 \times 2,5$ m.

Výchovné zásahy v mladých smrekových porastoch sú zamerané predovšetkým na zabezpečenie priaznivej statickej stability (PAŘEZ 1972; SLODIČÁK 1983; CHROUST 1997; SLODIČÁK, NOVÁK 2007), ktorú možno najviac ovplyvniť správnu výchovou do veku 25–30 rokov. Jej najčastejším ukazovateľom sú hodnoty štíhlostného kvocientu, ktoré sú ako pomer h_g/d_g znázornené na obr. 4. Pred uskutočňovaním výchovy boli jeho hodnoty pre hlavný porast pomerne vyrovnané (od 0,83 do 0,95). Po 10ročnej výchove, resp. 20ročnom vývoji porastu (vrátane dvoch snehových kalamít) došlo na plochách s geometrickým aj selektívnym zásahom k zníženiu (pri geometrickom zásahu štatisticky významnému, resp. pri selektívnom nevýznamnému, pre $\alpha = 0,05$), kým na kontrolných plochách (okrem plochy C₂ s pôvodným sponom $2,5 \times 1,5$ m) naopak k zvýšeniu (štatisticky nevýznamnému pre $\alpha = 0,05$) hodnôt podielu h_g/d_g . Rovnaké zistenia uvádzajú aj

Tab. 4.

Vývoj taxačných veličín smreka a ich úbytok na plochách bez zásahu
Development of measured parameters of spruce and their decrease on the plots without treatment

Plocha/ Plot	Taxačná veľičina/ Measured parameter	Vek [roky]/ Age [yr]	Združený porast/Total stand [abs.ha ⁻¹]	Úbytok (podružný porast)/Decrease (secondary crop)				Hlavný porast/Main stand [abs.ha ⁻¹]
				Uschnuté stro- my/Dead trees	Iný úbytok/ Other decrease	Sila zásahu/ Thinning intensity		
				[%]		[abs.ha ⁻¹]	[%] spolu/together	
	N	20	4589	-	-	-	-	4589
	ks.ha ⁻¹	35	3211	15,6	35,6	1644	51,2	1567
		40	1567	14,2	48,9	989	63,1	578
A ₂	G	20	16,08	-	-	-	-	16,08
	m ²	35	43,04	4,8	21,9	11,50	26,7	31,54
		40	36,41	6,7	45,9	19,13	52,6	17,28
	V _{7b}	20	25,52	-	-	-	-	25,52
	m ³	35	324,47	2,0	17,8	64,37	19,8	260,10
		40	364,57	7,4	50,9	212,59	58,3	151,98
	N	20	2922	-	-	-	-	2922
	ks.ha ⁻¹	35	2311	10,6	37,5	1111	48,1	1200
		40	1200	7,4	50,0	689	57,4	511
B ₂	G	20	10,79	-	-	-	-	10,79
	m ²	35	35,24	2,8	24,1	9,48	26,9	25,76
		40	30,77	1,9	43,8	14,05	45,7	16,72
	V _{7b}	20	19,23	-	-	-	-	19,23
	m ³	35	274,43	1,2	20,6	59,93	21,8	214,50
		40	262,41	1,0	42,3	113,70	43,3	148,71
	N	20	1844	-	-	-	-	1844
	ks.ha ⁻¹	35	1755	7,6	33,6	722	41,2	1033
		40	1033	19,4	35,4	566	54,8	467
C ₂	G	20	5,23	-	-	-	-	5,23
	m ²	35	28,19	1,4	25,1	7,47	26,5	20,72
		40	26,19	5,1	29,3	9,00	34,4	17,19
	V _{7b}	20	7,38	-	-	-	-	7,38
	m ³	35	222,87	0,3	23,4	52,91	23,7	169,96
		40	222,81	2,6	27,3	66,52	29,9	156,29
	N	20	1267	-	-	-	-	1267
	ks.ha ⁻¹	35	1222	5,5	9,1	178	14,6	1044
		40	1044	3,2	23,4	277	26,6	767
D ₂	G	20	4,49	-	-	-	-	4,49
	m ²	35	30,12	1,0	3,3	1,29	4,3	28,83
		40	35,19	2,0	18,8	7,31	20,8	27,88
	V _{7b}	20	7,99	-	-	-	-	7,99
	m ³	35	257,17	0,4	2,5	7,39	2,9	249,78
		40	316,89	1,8	18,0	62,88	19,8	254,01

N – number of trees per hectare; G – basal area; V_{7b} – Volume of the timber to the top of 7 cm

Tab. 5.

Vývoj taxačných veličín smreka a ich úbytok na plochách so selektívnym zásahom
Development of measured parameters of spruce and their decrease on the plots with selective treatment

Plocha/ Plot	Taxačná veličina/ Measured parameter	Vek [roky]/ Age [yr]	Združený porast/ Total stand [abs.ha ⁻¹]	Úbytok (podružný porast)/Decrease (secondary crop)					Hlavný porast/Main stand [abs.ha ⁻¹]
				Prebierka žijúce stromy/ Thinning of living trees [%]	Uschnuté stromy/ Dead trees [%]	Iný úbytok/ Other decrease [%]	Sila zásahu/ Thinning intensity		
							[abs.ha ⁻¹]	[%] spolu/ altogether	
	N	20	4711	16,0	-	-	755	16,0	3956
	ks.ha ⁻¹	35	2289	-	22,3	21,8	1011	44,2	1278
		40	1278	-	10,4	32,2	545	42,6	733
A ₃	G	20	11,94	21,5	-	-	2,57	21,5	9,37
	m ²	35	29,59	-	4,6	11,7	4,82	16,3	24,77
		40	31,20	-	4,3	26,5	9,59	30,8	21,61
	V _{7b}	20	10,55	28,5	-	-	3,01	28,5	7,54
	m ³	35	201,58	-	0,9	8,4	18,71	9,3	182,87
		40	256,94	-	3,3	25,1	73,04	28,4	183,90
	N	20	2522	24,7	-	-	622	24,7	1900
	ks.ha ⁻¹	35	1533	-	17,4	17,4	533	34,8	1000
		40	1000	-	5,5	25,6	311	31,1	689
B ₃	G	20	7,01	22,0	-	-	1,54	22,0	5,47
	m ²	35	27,13	-	3,6	10,5	3,83	14,1	23,30
		40	30,58	-	2,1	15,7	5,45	17,8	25,13
	V _{7b}	20	9,11	16,6	-	-	1,51	16,6	7,60
	m ³	35	199,36	-	1,2	8,8	20,02	10,0	179,34
		40	262,10	-	1,5	14,0	40,73	15,5	221,37
	N	20	1967	8,5	-	-	167	8,5	1800
	ks.ha ⁻¹	35	1478	-	8,3	13,5	322	21,8	1156
		40	1156	-	1,9	21,2	267	23,1	889
C ₃	G	20	5,55	12,3	-	-	0,68	12,3	4,87
	m ²	35	31,28	-	2,4	5,5	2,49	7,9	28,79
		40	37,44	-	0,6	12,8	5,03	13,4	32,41
	V _{7b}	20	6,73	14,7	-	-	0,99	14,7	5,74
	m ³	35	235,80	-	1,7	4,0	13,51	5,7	222,29
		40	324,99	-	0,4	11,4	38,27	11,8	286,72
	N	20	1278	-	-	-	-	-	1278
	ks.ha ⁻¹	35	1144	-	3,8	6,9	122	10,7	1022
		40	1022	-	4,3	21,7	266	26,0	756
D ₃	G	20	3,94	-	-	-	-	-	3,94
	m ²	35	26,19	-	0,8	2,0	0,71	2,8	25,48
		40	32,32	-	2,2	13,4	5,04	15,6	27,28
	V _{7b}	20	6,03	-	-	-	-	-	6,03
	m ³	35	201,84	-	0,4	1,1	3,11	1,5	198,73
		40	279,34	-	1,9	12,0	38,80	13,9	240,54

N – number of trees per hectare; G – basal area; V_{7b} – Volume of the timber to the top of 7 cm

Tab. 6.

Priemerný ročný hrúbkový prírastok (i_d) v jednotlivých periódach výskumu
Average annual diameter increment (i_d) in individual periods of investigation

Plocha/ Plot	Druh zásahu/ Type of treatment	i_d (1990–1999) \bar{x} (mm) \pm Sx	i_d (2000–2009) \bar{x} (mm) \pm Sx	i_d (1990–2009) \bar{x} (mm) \pm Sx
A ₁	Geometrický/Geometrical	7,54 \pm 2,57	7,22 \pm 2,15	7,98 \pm 1,80
A ₂	Bez zásahu/No treatment	3,84 \pm 2,12	4,53 \pm 1,93	5,18 \pm 1,64
A ₃	Selektívny/Selective	5,22 \pm 2,20	5,40 \pm 1,81	6,17 \pm 1,46
B ₁	Geometrický/Geometrical	8,16 \pm 2,20	8,68 \pm 2,26	8,99 \pm 1,73
B ₂	Bez zásahu/No treatment	4,72 \pm 2,19	5,21 \pm 2,15	5,82 \pm 1,63
B ₃	Selektívny/Selective	6,49 \pm 2,27	6,19 \pm 2,21	7,06 \pm 1,74
C ₁	Geometrický/Geometrical	8,09 \pm 2,00	6,92 \pm 2,51	7,80 \pm 2,12
C ₂	Bez zásahu/No treatment	6,57 \pm 1,94	6,25 \pm 2,10	7,08 \pm 1,61
C ₃	Selektívny/Selective	7,78 \pm 2,08	5,81 \pm 2,15	7,35 \pm 1,75
D ₁	Geometrický/Geometrical	8,20 \pm 2,28	7,68 \pm 2,12	8,68 \pm 2,00
D ₂	Bez zásahu/No treatment	8,50 \pm 2,12	5,08 \pm 1,57	7,08 \pm 1,34
D ₃	Selektívny/Selective	8,46 \pm 1,71	5,64 \pm 1,80	7,37 \pm 1,36

Tab. 7.

Štatistická významnosť rozdielov i_d medzi plochami s rovnakým začiatčným sponom podľa spôsobu výchovy
Statistical significance of differences of i_d between the plots with the same initial spacing according to the type of tending

Plocha/Plot	A ₁ - A ₂	A ₁ - A ₃	A ₂ - A ₃	B ₁ - B ₂	B ₁ - B ₃	B ₂ - B ₃
Obdobie/Period						
1990–1999	*	*	*	*	*	*
2000–2009	*	*	N	*	*	N
1990–2009	*	*	N	*	*	N
Plocha/Plot	C ₁ - C ₂	C ₁ - C ₃	C ₂ - C ₃	D ₁ - D ₂	D ₁ - D ₃	D ₂ - D ₃
Obdobie/Period						
1990–1999	*	N	*	N	N	N
2000–2009	N	N	N	*	N	N
1990–2009	N	N	N	N	N	N

N – štatisticky nevýznamný rozdiel (P > 0,05)/statistically insignificant difference (P > 0.05)

* štatisticky významný rozdiel (P < 0,05)/statistically significant difference (P < 0.05)

Tab. 8.

Štatistická významnosť rozdielov i_d medzi plochami s rovnakým spôsobom výchovy podľa sponu
Statistical significance of differences of i_d between the plots with the same type of tending according to the spacing

Plocha/Plot	A ₁ - B ₁	A ₁ - C ₁	A ₁ - D ₁	B ₁ - C ₁	B ₁ - D ₁	C ₁ - D ₁
Obdobie/Period						
1990–1999	N	N	N	N	N	N
2000–2009	N	N	N	N	N	N
1990–2009	N	N	N	N	N	N
Plocha/Plot	A ₂ - B ₂	A ₂ - C ₂	A ₂ - D ₂	B ₂ - C ₂	B ₂ - D ₂	C ₂ - D ₂
Obdobie/Period						
1990–1999	*	*	*	*	*	*
2000–2009	N	N	N	N	N	N
1990–2009	N	*	*	N	N	N
Plocha/Plot	A ₃ - B ₃	A ₃ - C ₃	A ₃ - D ₃	B ₃ - C ₃	B ₃ - D ₃	C ₃ - D ₃
Obdobie/Period						
1990–1999	*	*	*	*	*	N
2000–2009	N	N	N	N	N	N
1990–2009	N	N	N	N	N	N

N – štatisticky nevýznamný rozdiel (P > 0,05)/statistically insignificant difference (P > 0.05)

* štatisticky významný rozdiel (P < 0,05)/statistically significant difference (P < 0.05)

KAMENSKÝ a ŠTEFANČÍK (1990) v 20-ročnom smrekovom poraste TVP Turzovka – Semetės, ktorý má rovnaké spony i varianty výskumného programu ako TVP Biely Váh – Luksová. Pozitívny účinok geometrického zásahu a kombinovaného zásahu (geometrický+selektívny) na stabilitu smrekovej žrdkoviny s ohľadom na poškodenie snehom konštatuje aj SANIGA (1996), resp. schematickeho zásahu aj HOLODYN-SKI (1995), ktorý vyhodnotil účinky tohto zásahu v 28-ročnej smrekovej žrdkovine pri počiatocnom sponu 1,5 × 1,5 m. Vyššie hodnoty v porovnaní s tými zistenými na TVP Biely Váh – Luksová uvádza PISKUN (1984) na TVP Turzovka–Semetės, ale vo veku 11 rokov, keď sa hodnoty štíhlostného kvocienta pohybovali od 1,04 do 1,16, pričom so stúpajúcou hustotou porastu sa zvyšovali. Tento trend konštatoval aj NILSSON (1994) v 30-ročnom smrekovom poraste so štyrmi variantmi sponov (od 1 × 1 m do 2,5 × 2,5 m), ale rozdiely neboli štatisticky významné.

Kvantitatívna produkcia

Vývoj taxačných veličín a ich úbytok na plochách podľa spôsobu výchovy je uvedený v tab. 3–5. Vidno, že na plochách s geometrickými zásahmi (tab. 3) je po 20 rokoch najmenej stromov na ploche s pôvodným sponom 2,5 × 1,0 m (222 ks na 1 ha) a najviac stromov ostalo na ploche s najhustejším pôvodným sponom 1,5 × 1,0 m (622 ks.ha⁻¹). Na ploche s najredším sponom D₁, pri 1. meraní (vo veku 20 rokov) nebola žrdkovina ešte zapojená, a ani pri 2. meraní, t.z. vo veku 26 rokov zásah ešte nebol potrebný. Na ostatných plochách s geometrickým zásahom sa sila zásahu (prebieška žijúcich stromov) podľa G menila s plochou i poradím zásahu. Pri 1. zásahu bola najväčšia na ploche B₁ (50,3 %) a najmenšia na C₁ (34,4 %). Druhým zásahom sa najsilnejšie zasahovalo na ploche A₁ (38,3 %) a najslabšie opäť na ploche C₁ (28,6 %). Pri 3. zásahu sa najsilnejšie zasahovalo na plochách B₁ a D₁ (49,4 % a 47,0 %), resp. najslabšie na A₁ a C₁ (10,5 % a 15,7 % – ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2002). Treba podotknúť, že rôzna intenzita zásahov na plochách s geometrickým zásahom vyplýva z počtu odstránených radov pri jednotlivých zásahoch, ktoré sa navzájom odlišovali. CHROUST (1988) uvádza na ploche s geometrickým zásahom (sila 50 %) vo veku 30 rokov (spon 1,6 × 1,6 m) počet stromov (N) 1839 ks.ha⁻¹, kruhovú základňu (G) 36,88 m².ha⁻¹ a zásobu (V) 288,43 m³.ha⁻¹. Hodnoty zistené v tomto veku na TVP Luksová, ploche so sponom 1,5 × 1,0 m boli nižšie: N 1167 ks.ha⁻¹, G 19,21 m².ha⁻¹ a V 122,43 m³.ha⁻¹, čo bolo spôsobené intenzívnejším zásahom (77 %) v porovnaní s údajmi CHROUSTA (1988).

Na kontrolných plochách (tab. 4) sa pohyboval N od 467 do 767 ks.ha⁻¹, čo je nízky počet v porovnaní s ostatnými spôsobmi výchovy. Do poškodenia porastu snehovými polomami (prvé tri merania) bol najväčší úbytok stromov na kontrolných plochách v dôsledku samoperiedovania, pričom pri všetkých troch meraniach mal so znižujúcim sa sponom stúpajúcu tendenciu. Percento úbytku podľa N sa pohybovalo od 1,0 do 17,2 % (ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2002). Neskôr, v dôsledku snehovej kalamity však boli najviac postihnuté práve kontrolné (nevychovávavé) plochy, keď vo veku 35 rokov činil iný úbytok 9,1 až 37,5 % z počtu stromov, kým na plochách so selektívnou výchovou to bolo menej (6,9 až 21,8 %), resp. na plochách so schematickými zásahmi 3,2 až 23,3 %. Rovnaký trend sa potvrdil aj pri 2. snehovej kalamite vo veku 40 rokov, pričom sa ukázalo, že takmer vo všetkých prípadoch klesalo poškodenie snehom so zvyšujúcim sa iniciálnym sponom, pričom z hľadiska režimu výchovy bolo najnižšie poškodenie na plochách so selektívnou výchovou a najvyššie na kontrolných plochách (bez ohľadu na spon).

Z uvedeného vyplýva aj skutočnosť, že na plochách so selektívnou výchovou zostalo po troch zásahoch aj dvoch snehových kalamitách najviac stromov (tab. 5), s najvyšším počtom na ploche C₃, t.z. s počiatocným sponom 2,5 × 1,5 m (889 ks.ha⁻¹). Tento počet jedincov je hlavne v dôsledku silného poškodenia snehom v minulosti podstat-

ne nižší v porovnaní s plochami v podobných prírodných pomeroch i spôsobom výchovy (CHROUST 1997; SLODIČÁK, NOVÁK 2007).

V tab. 6 sú uvedené hodnoty priemerného ročného hrúbkového prírastku (i_d) zistené za jednotlivé periody. Zámerne je uvedený vývoj i_d za 3 obdobia, a to pred snehovou kalamitou (1990–1999), po snehovej kalamite (2000–2009) a za celé sledované obdobie 20 rokov (1990–2009). Štatistickú významnosť rozdielov medzi plochami (s rovnakým začiatocným sponom) v závislosti od spôsobu výchovy, resp. medzi plochami s rovnakým spôsobom výchovy podľa sponu prezentujú tab. 7 a 8. Vidno, že pri zisťovaní rozdielov podľa spôsobu výchovy (pri rovnakom počiatocnom sponu) platilo (až na dve výnimky) vo všetkých troch porovnávaných obdobiach, že najväčší i_d sa zistil na plochách s geometrickým zásahom a najmenší na kontrolných plochách. Rovnakú tendenciu zistil aj CHROUST (1988), ktorý porovnával ročný hrúbkový prírastok na ploche s geometrickým zásahom a kontrolnou plochou. Hodnoty, ktoré zistil sú aj v absolútnom vyjadrení podobné, resp. o málo nižšie ako hodnoty z TVP Luksová.

Pri analýze i_d v závislosti od sponu (pri rovnakom spôsobe výchovy) vidíme, že pri geometrických zásahoch boli vo všetkých troch sledovaných obdobiach najvyššie hodnoty i_d na plochách so začiatocným sponom 2,5 × 2,5 m, resp. 2,5 × 1,0 m. Na plochách bez zásahu až na jednu výnimku platilo, že so zväčšujúcim sa sponom sa zvyšovali aj hodnoty i_d . Na plochách so selektívnou výchovou platila táto závislosť (okrem obdobia 2000–2009), teda po snehovej kalamite pri všetkých sponoch.

Pri porovnaní i_d medzi jednotlivými obdobiami boli výsledky nejednoznačné vplyvom snehovej kalamity, čo potvrdili aj hodnoty i_d na kontrolných plochách v období po kalamite (2000–2009), ktoré práve pri dvoch najhustejších sponoch (1,5 × 1,0 m a 2,5 × 1,0 m) boli vyššie ako v období pred poškodením snehom. Tieto plochy boli najviac poškodené snehovou kalamitou, a tak reagovali na náhle uvoľnenie zvýšeným hrúbkovým prírastkom.

Najkomplexnejšiu informáciu o celkovom kvantitatívnom vývoji sledovaných porastov možno získať analýzou celkového úbytku stromov za 20-ročné obdobie sledovania a zistením celkovej produkcie (tab. 9). Pri porovnaní celkového úbytku (pri rovnakom sponu) sme zistili (podľa G) najväčší úbytok (okrem plochy B₁) na plochách s geometrickým zásahom a najmenší na plochách so selektívnou výchovou. Pri zohľadnení začiatocných sponov bola situácia nasledovná: pri prvotných geometrických zásahoch bol najnižší celkový úbytok pri sponu 1,5 × 1,0 m (46,4 % z celkovej produkcie /CP/) a najvyšší pri sponu 2,5 × 1,0 m (67,6 % z CP). Na kontrolných plochách a selektívne vychovávaných plochách klesal celkový úbytok s zväčšujúcim sa sponom.

Vyhodnotenie CP podľa G ukázalo, že okrem plochy C₂ boli najvyššie hodnoty na kontrolných plochách a najnižšie na plochách s geometrickým zásahom. Pri zohľadnení sponov to bolo pri geometrickom zásahu najviac pri sponu 1,5 × 1,0 m a najmenej pri sponu 2,5 × 2,5 m. Pri kontrolných plochách a plochách so selektívnou výchovou viac menej so zväčšujúcim sa sponom klesala CP (podľa G).

Pri zohľadnení indexu celého porastu, ktorý vyjadruje prírastok na kruhovej základni za celé sledované obdobie, sa ukázali jednoznačne najlepšie výsledky pre selektívnu výchovu, resp. so zväčšujúcim sa sponom boli aj hodnoty priaznivejšie. Takmer rovnakú tendenciu sme zistili aj pri porovnaní celkovej objemovej produkcie, resp. indexu jeho rastu.

Uvedené výsledky naznačujú, že pri schematickej výchove (geometrických zásahoch) v rastovej fáze žrdkovín už dochádza k produkčným stratám oproti selektívnej výchove. MRÁČEK, PAŘEZ (1986) v tejto súvislosti konštatujú, že geometrické zásahy patria predovšetkým do veľmi mladých porastov (do obdobia prečistiek) a význam majú najmä vo veľmi hustých mladinách. Pri väčších sponoch (2–3 × 1 m)

Tab. 9.

Vývoj kvantitatívnej produkcie porastu
Development of quantitative production

Plocha/ Plot	Vek [roky]/ Age [yr]	Celkový úbytok/Total decrease						Celková produkcia (CP)/Total production (TP)					
		N		G		V _{7b}		N		G		V _{7b}	
		[ks.ha ⁻¹]	[%] z CP/out of TP	[m ² .ha ⁻¹]	[%] z CP/out of TP	[m ³ .ha ⁻¹]	[%] z CP/ % out of TP	[ks.ha ⁻¹]	[m ² .ha ⁻¹]	Index celé- ho poras- tu/Index of total stand	[m ³ .ha ⁻¹]	Index celé- ho poras- tu/Index of total stand	
A ₁	20-40	3889	86,2	23,35	46,4	101,12	29,0	4511	50,27	3,54	347,74	15,25	
A ₂	20-40	4011	87,4	34,26	66,4	285,15	65,2	4589	51,54	3,21	437,13	17,13	
A ₃	20-40	3978	84,4	25,80	54,4	128,28	41,1	4711	47,41	3,97	312,18	29,57	
B ₁	20-40	2711	92,4	25,92	67,6	138,65	53,8	2933	38,32	3,04	257,45	8,83	
B ₂	20-40	2411	82,5	25,41	60,3	179,45	54,7	2922	42,13	3,91	328,16	17,06	
B ₃	20-40	1833	72,7	13,71	35,3	75,0	25,3	2522	38,84	5,54	296,37	32,53	
C ₁	20-40	1745	80,5	21,36	51,9	131,20	41,8	2167	41,17	4,01	314,14	12,22	
C ₂	20-40	1377	74,6	16,87	49,5	120,54	43,5	1844	34,06	6,51	276,83	37,52	
C ₃	20-40	1078	54,8	11,58	26,3	70,31	19,7	1967	43,99	7,94	357,03	53,03	
D ₁	20-40	967	75,7	17,56	52,6	121,16	44,8	1278	33,36	6,28	270,68	22,58	
D ₂	20-40	500	39,4	8,79	23,9	70,94	21,8	1267	36,67	8,17	324,95	40,68	
D ₃	20-40	522	40,8	7,66	21,9	52,70	18,0	1278	34,94	8,86	293,24	48,61	

N – Number of trees per ha; G – Basal area; V_{7b} – Volume of timber to the top 7 cm o. b.;

CP – Celková produkcia príslušných porastových veličín/Total production (TP) of corresponding stand parameters

sa podľa týchto autorov geometrický zásah neodporúča, pričom za hraničný spon považujú 1,5 × 1,5 m. Pokiaľ ide o celkovú objemovú produkciu (COP) MRÁČEK, PAŘEZ (1986) konštatujú, že porasty založené v riedkom sponne vykazujú spočiatku značnú prevahu v objeme hrubiny i COP v porovnaní s hustejšími sponami. Neskôr sa tieto rozdiely vyrovnávajú. Spomenutí autori uvádzajú výsledky nemeckých výskumníkov (Vanselowa, Kramera, Busseho a Jaehna), ktorí zistili, že COP bola vo veku 48 rokov o 29 až 40 % nižšia pri extrémne širokých sponoch (4 × 4 m, t.z. 625 jedincov na 1 ha) oproti COP dosiahnutou na úzkych (1,2–1,3 m) a stredne hustých (1,8–2,0 m) štvorcových sponoch. Podobná závislosť sa potvrdila aj na TVP Biely Váh – Luksová (okrem plochy C₂), keď COP dvoch najhustejších sponov prevyšovala hodnoty z dvoch najredších sponov.

ZÁVER

Na základe podrobnej analýzy pestovno-produkčných vzťahov z hľadiska kvantitatívnej produkcie v 40ročnom smrekovom poraste za obdobie sledovania 20 rokov (po troch prebierkových zásahoch + dvoch snehových kalamitách) na plochách s rozdielnym východiskovým sponom možno konštatovať, že pre dané podmienky horských smrečín (nadmorská výška 1100 m) sa ukázali ako najlepšie najredšie spony, t.z. 2,5 × 1,5 a 2,5 × 2,5 m. Tieto výsledky zodpovedajú súčasným trendom znižovania počtu sadeníc na hektár v porovnaní s minulosťou, keď podľa ON 48 2410 „Zalesňovanie a péče o kultúry a mlaziny“ z roku 1990 sa pre prírodné podmienky zodpovedajúce TVP Biely Váh – Luksová uvádza spotrebný normatív 2500 až 3500 sadeníc na 1 hektár. Čo sa týka spôsobu výchovy, najlepšie výsledky sa dosiahli selektívnou výchovou. Geometrické zásahy vykonané až v rastovej fáze žrdkovín spôsobili produkčné straty.

PodĎakovanie:

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

LITERATÚRA

- BRAASTAD H. 1970. Et forbandsforsøk med gran. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, 28: 298–329.
- BRAASTAD H. 1979. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning, 34: 169–215.
- HOŁODYNSKI D. 1995. Schematische Erstdurchforstung in Fichtenbeständen. Allgemeine Forst-Zeitschrift, 50: 709–710.
- CHROUST L. 1988. Vliv selektivního, řadového a kombinovaného výchovného zásahu na smrkovou tyčkovinu. Lesnícky časopis, 34: 37–49.
- CHROUST L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VÚLHM – VS: 277 s.
- JALOVIAR P., SMOLEK M. 2004. Vplyv východiskového sponu na intenzitu jemného prekorenenia v smrekovej žrdkovine. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLVI: 145–156.
- KAIRIUKŠTIS L., MALINAUSKAS A. 2001. The influence of initial density on spruce (*Picea abies* Karsten.) wood quality. Baltic Forestry, 7: 8–17.
- KAMENSKÝ M., ŠTEFANČÍK L. 1990. Výchova porastov v lesoch pod vplyvom imisií. (Záverečná správa). Zvolen, VÚLH: 65 s.

- KRAMER H., DONG P. H., RUSACK H. J. 1971. Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichtenbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 142: 33–46.
- MRÁČEK Z. 1983. Závislost prořezávek smrkových porostů na počáteční hustotě kultur. Práce VÚLHM, 62: 55–72.
- MRÁČEK Z., PAŘEZ J. 1986. Pěstování smrku. Praha, SZN: 203 s.
- NILSSON U. 1994. Development of growth and stand structure in Picea abies stands planted at different initial densities. Scandinavian Journal of Forest Research, 9: 135–142.
- PAŘEZ J. 1972. Vliv podúrovňové a úrovňové probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959–1968. Lesnictví, 18: 143–154.
- PISKUN B. 1972. Hustota kultur a kvalitativny vývoj smrekových porastov. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 15: 29–46.
- PISKUN B. 1984. Začiatočná hustota a spon lesných kultur v rastových podmienkach Slovenskej socialistickej republiky. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 34: 13–35.
- PROKOPJEV M. N. 1983. Growth and yield of Norway spruce plantations of different initial density. Lesnoje Chozjajstvo, 11: 24–28.
- RAZIN G. S. 1991. O zakonomernostjach vozrastnoj dinamiki drevo-stojev jelovych kultur različnoj gustoty. [Patterns in the age dynamics of spruce plantations of different density]. Lesnoje Chozjajstvo, 9: 40–42.
- SANIGA M. 1996. Vplyv rôznej sily a rôzneho druhu výberu na vybrané znaky kvantitatívnej štruktúry a stabilitu smrekovej žrdkoviny. Lesnictví-Forestry, 42: 254–260.
- ŠLODIČÁK M. 1983. Výskyt poškodení sněhem a větrem v rozdílně vychovávaných smrkových porostech. Práce VÚLHM, 62: 151–178.
- ŠLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007. Růst, struktura a statická stabilita smrkových porostů s různým režimem výchovy. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 144 s.
- SPRÁVA. 2010. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2009. Bratislava, MPaRV SR; Zvolen, NLC: 102 s.
- ŠTEFANČÍK L. 1984. Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 34: 67–112.
- ŠTEFANČÍK I., ŠTEFANČÍK L. 2002. Výskum pestovno-produkčných otázok smrekových žrdovín založených pri rôznom východiskovom počte sadeníc. Folia oecologica, 29/1: 109–132.
- VLADOVIČ J., BARKA, I., LUPTÁK, I., BUCHA, T., MÁLIŠ F., MERGANIČ J., KULLA, L., ŠEBEŇ, V., MERGANIČOVÁ, K., BOŠEĽA, M., UJHÁZY K. 2011. Štruktúra a diverzita lesných ekosystémov na Slovensku. Zvolen, NLC-LVÚ: 252 s.
- VYSKOT I. 1984. Spon jako základ integrace funkcí smrkového porostu. Lesnická práce, 63: 11–15.

QUANTITATIVE PRODUCTION OF SPRUCE STANDS WITH DIFFERENT INITIAL SPACING AND TENDING REGIME

SUMMARY

In this paper we analysed the changes of stand structure and quantitative parameters of spruce stand in relation to its initial spacing and method of thinning for the period of 20 years.

The series of permanent research plot Biely Váh – Luksová situated in the Low Tatra Mts. (Slovakia) was chosen as the object of our research. The mentioned spruce stand was in growth phase of small pole-stage stand up to pole-stage stand. The plot was established in 1972 focused on research of problems with optimal number of plants per hectare in spruce stands. The series of permanent research plots consist of 12 partial plots, 0.09 hectare each. On four plots a geometrical (schematic) treatment was applied and further four plots were treated by selective interventions – free crown thinning method according to ŠTEFANČÍK (1984). On the four remaining plots (control) no treatment was applied. Partial plots differed in spacing (A, B, C and D) and/or initial number of trees which were investigated in three replications representing different method of tending. Between 1972 and 1990, i.e. up to stand age of 20 years, no silvicultural treatments were carried out. Detailed characteristic of the Biely Váh – Luksová plot is presented in Tab. 1.

From the establishment of permanent research plots up to the first treatment (stand age of 20 years), the highest mortality of trees was found on partial plots with the smallest spacing, i.e. lower initial density resulted in lower mortality (Tab. 2). The difference between the plot with the highest and lowest density was approximately 10.5%.

Distribution of trees at crown level of the stand (1st+2nd growth class) before the start of our research was almost balanced on all plots, and it ranged for individual spacing on average from 64 to 71% (Fig. 2). After 20-year period of investigation, changes of this parameter were little for all observed spacings. The highest increase was registered on plots with the sparsest spacing (D_1 , D_2 and D_3), where the crown level of the stand comprised 77% out of total number of trees. The lowest proportion (64%) was found on the plots with the highest density of spacing (B_1 , B_2 and B_3).

Number of trees remained on individual plots after 20 years, depending on the method of tending, as well as intensity of damage by repeated snow-break. The highest number of trees was found on plots managed by selective tending (689–889 pcs.ha⁻¹) and the lowest amount of individuals remained on plots treated by geometrical interventions (222–622 pcs.ha⁻¹).

The highest average annual diameter increment (i_d) was found on plots with geometrical treatment, contrary to control plots with the lowest values (Tab. 6). In most cases the values of i_d were found increasing with decreasing stand density in all plots, regardless of the method of tending.

The results related to total production (Tab. 9) according to basal area showed the highest values for control plots (except for plot C_2) and the lowest for plots managed by geometrical treatment. If we take into account the role of spacing, then in case of geometrical tending the highest values were registered for spacing of 1.5 × 1.0 m and the lowest for spacing 2.5 × 2.5 m. On control plots and plots managed by selective thinning, the total production (expressed by basal area) decreased more or less with increasing spacing. According to the index of total stand representing the basal area increment for all investigated period (20 years), the best results were unambiguously found for selective tending and/or the values were more favourable in relation to increasing spacing. Almost the same tendency showed the comparison of total volume production and/or the index of its growth.

On the basis of detailed analysis of relationship between silviculture measures and production carried out from quantitative point of view in 40-year-old spruce stand during the 20-year period of investigation (after three thinning treatments + two snow break disasters) on the plots with different initial spacing, it can be concluded that under the given conditions of mountain spruce stands (altitude 1100 m a.s.l.) the spacings with low density (2.5 × 1.5 m and 2.5 × 2.5 m) have showed the best result so far. The mentioned outcomes are in accordance with present trend aimed at decrease of number of plants per hectare in comparison to the past. Additionally, the standard ON 48 2410 “Afforestation and care about young plantation and thicket” from 1990 presented range from 2500 to 3500 plants per hectare under the corresponding natural conditions in the Biely Váh – Luksová plot. As for the tending method, the best results were found by selective tending. Geometrical treatment carried out as late as the growth phase of small-pole stage stand resulted in production losses.

Recenzováno

ADRESY AUTORA/CORRESPONDINGS AUTHOR:

doc. Ing. Igor Štefančík, CSc., Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav
Masarykova 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421 45 5314 234; e-mail: stefancik@nlcsk.org