

KVANTITATÍVNE CHARAKTERISTIKY A FENOTYPOVÉ PREJAVY VYBRANÝCH PŔOVODOV BREZY SVALCOVITEJ VYSADENÝCH V ARBORÉTE BOROVÁ HORA (SLOVENSKO)

QUANTITATIVE CHARACTERISTICS AND PHENOTYPIC EXPRESSIONS OF CHOSEN CURLY BIRCH ORIGINS ARCHIVED IN THE BOROVÁ HORA ARBORETUM (SLOVAKIA)

IVANA SARVAŠOVÁ¹⁾ ✉ - IVAN LUKÁČIK²⁾ - ZUZANA PAROBEKOVÁ²⁾

¹⁾Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene, Borovianska 66, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: ivana.sarvasova@tuzvo.sk

ABSTRACT

This article deals with quantitative and qualitative expressions of curly birch origins which were found in the Nízke Beskydy Mts. and then grafted and planted or sown in the Borová hora Arboretum (Slovakia). Main goals are (i) to evaluate quantitative characteristics of all individuals with the vegetative and generative origin, and (ii) to assess transfer and development of heritable traits, especially colour of bark, swirls and type of growth. We find out that quantitative characteristics are significantly influenced only by growing type (0.05, ANOVA). Transfer of qualitative characteristics on next generation is assessed through pivot tables. In contrast to the colour of the bark, hereditary transmission of swirls highly varies and it appears to be independent of the original form. Despite the high phenotypic variability and linkage of curly birch to extreme environmental factors, our results show that it is possible to grow its high-quality subsequent generations in non-original conditions.

Kľúčové slová: *Betula pendula* var. *carelica*; rastové a fenotypové charakteristiky; slovenské pôvody, dedičné znaky; Nízke Beskydy
Key words: *Betula pendula* var. *carelica*; growth and phenotypic characteristics; Slovak origins; heritable traits; Nízke Beskydy Mts.

ÚVOD

Breza svalcovitá (*Betula pendula* Roth. var. *carelica* Merkl.) je zriedkavou drevinou sukcesných spoločenstiev, pôvodnou vo viacerých európskych krajinách. Je to varieta brezy previsnutej výnimočná svojou dekoratívnou kresbou dreva, čo najviac vystihuje jej fínsky názov „Visa koivu“ – vzorkovaná breza. Severná a východná hranica jej prirodzeného rozšírenia začína v Rusku, pokračuje cez Fínsko Karelskou plošinou a súvislejší výskyt je zaznamenaný aj na Škandinávskom polostrove, pobaltských krajinách a v Bielorusku. Ostrovčekovito sa vyskytuje na Ukrajine, Poľsku, Česku a na Slovensku, kde je uvádzaný jej najjužnejší výskyt (PAGAN 1992).

Breza svalcovitá prirodzene rastie na čistínach, nevyužívaných poľnohospodárskych pôdach, svahoch ciest, násypoch, teda všade tam, kde je zabezpečený dostatočný prístup svetla (PAGAN 1987; SIBUL et al. 2011). Vyskytuje sa v oblastiach s miernejšou kontinentálnou klímou ako *Betula pendula*, so zriedkavejším výskytom silných zimných mrazov. Na pôdne podmienky nie je náročná. Dlhobola považovaná za drevinu kamenitých, slabo vyvinutých štrkovitých pôd – výskyt na Vsetínsku, tzv. „kamenná bříza“ (KOŘÍNEK 1956; HEJTMÁNEK

1957; VÁCLAV 1963), alebo pôd s vystupujúcou materskou horninou, resp. pôd postihnutých eróziou (LJUBAVSKAJA 1978). Z uskutocnených výskumov vyplynulo, že v celej oblasti rozšírenia rastie na rozličných pôdach, ale najproduktívnejšie porasty tvorí na úrodných, čerstvých piesčito hlinitých pôdach (JEVDOKIMOV 1989; PAGAN 1992). Breza svalcovitá prirodzene netvorí rovnorodé porasty, vyskytuje sa len vtrúsene, pričom jej výskyt má fragmentárny charakter. Väčšinou rastie v nezapojených porastoch s *Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Alnus incana*, *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus padus*, zriedkavejšie s *Pinus sylvestris* a *Picea abies* (PAGAN 1992).

Betula pendula Roth. var. *carelica* Merkl. je polymorfný taxón, ktorý zahŕňa viacero tvarových a výškových podôb. Variabilita jej foriem, podobne ako variabilita celého rodu *Betula*, je veľmi široká a bola skúmaná aj v rámci jednotlivých druhov. Breza svalcovitá je podľa karyotických analýz a vzhľadom k rovnakému počtu chromozómov (2n = 28) geneticky najbližšia druhu *Betula pendula* (JEVDOKIMOV 1989; PAGAN, PAGANOVÁ 1994), hoci sa v prírode našli aj jej triploidné jedince (SARVAS 1958; KOZMIN, BUTORINA 1985).

Záujem o drevo brezy svalcovitej pretrváva tisícročia, čoho dôkazom sú nálezy z neolitu, kedy sa jej drevo využívalo na výrobu rituálnych predmetov (JEVDOKIMOV 1989). Vedecký výskum a pestovanie brezy svalcovitej prechádzalo v Rusku dvoma etapami. Prvá je datovaná do rokov 1766–1930, kedy Fokel' (1766) ex JEVDOKIMOV (1989) uvádza, že „v lesoch Laponska, Fínska a Karélie rastie taký druh brezy, ktorá je na kmeni smerom hore hrubšia a jej drevo sa podobá na mramor.“ Breza svalcovitá sa v lesoch nachádzala iba náhodne a jej drevo sa využívalo prevažne na výrobu empírového nábytku. Druhá etapa začína v roku 1930, kedy bol v Petrozavodsku v Rusku založený Karelský výskumný ústav, v ktorom sa skúmajú ekologicko-biologické vlastnosti a spôsoby zámerného pestovania čistých kultúr brezy svalcovitej (LJUBAVSKAJA 1978; JEVDOKIMOV 1989). Podobný záujem o brezu svalcovitú je aj vo viacerých severských štátoch. Vo Fínsku začal cieľený výskum jej rastových vlastností a pestovateľských nárokov rokom 1910. V súčasnosti tu využívajú 31 vysoko produktívnych klonov pre potreby lesného hospodárstva (HAGQVIST 2007) a vyvinutú metódu bezdotykovej ultrazvukovej diferenciacie sadeníc *B. pendula* a *B. pendula* var. *carelica*. Metóda radiálnym snímaním kmeňa s 90 % pravdepodobnosťou vylúči jedince, ktoré nevytvoria svalce (SALMI et al. 2009). V Estónsku sú prvé zmienky o breze svalcovitej uvádzané od roku 1930, pričom v roku 1970 bolo založených 250–500 ha plantáží tejto dreveniny a v roku 2000 vznikla Spoločnosť na ochranu a záchranu prirodzených populácií brezy svalcovitej – *Curly Birch Society* (SIBUL et al. 2011).

Na Slovensku sa cieľené vyhľadávanie jedincov brezy svalcovitej a skúmanie jej fenotypových prejavov (vlastností) začalo v roku 1976 rozsiahlym systematickým prieskumom vytypovaných prirodzených lokalít v slovenských pohoriach (PAGAN 1987). Výskyt brezy svalcovitej bol potvrdený na 83 lokalitách s viac ako 300 výberovými jedincami, z ktorých boli odobraté vegetatívne alebo generatívne diaspóry. Nálezy *Betula pendula* var. *carelica* boli najhojnejšie na severovýchode krajiny, najmä v orografických celkoch Ondavská vrchovina (126) a Beskydské predhorie (33). Na východnom Slovensku sa výskyt brezy svalcovitej potvrdil aj v Bukovských vrchoch, Busove, Čergove, Čiernej hore, Šarišskej vrchovine a väčší výskyt bol zaznamenaný tiež v Slánskych vrchoch (50). Najjužnejší výskyt tejto variety uvádza PAGAN a PAGANOVÁ (1994) v Malej Bare v Zemplínskych vrchoch. V Slovenskom rudohorí bol jej výskyt zaznamenaný na lokalitách Krokava, Nandráž (Stolické vrchy), Čierna Lehota (Revúcka vrchovina) a Betliar (Volovské vrchy). Výskyt v severozápadnej časti Slovenska je ostrovčekovitý. Začína lokalitou Rojkovské rašelinisko (Veľká Fatra), ťahne sa orografickými celkami Skorušinské vrchy, Turzovská vrchovina, Javorníky, Biele Karpaty, Žiar a končí najnižšie položenou západnou lokalitou Poruba v Strážovských vrchoch. Výskyt brezy svalcovitej nebol zaznamenaný vo fatransko-tatranskej oblasti, v Podunajskej nížine a v Podunajskej pahorkatine.

Cieľom predkladanej práce je vyhodnotiť jedince brezy svalcovitej z Nízkych Beskyd, vysadené v Arboréte Borová hora, z hľadiska kvantitatívnych charakteristík (celkovej výšky, hrúbky kmeňov, šírky koruny) a posúdiť mieru prenosu a tvorby kvalitatívnych znakov, najmä tvaru svalcov a farby kôry v nadväznosti na typ rastu brezy svalcovitej.

MATERIÁL A METÓDY

V práci sú hodnotené jedince brezy svalcovitej vysadené v Arboréte Borová hora (ďalej aj ABH, resp. arboretum). Ide o vegetatívne a generatívne potomstvo jedincov z orografickej oblasti Nízke Beskydy (48 lokalít), z orografických celkov (OC) Ondavská vrchovina (29 lokalít), Beskydské predhorie (16 lokalít) a Busov (3 lokality). Podľa LAPINA et al. (2002) patria Ondavská vrchovina a Beskydské predhorie

z hľadiska klimatologického do dvoch oblastí, a to do oblasti miernej, okrsku M1 mierne teplého, mierne vlhký s miernou zimou, pahorkatinového a do teplej oblasti, okrsku T7, teplého, mierne vlhkého s chladnou zimou. Orografický celok Busov patrí do mierne teplej oblasti, okrsku mierne teplého, veľmi vlhkého a vrchovinového M7 (priemerná teplota v júli vyššia ako 16 °C). Vyššie položené lokality patria do chladnej oblasti, do okrsku mierne chladného C1 (júl 12–16 °C). Väčšina lokalít pôvodného výskytu boli bývalé pasienky, sukcesne zarastajúce priekopníckymi drevinami. Konkretizácia pôvodov podľa evidenčných čísel (ev. číslo znamená konkrétny nález – jedinca, z ktorého boli odobraté diaspóry) je uvedená v tab. 1.

Jedince s evidenčnými číslami 1323 a 1496 boli rozmnožené generatívne, semeno bolo zozbierané z dvoch jedincov v zime 1969, na jar vysiate a vysadené v rokoch 1970–1971 na ploche ABH. Z ostatných pôvodných jedincov vyhľadávaných v teréne boli vo februári 1979 odobraté vrúbky na heterovegetatívne rozmnoženie a samotné výsadby boli v ABH realizované v rokoch 1982–1986. Naše merania sa uskutočnili v období jeseň 2014 a jar 2015. Jedince vysadené a archivované v ABH rastú v nadmorskej výške 291–377 m n. m., pri priemernej ročnej teplote 8,8 °C a priemernom ročnom úhrne zrážok 640 mm (LUKÁČIK et al. 2005). Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene klimaticky patrí do teplej oblasti, okrsku teplého, mierne vlhkého, s chladnou zimou (T7). Výsadby hodnotených pôvodov sú sústredené v porastoch, kde je materský substrát tvorený svahovinou tuftického materiálu s väčšou prímесou kremičitých štrkov, na ktorých sa vytvorili typické nasýtené modálne kambizeme. Jedince generatívneho pôvodu sú vysadené v porastoch, v ktorých je podložie tvorené svahovinou tuftického materiálu so vsuvkami diatomických a montmorillonitických ílov s prímесou sprašovej hliny.

Na meranie biometrických znakov a určovanie typov brezy svalcovitej sa použili nasledovné metodické postupy:

Merané znaky:

- hrúbka jedincov $d_{0,15}$ resp. $d_{1,3}$ (v cm, s presnosťou na 0,5 cm)
- výška jedincov h (v m, s presnosťou na 0,1 m)
- výška nasadenia koruny h_c (v m, s presnosťou na 0,01 m)
- šírka koruny, dva na seba kolmé priemety d_c (v m, s presnosťou na 0,1 m)
- hrúbka vo výške nasadenia koruny d_{hc} (v cm, s presnosťou na 0,5 cm)
- priemerná hrúbka štyroch najhrubších konárov d_b pri kríkovitej forme (v cm, s presnosťou na 0,5 cm)

Typ jedince:

- stromovitý: jeden priebežný kmeň s výskytom svalcov
- kríkovitý: 3 najhrubšie konáre s hrúbkou 1/3 až 1/2 hrúbky spoločného kmeňa

Tvar svalcov sa hodnotil osobne pre stromovitý aj kríkovitý typ s ohľadom na farbu kôry nasledovne:

- plytký – jemné zvlnenie kmeňa, resp. konára na rôznej dĺžke
- prstencový – v smere rastu sú svalce dvakrát dlhšie ako šírka kmeňa, resp. konára, kde začínajú
- hustý – spojité útvary pokrývajúce celé kmene, resp. konáre najmenej do ich jednej tretiny
- guľovitý – šírka svalcov kolmo na kmeň, resp. konár je väčšia ako ich dĺžka
- očkový – na jednotlivých svalcoch sa nachádzajú zhľuky spiacich očiek.

Tab. 1.

Pôvody brezy svalcovitej z Nízkych Beskýd vysadených v ABH podľa orografických celkov a geologických podlôží (BIELY et al. 1996)
Curly birch origins from the Nízke Beskydy Mts. according to orographic units and bedrocks (BIELY et al. 1996)

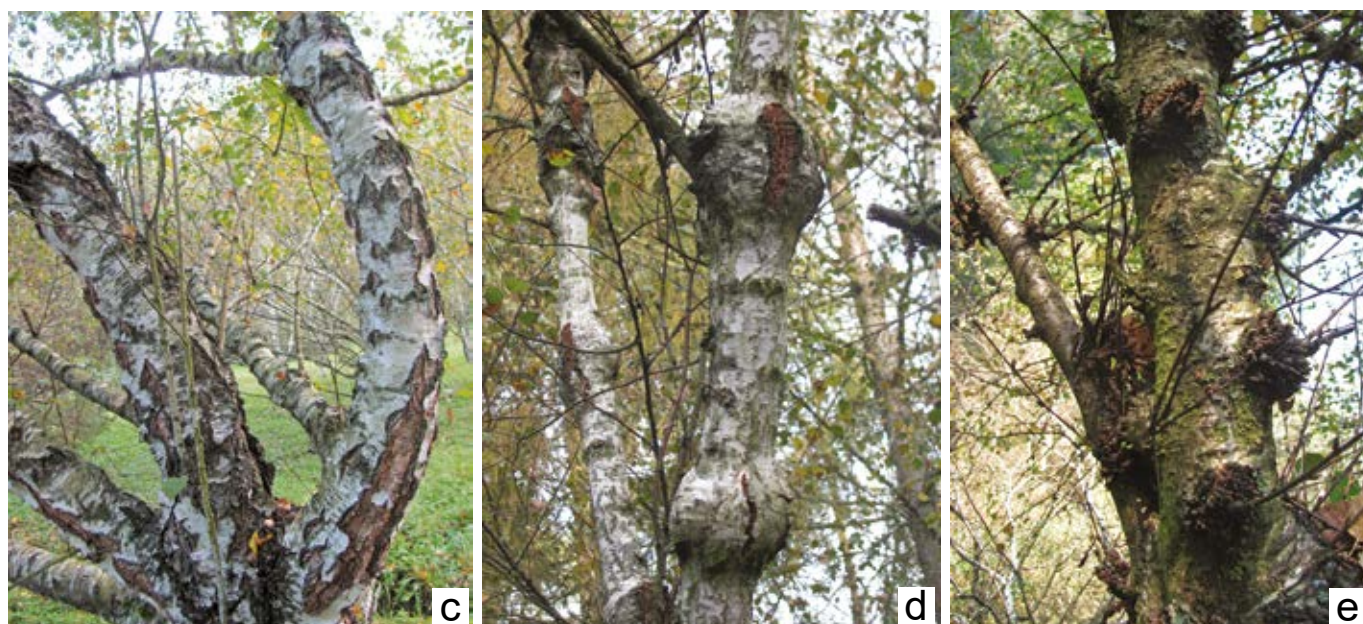
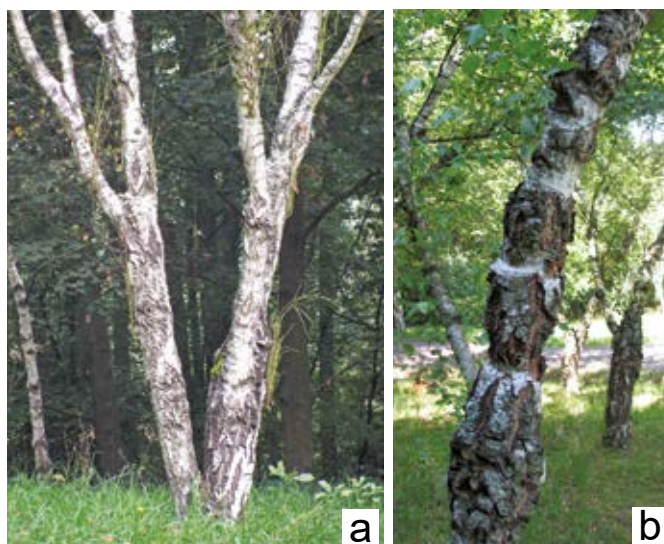
ev. číslo/ No.	Lokalita/Locality	Nadm. výška/ Altitude	Geologické podložie/Bedrock	Poznámka/Note
ONDAVSKÁ VRCHOVINA				
2562	Becherov - Ondávka	420		
2580	Strokov	330	ílovce, pieskovce, flyš – vrchný eocén ¹	
2581	Strokov	330		tmavokôra ⁷
2582	Strokov	330		tmavokôra
2584	Mestisko	220		výmola ⁸ , tmavokôra
2873	Zborov	420		tmavokôra
2874	Zborov	420	drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ²	tmavokôra
2875b	Zborov	420		
2876	Zborov	420		tmavokôra
2877	Zborov	420		tmavokôra
2884	Snakov, Lenartov	550	• pieskovce, zlepenca, pestré ílovce – stredný až vrchný eocén ³	tmavokôra
2885	Snakov, Lenártov	550	• vápnité pieskovce, siltovce, ílovce, ojedinele sklzové telesá a vápence – vrchný eocén ⁴	tmavokôra
2886	Snakov, Lenártov	550		
2887	Snakov, Lenártov	550	• drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ² typické zlomy, príkrovové línie a prešmyky	
2888	Snakov, Lenártov	550		tmavokôra
2889	Hrabské, Lenártov	430		úžľabina ⁹
2890	Hrabské, Lenártov	430		
2891	Hrabské, Lenártov	430		
2892	Hrabské, Lenártov	430	• ílovce, pieskovce, flyš – vrchný eocén ¹	
2893	Hrabské, Lenártov	430	• drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ² typické zlomy, príkrovové línie a prešmyky	
2894	Hrabské, Lenártov	430		
2895	Hrabské, Lenártov	430		
2896	Hrabské, Lenártov	430		tmavokôra
2906	Lukavica, Komárov	300	• drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ²	
2907	Lukavica, Komárov	300	• vápnité pieskovce, siltovce, ílovce, ojedinele sklzové telesá a vápence – vrchný eocén ⁴	
2926	Kečkovce, Svidník	410	drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ²	
2927	Stropkov	330	• drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ²	
2928	Stropkov	330		
2929	Stropkov	330	• ílovce, pieskovce, flyš – vrchný eocén ¹	tmavokôra
BESKYDSKÉ PREDHORIE				
1323	Ladomírov, Ublianska pah.	300-350		generatív. rozm. ¹⁰
1496	Ladomírov, Ublianska pah.	300-350		generatív. rozm.
2534	Strihovec, Ublianska pah.	420		
2535	Strihovec, Ublianska pah.	400		
2536	Ladomírov, Ublianska pah.	320		
2866	Ubľa	420		
2867	Klenová	320	ílovce, pieskovce, flyš – vrchný eocén ¹	
2868	Klenová	320		
2869	Klenová	320		
2870	Klenová	320		
2871	Klenová	320		
2878	Snina	350		
2879	Snina	350		
2910c	Podhradík	600	• vápence, slienité vápence, slieňovce, ílovce, pieskovce – spodná krieda ⁵ • pestré zlepenca, pieskovce, bridlice, miestami evapority a vulkanity – perm ⁶	delimitovaná plocha
2943	Klenová	320		
3259a	Ladomírov, Ublianska pah.	300-350	ílovce, pieskovce, flyš – vrchný eocén ¹	
BUSOV				
2559	Cígeľka II, LZ Bardejov	520		tmavokôra
2560	Cígeľka, LZ Bardejov	500	drobové, arkózové pieskovce, ílovce a pestré ílovce – flyš, eocén ²	
2561	Stebnicka huta, Zborov	500		

¹claystones, sandstones – flysch, Late Eocene; ²greywacke/arkosic sandstones, sandstones, claystones, variegated shales – flysch, Eocene; ³sandstones, conglomerates, variegated shales, Middle – Late Eocene; ⁴calcareous sandstones, siltstones and claystones, rare slumps and limestones, Late Eocene; ⁵limestones, marly limestones, marlstones, shales, sandstones, Early Cretaceous; ⁶variegated conglomerates, sandstones and shales, locally evaporites and volcanic rocks, Permian; ⁷dark bark; ⁸pothole; ⁹dene; ¹⁰generative reproduction

Príklady uvedených foriem svalcov sú na obr. 1 a hodnotenie kvalitatívnych veličín sa vykonávalo podľa nasledovnej schémy:

Rastový typ/ Growing type	Farba kôry/ Colour of the bark	Tvar svalcov/Swirls shape	Označenie/ Designation
stromovitá	biela	žiadne	SB0
		plytké	SB1
		prstencovité	SB2
		husté	SB3
		guľovité	SB4
	tmavá	očkové	SB5
		plytké	ST1
		prstencovité	ST2
		husté	ST3
		guľovité	ST4
kríkovitá	biela	plytké	KB1
		prstencovité	KB2
		husté	KB3
		guľovité	KB4
	tmavá	plytké	KT1
		prstencovité	KT2
		husté	KT3
		guľovité	KT4

Vysvetlivky/Captions: SB – stromovitá bielokôra/arborescent white bark; ST – stromovitá tmavokôra/arborescent dark bark; KB – kríkovitá bielokôra/shrubby white bark; – KT kríkovitá tmavokôra/shrubby dark bark; 0 – without swirls, 1 – shallow, 2 – annular, 3 – agglomerate, 4 – spherical, 5 – bird-eye



Obr. 1.

Tvar svalcov: (a) plytký, (b) prstencový, (c) hustý, (d) guľový, (e) očkový (Foto: I. Sarvašová)

Fig. 1.

Swirls shape: (a) shallow, (b) annular, (c) agglomerate, (d) spherical, (e) bird-eye (Photo: I. Sarvašová)

Rozbor vnútornej štruktúry svalcovitého dreva v konkrétnom tvare svalcov bude predmetom následných analýz.

Namerané údaje boli štatisticky spracované pomocou kontingenčných tabuliek, ktoré sa používajú na analýzu väčšieho množstva vstupných údajov a na vizualizáciu vzájomného vzťahu dvoch alebo viacerých štatistických znakov. Na testovanie vzťahov medzi znakmi sme využili Pearsonov chí-kvadrát test medzi dvoma kategoriálnymi premennými. Test bol založený na meraní rozdielov skutočných frekvencií v bunkách kontingenčnej tabuľky, oproti očakávaným, kde očakávaná frekvencia bunky je vypočítaná ako podiel súčinu marginálnej frekvencie príslušného riadku a stĺpca a celkového počtu jedincov. Predpokladom správneho použitia chí-kvadrát testu je okrem náhodného výberu a nezávislého pozorovania aj to, že všetky očakávané početnosti sú väčšie alebo rovné 1 a aspoň 80 % očakávaných početností je rovné minimálne 5.

Kvantitatívne charakteristiky boli vyhodnocované ako priemerné hodnoty a ich smerodajné odchýlky. Priemery boli následne spracované pomocou jednofaktorovej analýzy variancie (one-way ANOVA, STATSOFT INC. 1999).

VÝSLEDKY

Vegetatívne rozmnožené jedince

Biometrické charakteristiky vegetatívne rozmnožených jedincov sú uvedené v tab. 2, kde je hodnotených 131 jedincov, pochádzajúcich zo 46 pôvodov z oblasti Nízkych Beskýd. Navrúbľované jedince v Arboréte Borová hora sa vyskytujú v dvoch rastových typoch, v kríkovitom (84,7 %) a stromovitom (15,3 %) a v dvoch farebných variantoch, a to ako bielokôre (80,2 %) a tmavokôre (19,8 %), obr. 2. Pri hodnotení a zaraďovaní jedincov do skupín podľa tvaru svalcov treba poznamenať, že pri viacerých jedincoch rovnakého pôvodu, t. j. z určitého jedinca z jednej lokality, bolo v mnohých prípadoch evidovaných niekoľko tvarov svalcov. Výsledné zaradenie sa uskutočnilo podľa tvaru „kvalitnejšieho“, t. z. využiteľnejšieho, ktorý sa nachádzal na kmienku, prípadne na najhrubších častiach konárov. Z hodnotenia tvaru svalcov vyplynulo, že najvyšší podiel v rámci hodnotených jedincov mali husté svalce (44,6 %), ktoré sú z kvalitatívneho hľadiska najcennejšie. Vcelku vysoké zastúpenie mali aj prstencovité a plytké svalce (oba po 25,4 %). Veľmi cenná očková forma svalcov sa v arboré-

Tab. 2.

Biometrické charakteristiky vegetatívne množných jedincov
Biometric characteristics of the vegetative individuals

forma	farba	svalce	N ± sd (ks)	d* ± sd (cm)	h ± sd (m)	d _{hc} ± sd (cm)	h _c ± sd (m)	d _c ± sd (m)	d _b ± sd (cm)
T		1	4	29,6 ^a ± 13,1	13,6 ^b ± 5,1	31,4 ^a ± 11,8	1,1 ^b ± 0,8	6,7 ^a ± 2,4	
		2							
		3							
		4							
		spolu	4	29,6 ^a ± 13,1	13,6 ^b ± 5,1	31,4 ^a ± 11,8	1,1 ^b ± 0,8	6,7 ^a ± 2,4	
S		0	3	15,3 ^a ± 12,9	9,4 ^b ± 7,0	16,5 ^a ± 11,3	0,8 ^b ± 0,7	5,2 ^a ± 3,4	
		1	11	28,0 ^a ± 14,8	11,4 ^b ± 3,0	28,5 ^a ± 16,5	0,7 ^b ± 0,6	5,7 ^a ± 1,8	
		2	1	19,0 ^a	9,2 ^b	26,0 ^a	2,2 ^b	4,4 ^a	
		3							
		4							
	spolu	16	25,0 ^a ± 14,5	10,9 ^b ± 3,8	25,3 ^a ± 8,8	0,7 ^b ± 0,3	5,6 ^a ± 2,0		
spolu			20	26,0 ^a ± 14,1	11,4 ^b ± 4,1	26,6 ^a ± 14,8	0,8 ^b ± 0,6	5,8 ^a ± 2,1	
K		1	5	20,6 ^a ± 2,6	4,2 ^a ± 1,6	19,5 ^a ± 1,8	0,3 ^a ± 0,1	4,1 ^a ± 1,0	11,4 ^a ± 1,7
		2	3	17,3 ^a ± 4,7	4,6 ^a ± 0,5	20,0 ^a ± 4,8	0,3 ^a ± 0,1	5,4 ^a ± 2,3	13,3 ^a ± 5,4
		3	14	22,3 ^a ± 8,8	4,0 ^a ± 1,4	24,2 ^a ± 10,4	0,3 ^a ± 0,2	4,7 ^a ± 1,5	14,5 ^a ± 3,9
		4							
		spolu	22	21,2 ^a ± 7,4	4,1 ^a ± 1,3	22,6 ^a ± 8,6	0,3 ^a ± 0,2	4,6 ^a ± 1,6	13,7 ^a ± 3,8
B		1	13	22,3 ^a ± 4,4	4,0 ^a ± 1,3	22,8 ^a ± 4,6	0,4 ^a ± 0,2	5,6 ^a ± 1,4	11,9 ^a ± 4,4
		2	29	24,2 ^a ± 6,1	5,9 ^a ± 1,6	28,5 ^a ± 6,1	0,6 ^a ± 0,3	5,1 ^a ± 1,4	12,1 ^a ± 2,9
		3	44	26,1 ^a ± 7,1	5,3 ^a ± 1,3	29,4 ^a ± 8,4	0,5 ^a ± 0,2	5,3 ^a ± 1,5	14,5 ^a ± 5,6
		4	3	22,3 ^a ± 2,1	5,2 ^a ± 1,1	21,0 ^a ± 6,1	0,5 ^a ± 0,3	4,6 ^a ± 1,5	12,3 ^a ± 1,9
		spolu	89	24,8 ^a ± 6,4	5,3 ^a ± 1,5	27,9 ^a ± 7,4	0,5 ^a ± 0,1	5,3 ^a ± 1,4	13,8 ^a ± 4,9
spolu			111	24,1 ^a ± 6,8	5,1 ^a ± 1,5	26,8 ^a ± 8,0	0,5 ^a ± 0,2	5,1 ^a ± 1,4	13,8 ^a ± 4,6

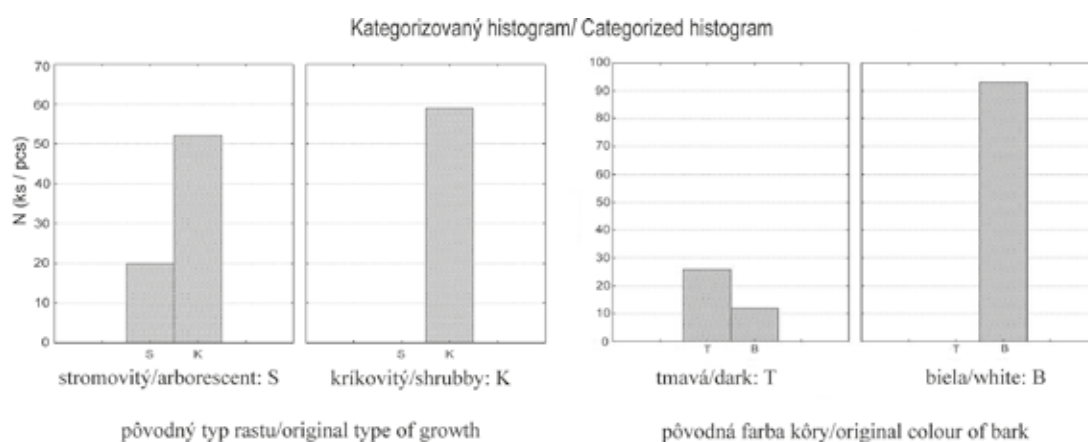
forma – form; farba – colour; svalce/swirls; S – stromy/trees, K – kríky/shrubs; T – tmavá kôra/dark bark; B – biela kôra/white bark; spolu/altogether; 0 – bez svalcov/without swirls; 1 – plytké svalce/shallow swirls; 2 – prstencové svalce/annular swirls; 3 – husté svalce/agglomerate swirls; 4 – gulovité svalce/spherical swirls; 5 – očkové svalce/birds-eye swirls; d* – pri stromoch hrúbka vo výške 1,3 m, pri kríkoch hrúbka vo výške 0,15 m/trees diameter at the height of 1.3 m, shrubs diameter at the height of 0.15 m; h – výška/height; d_{hc} – hrúbka v mieste nasadenia koruny/diameter at the height of crown base; h_c – výška nasadenia koruny/height of crown base; d_c – šírka koruny/width of crown; d_b – priemerná hrúbka 4 najhrubších konárov/average diameter of the 4 thickest branches

Poznámka/Note: malé písmena označujú štatisticky významný rozdiel medzi hodnotami (p = 0,05, ANOVA)/letters denote the significance of difference between values (p = 0.05, ANOVA)

te prejavila iba pri jednom jedinci s ev. č. 2871 z Klenovej. Malá časť vegetatívne namnožených jedincov (2,3 %) sa javila ako stromovitá bielokôra breza previsnutá (*Betula pendula* Roth.). Predpokladáme, že je to dôsledok prerastenia podpníka v juvenilnom štádiu rastu jedinca. Napriek vyššiemu veku navrhovaných jedincov (35–40 rokov) možno konštatovať ich relatívne nízky vzrast. Ich koruna je však značne rozložitá a často nízko nasadená. Pre brezu svalcovitú je charakteristické, že hrúbka stromu smerom od zeme narastá vďaka vytváraniu svalcov a kmienky stromov a kríkov nadobúdajú typický flaškovitý až srdcovitý tvar, ktorý voľne prechádza do konárov. Túto skutočnosť potvrdzujú aj nami namerané hodnoty hrúbok jedincov ($d_{0,15}$, $d_{1,3}$) a hrúbok nasadenia ich korún (d_{hc}), ktoré boli pri 53 % jedincov v mieste rozkonárenia hrubšie, čo vidieť na obr. 3, na ktorom sú dokumentované rôzne tvary kmienkov.

Pri hodnotení vplyvu typu rastu, farby alebo tvaru svalcov na biometrické charakteristiky môžeme ako signifikantný hodnotiť len vplyv rastového typu na celkovú výšku jedincov a výšku nasadenia ich korún ($p = 0,05$, ANOVA). Je zaujímavé, že rastový typ neovplyvňuje signifikantne na hrúbky jedincov ani na šírky ich korún. Farba a tvar svalcov nemajú štatisticky významný vplyv na biometrické charakteristiky, hoci jedince s hustými svalcami sú v priemere o niečo hrubšie ako jedince s ostatnými tvarmi svalcov.

Pre nesplnenie základného predpokladu testovania hypotéz o nezávislosti kvalitatívnych znakov, t. j. že všetky očakávané početnosti musia byť väčšie alebo rovné 1, nebolo možné otestovať závislosť prenosu rastovej formy, farby a typu svalcov z pôvodov na vegetatívne rozmnožené jedince. Zo zistených početností však môžeme konštatovať,

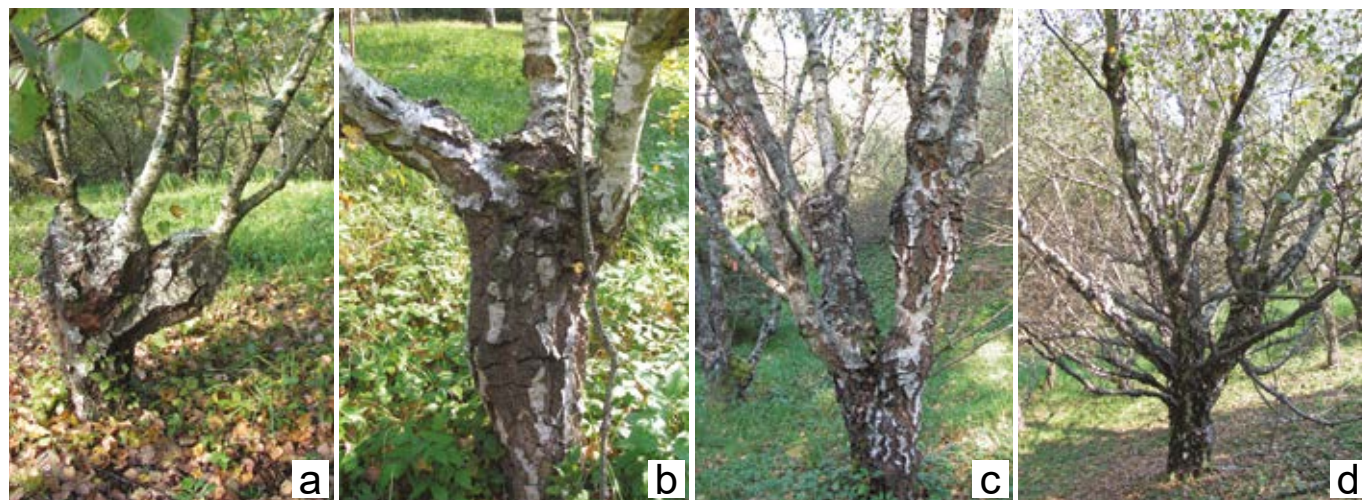


Obr. 2.

Prenos typu rastu a farby kôry pôvodných jedincov na typ a farbu vegetatívne množených jedincov v arboréte

Fig. 2.

Transmission of growing type and bark colour of original individuals on the type and colour of clones in the arboretum



Obr. 3.

Fenotypové prejavy pôvodov: (a) ev. č. 2875 Zborov, (b) ev. č. 2870 Klenová, (c) ev. č. 2892; (d) ev. č. 2895 Hrabské (Foto: I. Sarvašová)

Fig. 3.

Phenotypic manifestation of the origins; (a) origin code 2875 Zborov, (b) 2870 Klenová, (c) 2892, (d) 2895 Hrabské (Photo: I. Sarvašová)

že jedince s kríkovitým rastom a biela kôra sa preniesli vegetatívnym množením so 100 % pravdepodobnosťou. Pôvodne stromovitá rastová forma sa rozšípila v klonovanej generácii na 27,8 % stromov a na 72,2 % kríkov. Tmavokôre pôvody sa v následnej generácii prejavili až v 31,6 % ako jedince s bielou kôrou. Prenos svalcov bol značne rôznorodý a aj napriek nemožnosti testovania sa zdá byť nezávislý na pôvodnom tvare (obr. 4).

Generatívne jedince

Vysoká prirodzená mortalita v juvenilnom štádiu rastu a ďalšia redukcia jedincov z dôvodu vysokej porastovej hustoty, či z prevádzkových dôvodov arboréta bez podrobnejšej evidencie neumožnili objektívne zhodnotenie prenosu kvalitatívnych charakteristík na následnú generáciu. Keďže z porastov boli vyberané prednostne stromovité bielokôre jedince bez svalcov, predpokladáme, že ich podiel na nasledujúcej generácii bol pôvodne oveľa vyšší ako v súčasnosti (19,5 %).

Biometrické charakteristiky generatívnych jedincov z voľného opelenia sú uvedené v tab. 3. Hodnotené sú prežívajúce jedince obidvoch pôvodov 1323 a 1496 spolu. Pôvodné dva jedince z lokality Ladomírov boli vo voľnej prírode boli kríkovité, bielokôre s hustými svalcami, rastový typ KB3. Z generácie jedincov, ktoré vyrástli zo semena v Arboréte Borová hora za 45 rokov, zostalo v súčasnosti z pôvodných 305 jedincov 41 ks. Z nich má 61 % stromovité a 39 % kríkovité rast, pričom 7,3 % tvoria tmavokôre jedince. Hustý tvar svalcov zdedilo po rodičoch len 26,8 % hodnotených jedincov. Najvyššie zastúpenie mali bielokôre jedince s plytkými svalcami 43,9 %, z ktorých viac ako dve tretiny boli stromovité jedince.

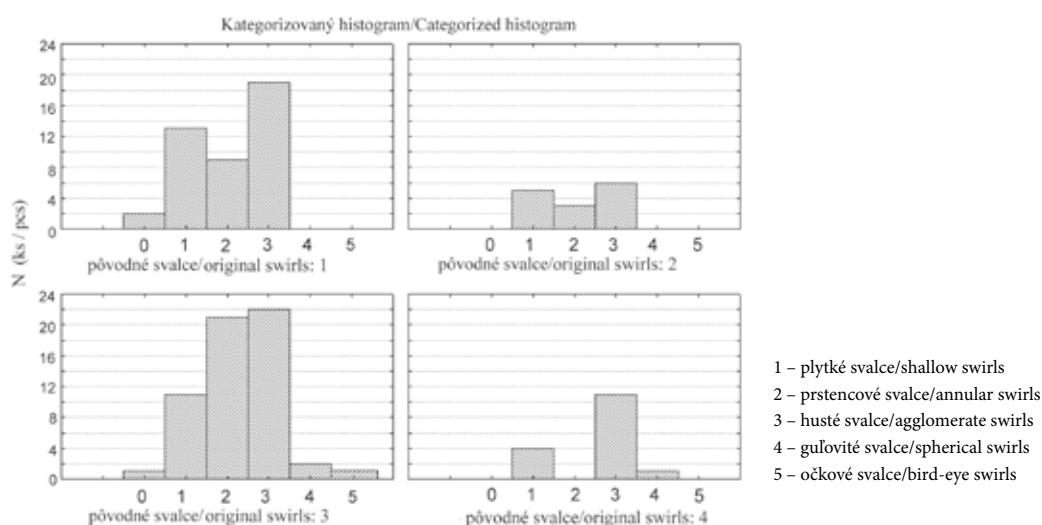
Rastové charakteristiky sa v obidvoch rastových typoch signifikantne odlišujú v hodnotách hrúbok od charakteristík vegetatívne rozmnožených jedincov ($p < 0,05$; ANOVA). V ostatných hodnotách nie sú rozdiely medzi vegetatívne a generatívne založenou generáciou štatisticky významné. V rámci generatívnych jedincov má rastový typ signifikantný vplyv len na hodnoty výšky jedincov. Farba a tvary svalcov signifikantne neovplyvňujú žiadnu z meraných charakteristík.

DISKUSIA

Prenos vonkajších kvalitatívnych znakov a ich prejavy v následnej generácii

Výsledky hodnotenia kvantitatívnych znakov a fenotypových prejavov pôvodov *Betula pendula* var. *carelica* z Nízkych Beskýd potvrdzujú, že breza svalcovitá je rastom a morfológiou veľmi variabilnou drevinou, s často sa meniacimi fenotypovými znakmi. Z hodnotených 46 vegetatívne namnožených pôvodov predmetného taxónu sa pri porovnaní s pôvodnými jedincami rastúcimi na lokalitách prirodzeného výskytu identicky zhoduje v type rastu, farbe kôry a tvare svalcov len dvadsať pôvodov, z toho osem pôvodov bolo bielokôrych a dvanásť tmavokôrych. Z tmavokôrych pôvodov sú len dva pôvody stromovité s plytkými svalcami, jedným z nich je pôvod Cígelka II (2559), ktorý vykazuje rýchly rast, jemnú svalcovitosť na relatívne hrubom a dostatočne dlhom kmeni (oproti ostatným pôvodom svalcovitých briez). Stromovité pôvody s jemnou svalcovitosťou by mohli byť predurčené na širšie spracovanie v drevárskom priemysle. Naopak, kríkovité tmavokôre formy prenášajú tvar svalcov najpresnejšie (pôvody 2581, 2877, 2884, 2885). Voči ostatným rastovým a tvarovým variantom *Betula pendula* var. *carelica*, sú však v raste najpomalšie, priemerne najnižšie a najtenšie, tvoria väčšinou iba plytké a guľovité typy svalcov, ktorých výťažnosť je pri viacnásobnom rozkonárení kmienka najnižšia. Pri kategórii kríkovité, tmavokôre bola pozorovaná aj najnižšia morfológická variabilita (na jednom jedinci sa vyskytoval prevažne iba jeden tvar svalcov). Výskyt *Betula pendula* ssp. *obscura* var. *carelica* je však výnimočný a zriedkavý, zasluhuje si pozornosť najmä z hľadiska ochrany a záchranu genofondu jedincov s uvedeným fenotypovým prejavom.

Tvar svalcov predurčuje využitie svalcovitého dreva v rôznych odvetviach (nábytkárstve, rezbárstve a p.). Autori zaoberajúci sa predmetnou problematikou v minulosti rozlišovali iba rastové typy brezy svalcovitej (SOKOLOV 1950, 3 typy a SAARNIO 1976, 4 typy ex LJUBAVSKAJA 1978, LJUBAVSKAJA 19787 typov), bez bližšieho vylíšenia tvaru svalcov pri jednotlivých rastových typoch. LJUBAVSKAJA (1978) určuje, že vysokokmenné typy s plytkými svalcami sú vhodné na spracovanie dýh a nábytku, a guľovité s hustou kresbou sú vhodné na upomienkové



Obr. 4.

Prenos tvaru svalcov pôvodných jedincov na tvar svalcov vegetatívne množených jedincov rastúcich v arboréte

Fig. 4.

Transmission of swirl shape of original individuals to swirl shape of clones in the arboretum

predmety. Cieľom použitej metodiky hodnotenia tvaru svalcov je získať čo najpodrobnejšie informácie o výskyte uvažovaných svalcov v jednotlivých pôvodoch s poukázaním na ich kvalitu podľa vonkajších znakov a ich možné využitie.

Pri našich hodnoteniach rastového typu brezy svalcovitej dochádzalo v niektorých prípadoch k zmene rastu stromovitého na rast kríkovitý (opačný prípad sme nezaznamenali). Zmena typu rastu mohla byť ovplyvnená viacerými faktormi. Jednou z najpravdepodobnejších príčin je nesprávny odber vrúblov z jedincov na pôvodných lokalitách, kedy pre ich vyšší vzrast nebolo možné vziať vrúbly z konárov s apikálnou dominanciou. Vrúbly boli zrejme odobraté z nižšie rastúcich, postranných konárov, čím novovzniknuté jedince vykazujú tzv. plagiotropnú formu rastu. Najvýraznejšie sa to ukázalo na pôvodoch 2863, 2910c a 2927, kde sa zachoval tvar svalcov a zmenil sa iba typ rastu. Pri ostatných pôvodoch briez svalcovitých došlo k určitým zmenám v kombináciách kvantitatívnych znakov a kvalitatívnych prejavov, čo už viac poukazuje na možné vplyvy prostredia, resp. zmenu prostredia pre genotyp (pôvod), ktorý bol prenesený do prostredia Arboréty Borová hora. MASHKINA et al. (2011) uvádzajú, že tvorba svalcovitého dreva koreluje so stupňom mixoploidie v somatických pletivách a je podmienená existenciou špecifického génu alebo skupinou viacerých génov (polygénov). Uvedení autori predpokladajú, že fenomenálna kresba dreva je spôsobená jednak geneticky: mixoploidiou a rôznymi cyto genetickými abnormalitami, jednak epigeneticky: fyziologickými zmenami v bunkách spôsobenými extrémnymi faktormi prostredia (teplota, svetlo, vzdušná vlhkosť a zásobenie pôd živinami). Tieto faktory mohli byť príčinou zmeny rastu a tvaru svalcov aj pri našich hodnoteniach, kde sme i pri niektorých pôvodoch zaznamenali až tri typy svalcov na tom istom jedinci. NOVITSKAJA, KUSHNIR (2006) uvádzajú, že exogénne podávanie sacharózy do kmeňovej časti *B. pendula* spôsobovalo vznik štrukturálnych abnormalít „vzorkovaného dreva“, ktoré prirodzene vzniká vo svalcoch *Betula pendula* var. *carelica*, pričom vzniknuté mikro a makroštruktúry v kambiiálnom kruhu boli pozorovateľné aj po 2 rokoch. GALIBINA et al. (2015a, 2015b) skúmali rozklad a syntézu sacharózy vo floéme a xyléme. Práce potvrdili vysoký obsah invertázy vo floéme a xyléme, ktorá urýchľuje rozklad sacharózy. Vysoký obsah sacharózy mení program vývoja buniek v kambiiálnej zóne brezy svalcovitej, čo podľa predpokladov autorov môže spôsobovať „vzorkovanú“ štruktúru dreva. NIKOLAJEVA, NOVITSKAJA (2009) upozorňujú tiež na vplyv asimilačného aparátu na tvor-

Tab. 3.
Biometrické charakteristiky generatívnych jedincov
Biometric characteristics of the generative individuals

forma	farba	svalce	N ± sd (ks)	d* ± sd (cm)	h ± sd (m)	d _{hc} ± sd (cm)	h _c ± sd (m)	d _c ± sd (m)	d _b ± sd (cm)
T		1	1	19,0 ^a	17,5 ^b	17,0 ^a	3,8 ^a	5,1 ^a	
		2							
		3							
		4							
		spolu	1	19,0 ^a	17,5 ^b	17,0 ^a	3,8 ^a	5,1 ^a	
S		0	8	36,5 ^a ± 13,8	9,8 ^b ± 6,4	37,7 ^a ± 12,9	1,4 ^a ± 0,9	6,8 ^a ± 1,8	
		1	11	37,0 ^a ± 12,3	9,8 ^b ± 4,2	35,3 ^a ± 13,1	1,5 ^a ± 0,8	6,0 ^a ± 2,1	
		2							
		3	5	36,6 ^a ± 8,4	10,2 ^b ± 6,4	37,0 ^a ± 8,8	1,1 ^a ± 1,0	6,5 ^a ± 1,3	
		4							
spolu	24	36,8 ^a ± 11,7	9,9 ^b ± 5,2	37,3 ^a ± 12,6	1,4 ^a ± 0,9	6,4 ^a ± 1,8			
spolu	25	37,0 ^a ± 12,0	10,2 ^b ± 5,2	36,4 ^a ± 13,0	1,5 ^a ± 1,0	6,3 ^a ± 1,8			
K		1	2	36,0 ^a ± 5,7	3,5 ^a ± 0,5	34,5 ^a ± 9,3	0,7 ^a ± 0,6	4,8 ^a ± 1,1	13,0 ^a ± 1,4
		2							
		3							
		4							
		spolu	2	36,0 ^a ± 5,7	3,5 ^a ± 0,5	34,5 ^a ± 9,3	0,7 ^a ± 0,6	4,8 ^a ± 1,1	13,0 ^a ± 1,4
B		1	7	33,5 ^a ± 10,5	5,0 ^a ± 1,7	31,4 ^a ± 11,9	1,3 ^a ± 1,0	5,8 ^a ± 1,4	16,6 ^a ± 11,9
		2	1	41,0 ^a	4,8 ^a	41,0 ^a	0,4 ^a	8,4 ^a	13,8 ^a
		3	6	30,7 ^a ± 4,4	3,4 ^a ± 0,6	32,8 ^a ± 5,6	0,7 ^a ± 0,6	5,9 ^a ± 0,9	15,4 ^a ± 3,7
		4							
		spolu	14	32,9 ^a ± 8,3	4,3 ^a ± 1,5	32,6 ^a ± 9,4	1,0 ^a ± 0,8	6,0 ^a ± 1,3	15,9 ^a ± 2,9
spolu	16	33,3 ^a ± 8,2	4,3 ^a ± 1,4	33,3 ^a ± 9,4	0,9 ^a ± 0,8	6,0 ^a ± 1,3	15,8 ^a ± 2,8		

forma/form; farba/colour; svalce/swirls; S – stromy/trees; K – kríky/shrubs; T – tmavá kôra/dark bark; B – biela kôra/white bark; spolu/altogether; 0 – bez svalcov/without swirls, 1 – plytké svalce/shallow swirls, 2 – prstencové svalce/annular swirls; 3 – husté svalce/agglomerate swirls; 4 – guľovité svalce/spherical swirls 5 – očkované svalce/bird-eye swirls, d* – pri stromoch hrúbka vo výške 1,3 m, pri kríkoch hrúbka vo výške 0,15 m/trees diameter at the height of 1.3 m, shrubs diameter at the height of 0.15 m, h – výška/height, d_{hc} – hrúbka v mieste nasadenia koruny/diameter at the height of crown base, h_c – výška nasadenia koruny/height of crown base; d_c – šírka koruny/width of crown, d_b – priemerná hrúbka 4 najhrubších konárov/average diameter of the 4 thickest branches

Poznámka/Note: malé písmena označujú štatisticky významný rozdiel medzi hodnotami (p = 0,05; ANOVA)/letters denote significance of difference between values (p = 0.05; ANOVA)

bu špecifickej textúry dreva brezy svalcovitej, ktorý vytvára v porovnaní s brezou previsnutou veľké množstvo fotoasimilátov, podporuje tým ich lepší transport do zón formovania očiek a nadmerný tok sacharózy a iných fotoasimilátov do kmeňa brezy svalcovitej. Nadmerný obsah sacharózy zvyšuje výkonnosť sitkovic, čoho výsledkom je radiálne rozloženie sacharózy vo floéme a jej koncentrácia v kambálnej zóne. Zvýšený podiel parenchýmu spôsobuje akumuláciu veľkého množstva sacharózy a iných fotoasimilátov v kmeni. SAZONOVA et al. (2012) uvádzajú, že štrukturálne abnormality kmeňa sú dokázateľne zapríčinené redukciami ciev xylému a zvýšením počtu parenchymatických buniek. Breza svalcovitá lepšie hospodári s vodou ako breza previsnutá, pretože si vytvára prídavný „vodný zdroj“ v parenchymatických bunkách. Jedince *Betula pendula* var. *carelica* dokážu zadržať väčšie množstvo vody špecifickým asimilačným aparátom a štruktúrou xylému a floému. Obyčajne majú aj nižšiu hodnotu listového vodného potenciálu fotosyntetizujúcich listov ako *Betula pendula*. АНОКАS (2012) považuje vysoký obsah citokinínov v miazge zodpovedný pre začiatok formovania špecifickej štruktúry dreva brezy svalcovitej.

Znak svalcovitej štruktúry dreva je prenášaný na vegetatívne potomstvo *Betula pendula* var. *carelica*, čo dokazujú práce DITMAR (1991), ĐURKOVIČ (1996) a EWALD et al. (1996), v ktorých je opísané úspešné rozmnoženie taxónu pomocou orgánových kultúr. EWALD et al. (1996) hodnotí kvalitu desaťročných porastov vypestovaných pomocou *in vitro* sadby, v ktorých hodnotené jedince spĺňali kvalitatívne parametre „vzorkovaného dreva“ na výrobu dýh. Uvedení autori považujú tento spôsob rozmnoženia za vhodný pre pestovanie na vonkajších plantážach. MASHKINA et al. (2011) však upozorňuje, že pri odbere materiálu z udržiavacích klonov v podmienkach *in vitro* nie je znak svalcovitosti (vzorkovaného dreva) stály a často sa vytráca. Najväčšia expresia znaku bola zistená u tých rastlín, ktoré boli odobraté z kalusových pletív v prvom roku kultivácie, čo podľa autorov súvisí s hormonálnou imbalanceou a štrukturálnou disturbanciou pletív, kde nemohli byť uplatnené epigenetické zmeny (faktory vonkajšieho prostredia).

Kvantitatívne znaky jedincov brezy svalcovitej

Celková priemerná výška vegetatívne namnožených jedincov bola najvyššia pri stromovitých tmavokôrych jedincoch (13,6 m) a najnižšia pri kríkovitých tmavokôrych jedincoch (4,1 m), pričom priemerná výška vegetatívne získaných stromovitých jedincov bola iba 11,4 m. PAGAN, RANDUŠKA (1986) a ROLLOF, BÄRTELS (1996) uvádzajú maximálnu výšku dospelých stromov *Betula pendula* 25–30 m, k čomu sa čiastočne približuje tmavokôry jedinec stromovitého veku generatívneho pôvodu (17,5 m). АНОКАS (2012) potvrdzuje nízku apikálnu dominanciu *Betula pendula* var. *carelica*, ktorú zapríčiňuje vysoký obsah citokinínov v jarnej miazge (5,2–8,9 násobne viac ako u *Betula pendula*). Na základe našich výsledkov môžeme potvrdiť, že priemerná výška 35–40-ročných stromovitých jedincov kolíše v rozpätí 10,2–11,4 m, u kríkovitých foriem v priemere od 4,3 m do 5,1 m, čo poukazuje na možné „brzdzenie“ rastu vyšším obsahom citokinínov (najnižšie nameranou výškou bolo 3,5 m generatívnom jedinci typu KT1). Medzi šírkami korún nie sú štatisticky významné rozdiely. Medzi stromovitým a kríkovitým typom rastu je rozdiel iba 0,3–0,7 m, pričom širšie koruny vytvárali jedince generatívneho potomstva brezy svalcovitej.

Z hľadiska produkcie svalcovitého dreva sú najdôležitejšími charakteristikami dĺžka kmeňa (h_c) a hrúbky kmeňa ($d_{0,15}$, $d_{1,3}$), a najmä hrúbka v mieste rozkonárenia (d_{hc}), ktorá obyčajne dosahuje vyššie priemerné hodnoty ako hrúbky $d_{0,15}$, $d_{1,3}$, merané pri kríkovitých a stromovitých formách. Atypické zhrubnutie kmeňa smerom nahor je pravdepodobne tiež podmienené geneticky a najvýraznejšie sa prejavuje pri bielokôrych kríkovitých formách rozmnožených vegetatívne. Tieto jedince majú v priemere o polovicu kratší kmeň ako hodnotené kríkovité bielokôre formy generatívneho pôvodu. Priemerne najkratšie a najtenšie kmeňky ($h = 0,3$ m, $d_{0,15} = 21,2$ cm) tvorili kríkovité tmavokôre

jedince vegetatívneho pôvodu, s častým výskytom hustých svalcov neprechádzajúcich do konárov. Pre využitie svalcovitého dreva na iné účely ako je výroba dýh, sú najvhodnejšie kríkovité bielokôre jedince s prstencovými a hustými svalcami, ktoré pri vegetatívnom pôvode jedincov vytvárali najdlhšie kmeňky (priemerne 0,6 m). Svalcovitosť prechádzala aj do konárov, ktoré zhrubli výrazne tak, ako keby vytvárali samostatné kmene. Vidieť to aj z priemerných hodnôt hrúbok $d_{0,15}$ a d_{hc} , kde najväčší rozdiel v hrúbke kmeňa v smere nahor majú vegetatívne namnožené jedince typu KB2 (+4,3 cm), následne KB3 (+3,3 cm) a tiež generatívne rozmnožené KB3 (+2,1 cm). Určitým spôsobom to dokazuje tvrdenia viacerých citovaných autorov, že tvorba „vzorkovaného dreva“, a tým spôsobené zhrubnutie kmeňov a konárov, je spôsobené celkovou zmenou režimu tvorby parenchymatických buniek, ich zvýšeného množstva, zhrubnutia kambia a následne xylému. Zaujímavé je, že pri rastovom type KB4 (vegetatívne potomstvo) to nebolo pozorované, kde jednotlivé guľovité svalce nespôsobujú zhrubnutie kmeňa v mieste rozkonárenia (priemerná d_{hc} je menšia, – 1,3 cm; obr. 1). Relatívne vyrovnané hrúbky kmeňov $d_{1,3}$ a d_{hc} majú obe potomstvá stromovitého veku, kde sa odchyľka priemerných hrúbok pohybuje v rozmedzí ± 1 cm. Celkovo sa väčšie odchyľky v jednotlivých kvantitatívnych veličinách prejavujú viac v generatívnom potomstve, najmä však pri potomstvách z voľného opelenia (VÁCLAV 1975/1976). Vegetatívne potomstvo nevykazuje extrémne hodnoty a rastie vyrovnanejšie.

Generatívne rozmnožené jedince brezy svalcovitej z voľného opelenia z lokality Ladomírov sa v Arborete Borová hora zachovali v počte 41 ks, čo predstavuje v súčasnosti 20 % z pôvodne vysadených jedincov. Z tohto počtu iba tri jedince (7,4 %) zdedili fenotyp rodičovských stromov, ktoré sme zaradili do kategórie KB3. Pri 73,1 % jedincoch sa svalcovitosť prejavila inými tvarmi svalcov a 19,5 % nezdedilo žiadne znaky svalcovitosti (kategória SB0). Domnievame sa, že pri počiatkových výsadbách bolo zastúpenie tejto kategórie oveľa vyššie. Už LJUBAVSKAJA (1975) uvádza, že semenné potomstvo brezy svalcovitej dedí znak „vzorkovaného dreva“ recesívne, kde *aa* sú kríkovití recesívni homozygoti so svalcovitou štruktúrou, *Aa* sú heterozygotní stromovití jedinci so svalcovitou štruktúrou dreva, *AA* – dominantní homozygoti bez svalcovitej štruktúry dreva, pričom pri voľnom opelení s brezou previsnutou vzniká potomstvo v pomere 1: 3 (1 diel *B. pendula* var. *carelica*, 3 diely *B. pendula*). Podobné výsledky uvádza vo svojich prácach aj VÁCLAV (1965, 1975/1976, 1977), ktorý označil generatívny spôsob rozmnoženia za perspektívny, avšak s mnohými ťažkosťami, napr. pri samoopelení sa rapídne znižuje klíčivosť semien a tvárnosť kmeňa, pri voľnom opelení sa zväčšujú kvantitatívne biometrické charakteristiky (výška a hrúbka), ale znižuje sa percento jedincov so svalcami. Uvedený autor dosiahol pri generatívnom rozmnožovaní brezy svalcovitej najlepšie výsledky so zmesou peľu z viacerých výberových stromov predmetného taxónu, kde sa svalcovitosť prejavovala postupne a s pribúdajúcim vekom narastala. Pre generatívne potomstvo v ABH s vysokou pravdepodobnosťou platí naznačený pomer rozpadu generatívnej populácie. Veľmi dôležitým momentom pri overovaní takýchto generácií je skutočnosť, že najkvalitnejšie jedince, ktoré už narástli v iných podmienkach, z akých semenná úroda pochádzala, majú pravdepodobne silnejšie geneticky viazanú tvorbu „vzorkovaného dreva“, ktorá by pri následnom vegetatívnom rozmnožení mala byť relatívne stabilnejšia vo svojich fenotypových prejavoch ako pri odberoch diaspór vegetatívny spôsobom.

ZÁVER

Výsledky získané meraním a hodnotením kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov 48 pôvodov *Betula pendula* Roth. var. *carelica* Merkl. z Nízkych Beskyd dokumentujú veľkú morfológickú rôznorodosť brezy svalcovitej, dreviny vzácne sa vyskytujúcej na území Slovenska. Uskutočnené hodnotenia potvrdili prenos kvalitatívnych znakov – typu svalcov a farby kôry najvýraznejšie pri tmavokôrych jedincoch.

Tieto však majú krikovitý charakter rastu a dosahujú v priemere najnižšie hodnoty výšky, hrúbky a dĺžky kmienkov. Najväčšie zastúpenie „vzorkovaného dreva“ majú krikovité bielokôre jedince s prstencovými a hustými svalcami, ktoré prechádzajú aj do konárov a vykazujú priemerne najväčšie zhrubnutie kmienkov, resp. konárov v smere zdola nahor. Najväčšiu perspektívu z hľadiska širšieho využitia klonov brezy svalcovitej v drevárskom priemysle majú bielokôre a tmavokôre jedince stromovitého rastu s plytkým typom svalcov.

Podakovanie:

Práca vznikla v rámci projektov VEGA 1/0040/15, KEGA 020TUZ-4/2015 a KEGA 06TUZ-4/2017.

LITERATÚRA

- AHOKAS H. 2012. Cytokinins in the spring sap of curly birch (*Betula pendula* f. *carelica*) and the non-curly form. *Journal of Plant Physiology*, 118 (1): 33–39. DOI: 10.1016/S0176-1617(85)80162-0
- BIELY A., BEZÁK V., ELEČKO M., KALIČIAK M., KONEČNÝ V., LEXA J., MELLO J., NEMČOK J., POTFAJ M., RAKÚS M., VASS D., VOZÁR J., VOZÁROVÁ A. 1996. Geologická mapa Slovenskej republiky 1: 500 000. Bratislava, MŽP SR, ŠGÚDŠ.
- DITMAR O. 1991. In vitro regeneration of curly birch (*Betula pendula* var. *carelica*). *Thaiszia, Košice*, 1: 119–124.
- ĐURKOVIČ J. 1996. The effect of external and internal factors on rooting of curly birch (*Betula pendula* var. *carelica*) shoots in vitro. *Lesnictví – Forestry*, 42 (4): 168–173.
- EWALD D., NAUJOKS G., KOHLSTOCK N., PIERGERT H. 1996. Erfahrungen und Forderungen zum Anbau in-vitro vermehrter Braunmasebirken. *AFZ/Der Wald*, 14: 767–769.
- GALIBINA N.A., NOVITSKAYA L.L., KRASAVINA M.S., MOSHCENSKAJA YU.L. 2015a. Activity of sucrose synthase in trunk tissues of Karelian birch during cambial growth. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62 (3): 381–389.
- GALIBINA N.A., NOVITSKAYA L.L., KRASAVINA M.S., MOSHCENSKAJA YU.L. 2015b. Invertase activity in trunk tissues of Karelian Birch. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62 (6): 753–760.
- HAGQVIST R. 2007. Curly birch (*Betula pendula* var. *carelica*) and its management in Finland. In: Production and utilization of high quality birch. COST E42 – growing valuable broadleaved tree species meeting & workshop. Finland, 10–14. June 2007. [20 s.] Dostupné na/Available on: http://www.valbro.uni-freiburg.de/pdf/pres_fin_curly_birch.pdf
- HEJTMÁNEK J. 1957. Ještě o kamenné bříze. *Lesnická práce*, 36 (1): 17–18.
- JEVDOKIMOV A.P. 1989. *Biologia i kultura karelskoj berezy*. Leningrad, Izdatelstvo Lenigradskovo universiteta: 228 s.
- KOŘÍNEK J. 1956. Kamenná břiza. *Lesnická práce*, 35 (9): 400–402.
- KOZMIN A.V., BUTORINA A.K. 1985. Spontannyj triploid berezy karelskoj. *Lesovedeniye*, 6: 71–76.
- LAPIN M., FAŠKO P., MELO M., ŠĚSTNÝ P., TOMLAIN J. 2002. Klimatické oblasti 1:1 000 000. Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava, MŽP SR; Banská Bystrica, SAŽP Banská Bystrica.
- LJUBAVSKAJA A.J. 1975. Karelskaja bereza i jeho mesto v sisteme rodu *Betula*. *Trudy instituta ekologii rastenij i životnych*, 91: 53–59.
- LJUBAVSKAJA A.J. 1978. Karelskaja bereza. Moskva, Lesnaja promyšlennost': 142 s.
- LUKÁČIK I., ČÍŽOVÁ M., JEŽOVIČ V., ŠKVARENINOVÁ J. 2005. *Arborétum Borová hora 1965–2005*. Zvolen, TU vo Zvolene: 90 s.
- MASHKINA O.S., BUTORINA A.K., TABATSKAJA T.M. 2011. Karelian birch (*Betula pendula* var. *carelica*) as a model for studying genetic and epigenetic variation related to the formation of patterned wood. *Russian Journal of Genetics*, 47 (8): 1073–1080.
- NIKOLAJEVA N.N., NOVITSKAJA L.L. 2009. Influence of assimilative apparatus on birch wood formation. *Acta Horticulturae*, 835: 109–116.
- NOVITSKAJA L.L., KUSHNIR F.V. 2006. The role of sucrose in regulation of trunk tissue development in *Betula pendula* Roth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 25: 18–29. DOI: 10.1007/s00344-004-0419-2
- PAGAN J. 1987. Breza biela svalcovitá. In: *Biologické aspekty integrovaného hospodárstva lesných ekosystémoch*. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie. Zvolen, VŠLD: 169–172.
- PAGAN J. 1992. Genofond brezy svalcovitej na Slovensku. In: *International Symposium at the occasion of the 100th Anniversary of the Arboretum Mlyňany Foundation 1892–1992*. Bratislava, Veda: 269–274.
- PAGAN J., PAGANOVÁ V. 1994. Breza biela svalcovitá (*Betula alba* L. var. *carelica* Merk.) na Slovensku. Zvolen, TU vo Zvolene: 75 s. *Vedecké a pedagogické aktuality*.
- PAGAN J., RANDUŠKA P. 1987. *Atlas drevín 1*. Bratislava, Obzor: 360 s.
- ROLOFF A., BÄRTELS A. 1996. *Gehölze. Bestimmung, Herkunft und Lebensbereiche, Eigenschaften und Verwendung*. Stuttgart, Ulmer: 694 s.
- SARVAS R. 1958. Kaksi triploidista haapaa ja koiuvua. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*, 49 (7): 1–25.
- SALMI A., HINTIKKA T., KARPPINEN T., FORSMAN P., HAEGGSTRÖM. E. 2009. Automated differentiation of curly and silver birch by ultrasound attenuation. *Journal of Applied Physics*, 105 (2): DOI: 10.1063/1.3068199
- SAZONOVA T., PRIDACHA V., OLCHEV A. 2012. The water regime of silver (*Betula pendula* Roth) and Karelian (*Betula pendula* var. *carelica*) birches under sufficient and limited soil moisture conditions. In: *EGU General Assembly 2012, held 22–27 April 2012 in Vienna, Austria*. Geophysical Research Abstracts, 14: EGU 2012-7168-3.
- SIBUL I., HABICHT K.L., PLOOMI A. 2011. Curly birch stands and cultivation results in Estonia. In: Novitskaya, L.L. (ed.): *Structural and functional deviations from normal growth and development of plants under the influence of environmental factors*. International conference. Petrozavodsk, 20–24 June 2011. Petrozavodsk, KarRC RAS: 310–313.
- STATSOFT INC. 1999. *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft. [online]. Dostupné na/Available on: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>
- VÁCLAV E. 1963. Rozšíření, stanovištní podmínky a růst svalcovité (karelské) břízy v Evropě. *Sborník Lesnické fakulty VŠZ, Praha*, 6: 217–237.
- VÁCLAV E. 1965. Dědičné vlastnosti a šlechtění svalcovité (karelské) břízy. *Sborník Lesnické fakulty VŠZ, Praha*, 8: 269–289.
- VÁCLAV E. 1975/76. Kvalita osiva z umělého opylování svalcovité břízy. *Sborník Vědeckého lesnického ústavu Vysoké školy zemědělské, Praha*, 18/19: 133–142.
- VÁCLAV E. 1977. Růst generativních kříženců a roubovanců svalcovité břízy. *Sborník Vědeckého lesnického ústavu Vysoké školy zemědělské, Praha*, 20: 51–72.

QUANTITATIVE CHARACTERISTICS AND PHENOTYPIC EXPRESSIONS OF CHOSEN CURLY BIRCH ORIGINS ARCHIVED IN THE BORO VÁ HORA ARBORETUM (SLOVAKIA)

SUMMARY

Curly birch (*Betula pendula* Roth. var. *carelica* Merkl.) is a rare tree taxon of initial succession communities naturally occurring also in Slovakia. Target searching of its population and extensive research of its phenotypic properties begun in 1976 (PAGAN 1987). This article deals with quantitative and qualitative expressions of curly birch origins, which were found in the Nížké Beskydy Mts. (Czech Republic) and then grafted and planted or sown in the Borová Hora Arboretum (Slovakia). Main goals are (1) to evaluate quantitative characteristics of all individuals with the vegetative and generative origin, and (2) to assess transfer and development of heritable traits, especially bark colour, swirls and type of growth.

Transfer of qualitative characteristics on next generation is assessed through the pivot tables. We have found out that vegetative individuals are usually with white bark (80.2%), and in shrubby growing type (84.7%). Arborescent or individuals with dark bark are in the minority. The majority of the population creates agglomerate swirls (44.6%), what is the best quality of the swirls. At the same time, shallow and annular swirls are quite numerous (each with 25.4%). Hereditary transmission of swirls highly varies, and it appears to be independent of the original form. Only the type of growth has a significant influence on biometric characteristics. Arborescent and shrubby individuals differ significantly only in values of height and crown base height ($p < 0.05$; ANOVA). Generative individuals are mostly arborescent (61%) with white bark. Dark bark occurred only in 7.3%. On the contrary, shallow swirls have a very high proportion (43.9%) at the expense of agglomerate (26.8%). Presence of arborescent white individuals without swirls (19.5%) is the result of the population cleavage. Biometric characteristics are again significantly influenced only by growing type in the case of height.

Despite the high phenotypic variability and linkage of curly birch to extreme environmental factors, our results show that it is possible to grow its high-quality subsequent generations in non-original conditions. Due to the very high profitability of the wood as well as low requirements on living conditions, curly birch becomes a perspective tree with a wide range of application.

Zasláno/Received: 05. 12. 2016

Přijato do tisku/Accepted: 06. 02. 2017