

VLIV VÝCHOZÍ HUSTOTY SAZENIC NA MORFOLOGICKOU KVALITU NADZEMNÍ ČÁSTI BOROVICE LESNÍ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) 8 LET PO VÝSADBĚ

INITIAL DENSITY OF TRANSPLANTS AND ITS EFFECT ON THE MORPHOLOGICAL QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ABOVE-GROUND PART EIGHT YEARS AFTER PLANTING

KATEŘINA HOUŠKOVÁ  - OLDŘICH MAUER

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ - 613 00 Brno

 e-mail: katerina.houskova@mendelu.cz

ABSTRACT

Morphological quality of the above-ground part of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) transplants was assessed eight years after planting on a drought-prone site rich in nutrients. Three plots of different initial density of the young plantations were compared: 10,000–11,100 pcs/ha, 7,700–8,300 pcs/ha and 6,250–6,700 pcs/ha. We ascertained the effect of the plantation density on the stem diameter, number of branches, their diameter and length, count of needle age classes and their length. The tested density of trees did not affect stand height, crown-setting height and setting height of the largest-diameter branches. The highest density plantation (10,000–11,100 pcs/ha) showed signs of more severe competition among the trees (smaller stem diameter, shorter needles, more expeditious self-pruning of the stem). The higher the stand density, the better was the morphological quality of trees. Pine trees in the plantations of higher densities exhibited finer branching (lower number of branches, which were shorter and thinner) and more expeditious self-pruning of stems (lower number of branches, lower diameter of branches and lower count of needle age classes in the lower part of the crown). As to the above-ground part quality of trees, the density of Scots pine suiting best this site appears to be 10,000–11,100 pcs/ha.

Klíčová slova: borovice lesní, umělá obnova lesa, hustota kultur, kvalita kultur

Key words: Scots pine, artificial forest regeneration, density of plantations, quality of plantations

ÚVOD

Základní podmínkou vypěstování kvalitních lesních porostů je použití reprodukčního materiálu pocházejícího z geneticky hodnotných zdrojů, protože morfologické a fyziologické znaky stromů jsou dědičně podmíněny (EGBACK et al. 2012; MALINAUSKAS 1999). Velkou roli hraje také zvolený školkařský management – způsob pěstování sadebního materiálu (NÁROVCOVÁ 2010b). Na budoucí kvalitu porostu má však zásadní vliv také hustota výsadby (PÁV 1985a, 1985b; MRÁČEK 1978 aj.), i když ojediněle se můžeme setkat s názorem, že tomu tak není (MELZER et al. 1992). Otázka vhodného hektarového počtu sazenic a jejich sponu v kulturách se řeší již od 19. století (COTTA 1821 in MRÁČEK 1965; BURKHARDT 1870 in MRÁČEK 1965) a aktuální je i dnes (NILSSON, ALBREKTSON 1994; STRAND et al. 1997; EGBACK et al. 2012 a další). Mezi diskutované dřeviny patří borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), jejíž hektarové počty sazenic používané při umělé obnově lesa se v průběhu času značně měnily. Po 2. světové válce byl zaznamenán jejich prudký nárůst (např. v NSR 30 000 ks/ha, Polsku 14 000–20 000 ks/ha, Československu 15 000–20 000 ks/ha), který byl motivován snahou co nejrychleji zajistit porosty po zalesnění holin (MRÁČEK 1965). K tomu přispívalo i přesvědčení, že hustě vysázená kultura má lepší vyhlídky přečkat škody způsobené zvěří. Praxe však ukázala, že vysoké normy pro výsadbu úspěch nezaručují a hektarové počty sazenic borovice začaly klesat. V České republice je nutno v tomto směru respektovat příslušná legislativní omezení. Je-li borovice lesní vysazována jako základní dřevina a jde-li o prostokořenný sadební materiál, stanoví vyhláška 139/2004 Sb. povinnost použít

minimálně 9000 ks sazenic/ha (pro nižší polohy, exponovaná, kyselá a živná stanoviště – HS 13, 21, 23, 25, 31, 35) nebo 8000 ks sazenic/ha (pro střední a vyšší polohy převážně kyselá, částečně i exponovaná a živná stanoviště – HS 43, 53, 41, 45, 51, 55 a všechna stanoviště ovlivněná vodou – HS 19, 27, 29, 39, 57, 01). Na důležitost stanoviště pro volbu výchozích počtů sazenic borovice lesní upozorňují také MRÁČEK (1965, 1978), MÜLLER et al. (1968) a YUODVAL'KIS, OZOLINCHYUS (1987). Na lepších bonitách mají totiž borovice naší proveniencí sklon k tvorbě hrubých větví (MRÁČEK 1978). BAUMANN (1960) považuje za důležitou otázku stáří a vyspělosti sazenic. Čím starší a vyspělejší sazenice borovice jsou vysazovány, tím větší vzdálenost mezi nimi by měla být volena. Tomu odpovídají i nižší minimální hektarové počty při výsadbě poloodrostků a odrostků ve vyhlášce 139/2004 Sb.

Podobně jako v České republice, doporučují vysazovat 8000–10 000 ks borových sazenic na 1 ha v Polsku (GIL 2006). NEVZOROV (1970) zjistil, že nejlepší kvality dosahují porosty s vyšší výchozí hustotou (13 300–20 000 rostlin/ha) a za praktické optimum považuje 13 300 rostlin/ha. Také HUURI a LAHDE (1985) tvrdí, že kvalita nejcennějších výřezů ve spodní části kmene borovic v mýtním věku stoupá při výchozích hustotách vyšších než 10 000 ks/ha. LOYCKE (1965) pokládá za nejlepší borové kultury založené 20 000–30 000 ks/ha. KUZ'MICHEV a SAVICH (1979) upozorňují, že hustší výsadby dosahují dříve limitujících morfologických parametrů stromů, proto je nutno u nich plánovat dříve první výchovné zásahy a stromy uvolnit. V odborné literatuře se však vyskytují informace o tom, že kvalitní borové porosty lze vypěstovat i z výsadeb založených nižším počtem sazenic na 1 ha, než je dnes

používán. Dle MALINAUSKASE (1999) je možno vysazovat 3000–8000 sazenic borovice lesní na 1 ha půdy. MÜLLER et al. (1968) podotýkají, že se snižováním hustoty porostu se stromy hůře čistí od suchých silných větví a doporučují větší vzdálenosti mezi sazenicemi borovice při výsadbě jen tam, kde nehrozí nebezpečí zhoršení kvality produkovaného dřeva a také zabuřnění půdy pod porostem.

Vedle výchozí hustoty kultury je z hlediska co nejvyšší produkce kvalitního dřeva důležitý spon sazenic (Páv 1985a, 1985b). Optimální je dle autora čtvercový spon, dodrží-li se též optimální výchozí počet sazenic na 1 ha. Vzhledem k možnosti využití mechanizačních prostředků je někdy nutno použít řadových (obdélníkových) sponů. Pro zdárný vývoj kultury jsou však podle PÁVA (1985a, 1985b) vhodné jen takové spony, které nemají velké rozdíly mezi šířkou řad a vzdáleností jednotlivých sazenic v řadách.

Je tedy stále otázkou, zda-li používané hektarové počty sazenic borovice lesní při výsadbách jsou optimální a zda-li legislativa správně stanoví jejich minimum tak, aby byla zajištěna dostatečná kvalita budoucího porostu. Proto cílem tohoto příspěvku je zjistit vliv výchozí hustoty kultury na morfologickou kvalitu nadzemní části borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), což umožní upřesnění hektarových počtů sazenic při výsadbách.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumné plochy s různou výchozí hustotou sazenic borovice lesní se nachází v porostu Lesů České republiky, s. p., na Lesní správě Svítavy v revíru Radiměř (porost 124 A 01d). Stanovištní poměry charakterizuje lesní typ 4C4 (vysychavá bučina s válečkou prapořitou), hospodářský soubor 31 (vysychavá živná stanoviště středních poloh) a nadmořská výška 420 m n. m. Celková výměra porostu je 0,68 ha. Porost byl založen na jaře roku 2005 jamkovou sadbou dvouletých prostokořených semenáčků borovice lesní (2+0) ve sponech a hustotách uvedených v tab. 1. Doposud zde nebyl uskutečněn žádný výchovný zásah, pouze zásahy pro ochranu výsadby (ožínání, ochrana proti klikorohu borovému a zvěři).

Hodnocení morfologické kvality nadzemní části bylo uskutečněno na jaře roku 2013, tedy 8 let po výsadbě, u 10letých borovic. Jednalo se o již zajištěnou kulturu. Na každé ploše byly vybrány 2 řady borovic a v nich dále 22–26 stromů tak, aby vybraní jedinci nebyli pod vlivem tzv. okrajového efektu a zároveň stále rostli v příslušném sponu. Byly u nich zjišťovány tyto parametry:

1. výška (cm) – vzdálenost od půdního povrchu po špici terminálního pupene rostliny;
2. tloušťka (mm) – průměr kmene ve výšce 10 cm nad povrchem půdy;
3. počet přeslenů (ks);
4. vzdálenost mezi jednotlivými přesleny (cm);
5. výška nasazení koruny (cm) – vzdálenost od půdního povrchu po místo nasazení první zelené větve na kmeni.

Tab. 1.

Přehled pokusných ploch s příslušnými údaji o sponu a výchozí hustotě sazenic borovice lesní
Experimental plots with data on the initial spacing and density of Scots pine plantations

Označení plochy/ Plot	Spon sazenic při výsadbě/ Spacing of transplants at planting	Výchozí hustota sazenic (ks/ha)/ Initial density of transplants (pcs/ha)
Plocha 1/Plot 1	1,0 m x 0,9–1,0 m	10 000–11 100
Plocha 2/Plot 2	1,0 m x 1,2–1,3 m	7 700–8 300
Plocha 3/Plot 3	1,0 m x 1,5–1,6 m	6 250–6 700

Pro každý přeslen byl zjišťován:

1. počet větví (ks);
2. tloušťka všech větví (mm) – průměr větví ve vzdálenosti 2 cm od kmene;
3. délka všech větví (cm) – vzdálenost od místa nasazení větve na kmeni po špici terminálního pupene větve;
4. úhel nasazení větvi (°) v místě nasazení větve na kmeni;
5. počet ročníků jehlic na každé větvi (ks);
6. délka tří jehlic uprostřed loňského přírůstu (z r. 2012) hlavní (nejdelší) větve.

Popisná statistika a grafy ze získaných dat byly vypracovány v programu Statistica.

VÝSLEDKY

Výchozí hustoty kultur borovice lesní nemají v této fázi vývoje porostu podstatný vliv na výšku stromů (obr. 1). Také jejich přírůst za poslední tři roky je prakticky srovnatelný (obr. 2). Výchozí hustota sazenic však ovlivňuje tloušťku kmene borovic. Z obr. 3 je patrné, že tloušťka kmene borovic stoupá s klesající hustotou porostu. Zejména na ploše 1 (nejhustší kultura) mají borovice výrazně tenčí kmen než na plochách ostatních s nižší hustotou stromů; interval spolehlivosti příslušného souboru dat se nepřekrývá s ostatními.

Borovice na pokusných plochách se víceméně neliší ve výšce nasazení koruny (obr. 1), tj. ve výšce nasazení první zelené větve na kmeni. Na ploše 1 (nejhustší kultura) byl zaznamenán podstatně nižší počet větví (obr. 4), větší úhel nasazení větví na kmeni (obr. 5) a kratší jehlice (obr. 6). S klesající hustotou kultury (od plochy 1 po plochu 3) významně rostla tloušťka větví (obr. 7) a jejich délka (obr. 8) a zvyšoval se rovněž počet ročníků jehlic (obr. 9).

Podrobnější informace o charakteru koruny však poskytnou údaje o větvích a asimilačním aparátu, pokud budou vyjádřeny zvlášť pro jednotlivé přesleny. Z tab. 2 je patrné, že na plochách převažují borovice, které mají 6 nebo 7 přeslenů, proto byl vypracován přehled údajů o charakteru koruny po přeslenech pro borovice se 6 a 7 přesleny zvlášť (tab. 3, 4, 5). Dle tab. 2 je rovněž možno říci, že na ploše 3 (nejslabší hustota kultury) je podstatně méně borovic (o cca polovinu), které mají 7 přeslenů a více.

Počet větví v přeslenu prvních 7 let pěstění borovic rostl, poslední 3 roky se ustálil na cca 6–8 větvích v jednom přeslenu (tab. 3, 4, 5). Dle obr. 4 mají borovice na ploše 1 (nejhustší výsadba) výrazně méně větví oproti plochám ostatním. Z tab. 3, 4 a 5 je potom zřejmé, že v každém přeslenu je zhruba o 1 větev méně. Tloušťka i délka větví směrem od vrcholu koruny roste až do 3. nebo 4. přeslenu, kdy dosáhne maxima a poté směrem ke spodní části koruny klesá. Rozdíly v tloušťce větví mezi plochami se pohybují od 0 po 5 mm, v délce od 0 po 16 cm. Čím větší tloušťky a délky větví borovice v přeslenu dosahují, tím je zpravidla větší rozdíl v těchto parametrech mezi plochami. To znamená, že zhruba uprostřed koruny, ve 3.–4. přeslenu jsou větve

v hustších kulturách tenčí a kratší. Úhel nasazení větví na kmeni roste od shora stromů směrem dolů. Přestože výrazně většího úhlu nasazení větví dosahuje plocha 1 (obr. 5), důležitá z tohoto hlediska je především hlavní, střední část koruny, přesleny s nejdělsími větvemi (3.–4. přeslen), které jsou pod přímým vlivem boční konkurence stromů. Porovnáme-li potom plochy v úhlu nasazení větví v 3.–4. přeslenu, srovnatelné jsou plochy 1 (průměrně 64°) a 2 (65°) – hustší kultury. Výrazně menšího úhlu nasazení větví v těchto přeslenech dosahují borovice na ploše 3 (61°). Z praktického hlediska je však tento rozdíl zanedbatelný.

První přeslen, vytvořený jako poslední v roce 2012, umístěný na vrcholu koruny má logicky 1 ročník jehlic. Další dva přesleny mají zpravidla 2 ročníky jehlic, dále počet ročníků jehlic v koruně směrem dolů klesá až na 0 v posledním přeslenu. Čím hustší je výsadba, tím rychleji počet ročníků jehlic klesá. Délka jehlic na borovicích klesá směrem od horní části koruny dolů. Podle obr. 6 mají borovice na ploše 1 (nejhustší výsadba) podstatně kratší jehlice (o cca 1,5–2,0 cm). Tab. 3–5 potom ukazují, že u borovic se 6 přesleny je tento rozdíl patrný především u jehlic v 1.–3. přeslenu od shora, u borovic se 7 přesleny u jehlic v 2.–4. přeslenu.

Na ploše 1 (nejhustší kultura) mají nejsilnější větve na borovicích výrazně menší tloušťku (obr. 10) a jsou kratší (obr. 11). Z tab. 6 je patrné, že na dané ploše se většina těchto větví (81 %) nachází ve třetím přeslenu odshora a u ostatních ploch, řídkších kultur, je cca polovina nejsilnějších větví v nižších přeslenech. V nejhustší kultuře (plocha č. 1) byly tedy vytvořeny nejsilnější větve později, ale ve výšce nasazení těchto větví se stromy na pokusných plochách od sebe významně neliší (obr. 1).

DISKUSE

Porovnáme-li celkovou výšku stromů u borovice lesní vysazované v různém sponu 1 x 0,9–1,6 m (6250–11 100 ks/ha), je ve věku 10 let srovnatelná, stejně jako délky přírůstků za poslední 3 roky. Páv (1985a, 1985b) a MÜLLER et al. (1968) však určitý vliv hustoty stromů na jejich výšku v raných stádiích vývoje porostu zaznamenali.

GIL (2006), který porovnával výchozí hustoty borovice lesní 4630–15 625 ks/ha, nicméně tvrdí, že pokud jsou stromy v porostu postupně uvolňovány výchovnými zásahy, lze ve 40 letech věku porostu dosáhnout srovnatelné výšky. Tloušťkový růst výchozí hustota kultur ovlivňuje silněji (MALINAUSKAS 2003; MÜLLER et al. 1968). V nejhustší kultuře (10 000–11 100 borovic/ha) jsme zjistili výrazně nižší tloušťku kmene, což vede při srovnatelné výšce stromů k tvorbě nepříznivého stíhlostního koeficientu. To může znamenat nezbytnost dříve realizovat první výchovný zásah, jak upozorňují rovněž KUZ'MICHEV, SAVICH (1979). Podle MÜLLERA et al. (1968) se rozdíl v tloušťce kmene při těchto výchozích hustotách kultur během 60 let vývoje porostů vyrovná, i když v menším měřítku než je tomu u výšky stromů.

Morfologická kvalita borovic je dána především charakterem větvení. Jedním ze základních znaků kvality je počet větví na kmeni. Ten je výrazně menší v nejhustších kulturách (10 000–11 100 borovic/ha), a to v průměru o 1 větev v každém přeslenu oproti hustotám ostatním. Rovněž MALINAUSKAS (1999) zjistil podobný vliv hustoty stromů na počet větví v přeslenu, ale upozorňuje, že variabilita v tomto parametru (stejně jako v tloušťce větví) je velmi individuální. Proto doporučuje pro zlepšení kvality porostu selekci stromů při výchovných zásazích podle kvalitativních znaků. Náš experiment potvrdil, že hustota porostu výrazně ovlivňuje také tloušťku a délku větví; čím hustší je porost, tím jemnější je ovětvení (méně větví, kratší a tenčí větve) a lepší kvalita porostu. V nejhustší kultuře mají navíc nejsilnější větve podstatně menší tloušťku a jsou kratší. K podobným závěrům dospěli MRÁČEK (1978), SALMINEN, VARMOLA (1993) a MALINAUSKAS (2003).

V hustších kulturách dochází k rychlejšímu samočištění kmenů (MÜLLER et al. 1968; NILSSON, ALBRETSON 1994). V našem experimentu o tom svědčí nejen jemnější ovětvení ve spodní části korun, ale i nižší počet ročníků jehlic na spodních větvích v nejhustší kultuře. Menší délka jehlic zde zřejmě souvisí s nižším množstvím přístupných živin a vody pro jednotlivé stromy (MANDRE et al. 2010), tedy se silnější konkurencí borovic mezi sebou ve srovnání s méně hustými kulturami.

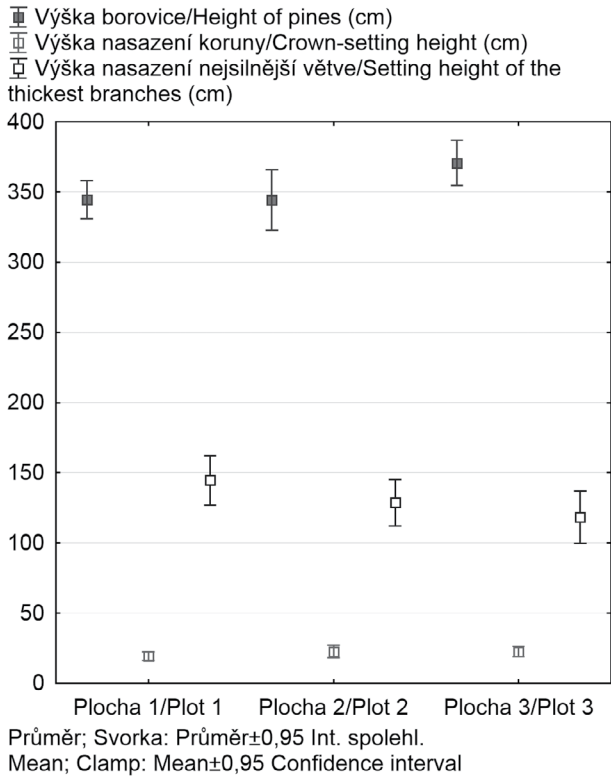
Výsledky ukazují, že 8 let po výsadbě mají nejlepší morfologickou kvalitu nadzemní části borovice rostoucích v hustotě 10 000–11 100 stromů/ha. Řidší kultury (6250–8300 stromů/ha) vykazují horší charakter ovětvení, a to tím více, čím větší je jejich výchozí spon, což souhlasí se závěry MRÁČKA (1978) a HUURIHO, LAHDEHO (1985). Vyhláška 139/2004 Sb. stanoví při výsadbě na předem stanoviště minimálně 9000 borovic/ha, připouští však do doby zajištění 20% ztráty. To znamená, že za zajištěnou kulturu (při splnění ostatních atributů) lze považovat plochu, kde roste 7200 životaschopných borovic/ha. A jelikož byly v našem experimentu ztráty při zalesnění nulové, splňují zákonné minimum počtu životaschopných jedinců v kultuře rovněž borovice rostoucí ve „střední“ hustotě (7700–8300 ks/ha), ale přesto vykazují horší morfologickou kvalitu nadzemní části stromů ve srovnání s nejhustší kulturou (10 000–11 100 ks/ha). V praxi je však nezbytné s jistými ztrátami po výsadbě s ohledem na zjištění MRÁČKA (1978) či NÁROVCOVÉ (2010a) počítat. Je tedy otázkou, zda postupné snižování hektarových počtů semenáčků a sazenic při výsadbě se nedělo na úkor kvality budoucích porostů. Literatura však uvádí, že morfologické charakteristiky se mohou měnit s věkem porostu i výchovnými zásahy, zejména v raném období vývoje (DUŠEK et al. 2011). Proto je nutné dlouhodobější sledování kultur v těchto experimentech.

ZÁVĚR

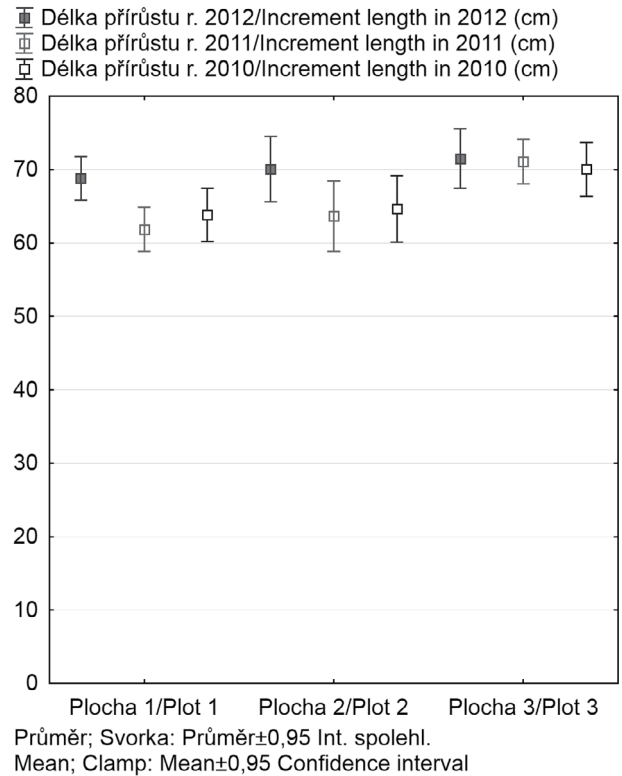
Z dosažených výsledků vyplývá, že 8 let po výsadbě dosahuje nejlepší morfologické kvality stromů nejhustší kultura 10 000–11 100 borovic/ha. Borovice jsou v této hustotě jemněji ovětveny (nižší počet, tloušťka a délka větví) a rychleji se čistí (menší počet větví, tenčí větve a menší počet ročníků jehlic ve spodní části koruny). Vykazují také známky silnější konkurence stromů (menší tloušťka kmene, kratší jehlice, rychlejší samočištění kmene). Se snižováním hustoty porostu potom morfologická kvalita stromů klesá. Rovněž u výsadby s hustotou stromů 7700–8300 borovic/ha, tedy nad hranici zákonného minima v době zajištění porostu (9000 borovic/ha s přípustnými 20% ztrátami, tj. 7200 borovic/ha), jsou kvalitativní parametry stromů horší ve srovnání s hustší kulturou. Výsledky tedy naznačují, že používání „hektarových počtů sazenic“ blížících se hranici zákonného minima by mohlo být na úkor kvality borových porostů. Potvrzení a další upřesnění výsledků však vyžaduje dlouhodobější pozorování ploch.

Poděkování:

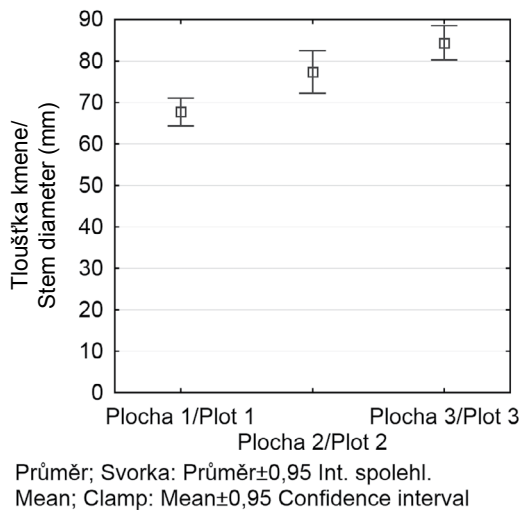
Studie byla vytvořena za finanční pomoci projektu KUS QJ1230330. Autoři děkují také pracovníkům Lesní správy Svitavy Lesů České republiky, s. p., za spolupráci při realizaci projektu.



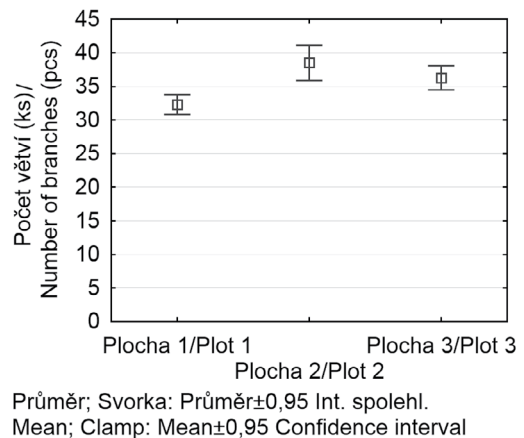
Obr. 1.
Celková výška, výška nasazení koruny a výška nasazení nejsilnější větve borovic na pokusných plochách
Fig. 1.
Total height, crown-setting height and setting height the thickest branches of pines on the experimental plots



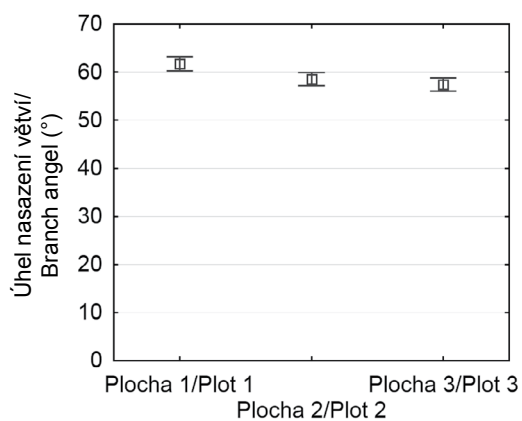
Obr. 2.
Délka přírůstů borovic za poslední 3 roky na pokusných plochách
Fig. 2.
Increment length of pines in the last 3 years on the experimental plots



Obr. 3.
Tloušťka kmene borovic na pokusných plochách
Fig. 3.
Pine stem diameter on the experimental plots

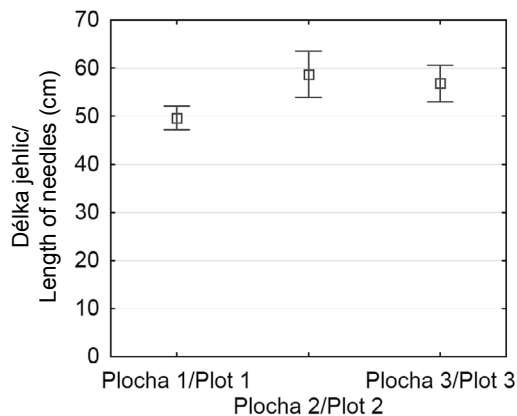


Obr. 4.
Počet větví na kmeni borovic na pokusných plochách
Fig. 4.
Number of branches on pine stems on the experimental plots



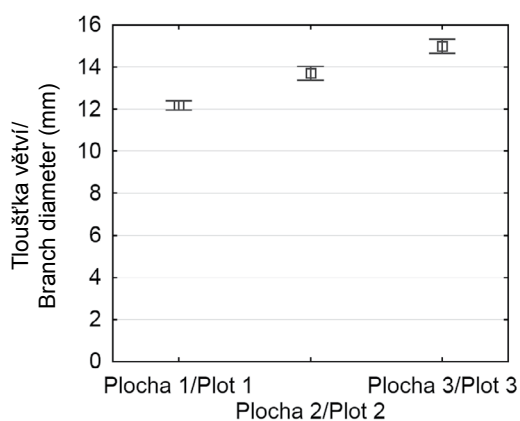
Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 5.
Úhel nasazení větví na kmeni borovic na pokusných plochách
Fig. 5.
Branch angle on pine stems on the experimental plots



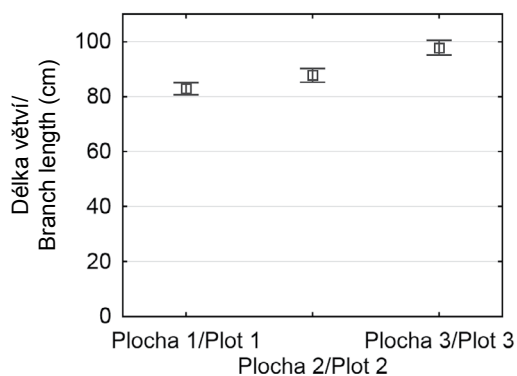
Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 6.
Délka jehlic u borovic na pokusných plochách
Fig. 6.
Length of pine needles on the experimental plots



Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 7.
Tloušťka větví u borovic na pokusných plochách
Fig. 7.
Branch diameter of pines on the experimental plots

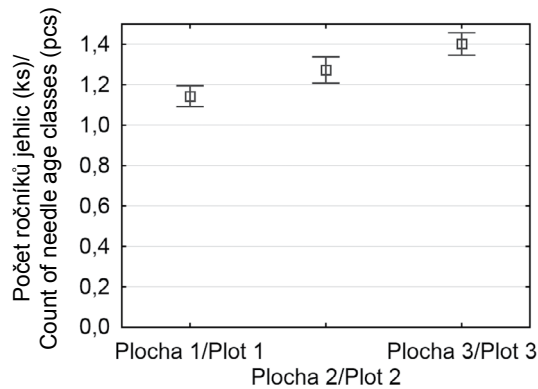


Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 8.
Délka větví u borovic na pokusných plochách
Fig. 8.
Branch length of pines on the experimental plots

Tab. 2.
Procentický podíl borovic s různým počtem přeslenů na jednotlivých plochách
Proportions of pines with different whorl counts on the respective plots

Označení ploch/ Plot	Podíl borovic/Proportion of pines (%)				
	se 4 přesleny/ with 4 whorls	s 5 přesleny/ with 5 whorls	se 6 přesleny/ with 6 whorls	se 7 přesleny/ with 7 whorls	s 8 přesleny/ with 8 whorls
Plocha 1/Plot 1	0	8	46	46	0
Plocha 2/Plot 2	4	9	48	35	4
Plocha 3/Plot 3	0	5	73	23	0



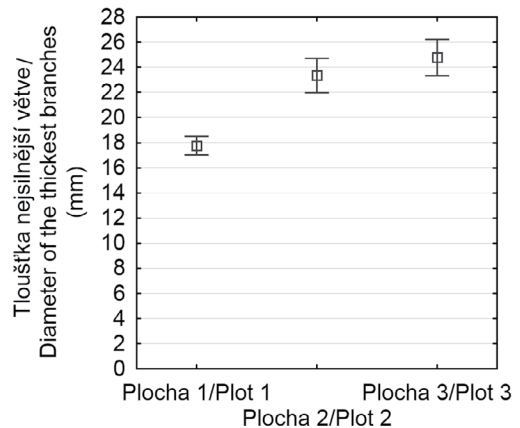
Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 9.

Počet ročníků jehlic na větvích borovic na pokusných plochách

Fig. 9.

Count of needle age classes on pine branches on the experimental plots



Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 10.

Tloušťka nejsilnějších větví borovic na pokusných plochách

Fig. 10.

Diameter of the thickest branches of pines on the experimental plots

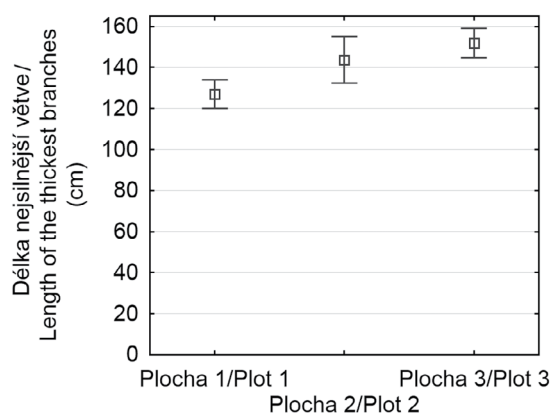
Tab. 3.

Základní charakteristiky korun borovic na ploše 1 (aritmetický průměr; směrodatná odchylka uvedena pro přehlednost pouze průměrná pro všechny přesleny)

Basic crown characteristics of pines on the plot 1 (arithmetic mean; standard deviation is presented only as a mean for all whorls)

Přesleny (směrem odshora dolů)/ Whorls (from the top)	Pro borovice se 6 přesleny/For pines with 6 whorls					
	Počet větví/ Number of branches (ks)/(pc)	Tloušťka větví/ Branch diameter (mm)	Délka větví/ Branch length (cm)	Úhel nasazení větví/ Branch angle (°)	Počet ročníků jehlic/ Count of needle age classes (ks)/(pc)	Délka jehlic/ Length of needles (cm)
1. přeslen/Whorl 1	6,2	09	41,7	30	1,0	6,3
2. přeslen/Whorl 2	6,4	13	81,6	74	2,0	5,0
3. přeslen/Whorl 3	6,2	15	109,0	68	1,8	4,6
4. přeslen/Whorl 4	5,1	14	101,6	62	1,1	4,3
5. přeslen/Whorl 5	4,6	12	93,1	63	0,3	4,5
6. přeslen/Whorl 6	2,7	08	53,0	81	0,0	
Prům. sm. odch./ Mean standard deviation	1,0	2	12,8	10	0,3	0,9

Přesleny (směrem odshora dolů)/ Whorls (from the top)	Pro borovice se 7 přesleny/For pines with 7 whorls					
	Počet větví/ Number of branches (ks)/(pc)	Tloušťka větví/ Branch diameter (mm)	Délka větví/ Branch length (cm)	Úhel nasazení větví/ Branch angle (°)	Počet ročníků jehlic/ Count of needle age classes (ks)/(pc)	Délka jehlic/ Length of needles (cm)
1. přeslen/Whorl 1	6,3	10	47,1	30	1,0	6,3
2. přeslen/Whorl 2	6,5	13	83,4	72	1,9	5,5
3. přeslen/Whorl 3	6,3	15	116,4	66	1,8	4,4
4. přeslen/Whorl 4	5,2	14	117,7	61	1,1	3,8
5. přeslen/Whorl 5	3,9	12	90,8	64	0,2	3,6
6. přeslen/Whorl 6	3,4	10	64,4	79	0,03	3,0
7. přeslen/Whorl 7	1,8	08	49,6	88	0,0	
Prům. sm. odch./ Mean standard deviation	1,0	2	12,3	10	0,2	0,8



Průměr; Svorka: Průměr±0,95 Int. spolehl.
Mean; Clamp: Mean±0,95 Confidence interval

Obr. 11.

Délka nejsilnějších větví borovic na pokusných plochách

Fig. 11.

Length of the thickest branches of pines on the experimental plots

Tab. 6.

Umístění nejsilnější větve na borovicích na jednotlivých plochách
Position of the largest-diameter branch on Scots pines on the respective plots

Označení ploch/ Plot	Podíl borovic s nejsilnější větví/Proportion of Scots pines with the largest-diameter branch (%)			
	ve 2. přeslenu/ whorl 2	ve 3. přeslenu/ whorl 3	ve 4. přeslenu/ whorl 3	v 5. přeslenu/ whorl 3
Plocha 1/Plot 1	0	81	15	4
Plocha 2/Plot 2	4	57	39	0
Plocha 3/Plot 3	0	50	36	14

Tab. 4.

Základní charakteristiky korun borovic na ploše 2 (aritmetický průměr; směrodatná odchylka uvedena pro přehlednost pouze průměrná pro všechny přesleny)

Basic crown characteristics of pines on the plot 2 (arithmetic mean; standard deviation is presented only as a mean for all whorls)

Pro borovice se 6 přesleny/For pines with 6 whorls						
Přesleny (směrem odshora dolů)/ Whorls (from the top)	Počet větví/ Number of branches (ks)/(pc)	Tloušťka větví/ Branch diameter (mm)	Délka větví/ Branch length (cm)	Úhel nasazení větví/ Branch angle (°)	Počet ročníků jehlic/ Count of needle age classes (ks)/(pc)	Délka jehlic/ Length of needles (cm)
1. přeslen/Whorl 1	7,7	10	43,3	31	1,0	7,5
2. přeslen/Whorl 2	7,3	14	82,0	61	1,9	6,9
3. přeslen/Whorl 3	8,1	16	111,3	69	1,9	5,9
4. přeslen/Whorl 4	6,1	16	118,1	65	1,5	5,0
5. přeslen/Whorl 5	4,6	13	92,8	61	0,4	3,9
6. přeslen/Whorl 6	3,1	10	61,3	71	0,0	
Prům. sm. odch./ Mean standard deviation	1,5	2	16,0	12	0,2	1,1
Pro borovice se 7 přesleny/For pines with 7 whorls						
Přesleny (směrem odshora dolů)/ Whorls (from the top)	Počet větví/ Number of branches (ks)/(pc)	Tloušťka větví/ Branch diameter (mm)	Délka větví/ Branch length (cm)	Úhel nasazení větví/ Branch angle (°)	Počet ročníků jehlic/ Count of needle age classes (ks)/(pc)	Délka jehlic/ Length of needles (cm)
1. přeslen/Whorl 1	7,4	10	41,3	33	1,0	7,0
2. přeslen/Whorl 2	8,4	14	81,5	58	2,0	6,8
3. přeslen/Whorl 3	7,5	20	126,8	60	1,9	5,9
4. přeslen/Whorl 4	7,1	17	124,9	61	1,4	5,3
5. přeslen/Whorl 5	6,6	14	101,2	58	0,4	3,5
6. přeslen/Whorl 6	4,0	11	75,7	76	0,0	
7. přeslen/Whorl 7	2,1	10	61,1	85	0,0	
Prům. sm. odch./ Mean standard deviation	1,3	2	12,0	9	0,1	1,1

Tab. 5.

Základní charakteristiky korun borovic na ploše 3 (aritmetický průměr; směrodatná odchylka uvedena pro přehlednost pouze průměrná pro všechny přesleny)

Basic crown characteristics of pines on the plot 3 (arithmetic mean; standard deviation is presented only as a mean for all whorls)

Pro borovice se 6 přesleny/For pines with 6 whorls						
Přesleny (směrem odshora dolů) Whorls (from the top)	Počet větví Number of branches	Tloušťka větví Branch diameter	Délka větví Branch length	Úhel nasazení větví Branch angle	Počet ročníků jehlic Count of needle age classes	Délka jehlic Length of needles
	(ks)/(pc)	(mm)	(cm)	(°)	(ks)/(pc)	(cm)
1. přeslen/Whorl 1	7,0	12	48,9	30	1,0	7,4
2. přeslen/Whorl 2	7,4	16	94,9	67	2,0	6,5
3. přeslen/Whorl 3	7,3	19	129,1	60	2,1	5,8
4. přeslen/Whorl 4	5,9	17	130,6	61	1,8	4,6
5. přeslen/Whorl 5	5,2	14	106,2	60	0,6	4,3
6. přeslen/Whorl 6	3,0	9	65,8	81	0,02	2,6
Prům. sm. odch. Mean standard deviation	1,3	2	12,7	11	0,2	1,1
Pro borovice se 7 přesleny/For pines with 7 whorls						
Přesleny (směrem odshora dolů) Whorls (from the top)	Počet větví Number of branches	Tloušťka větví Branch diameter	Délka větví Branch length	Úhel nasazení větví Branch angle	Počet ročníků jehlic Count of needle age classes	Délka jehlic Length of needles
	(ks)/(pc)	(mm)	(cm)	(°)	(ks)/(pc)	(cm)
1. přeslen/Whorl 1	6,4	12	47,3	30	1,0	7,2
2. přeslen/Whorl 2	7,0	15	92,0	60	2,0	7,2
3. přeslen/Whorl 3	6,8	20	134,0	61	2,2	6,5
4. přeslen/Whorl 4	6,6	19	134,3	63	1,8	5,7
5. přeslen/Whorl 5	5,2	14	102,4	64	0,4	4,7
6. přeslen/Whorl 6	3,4	12	82,7	66	0,1	5,2
7. přeslen/Whorl 7	2,2	10	74,7	70	0,1	4,9
Prům. sm. odch. Mean standard deviation	1,0	3	15,0	10	0,2	0,8

LITERATURA

- BAUMANN A. 1960. Pflanzverbände und ihre Auswirkung auf Massen- und Wertsleistungen unter Berücksichtigung der Kosten. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 15 (29): 411–412.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2011. Experimenty s výchovou borovice lesní na jižní Moravě – Strážnice I a Strážnice III. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (4): 283–290.
- EGBACK S., LIZINIEWICZ M., HOGBERG K.A., EKO P.M., NILSSON U. 2012. Influence of progeny and initial stand density on growth and quality traits of 21 year old half-sib Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Forest Ecology and Management*, 286: 1–7.
- GIL W. 2006. Effect of planting density on growth and quality parameters of trees and stands in age class II in fresh coniferous forest site. *Folia Forestalia Polonica*, 48: 89–105.
- HUURI O., LAHDE E. 1985. Effect of planting density on the yield, quality and quantity of Scots pine plantations. In: Tigerstedt P.M.A. et al. (eds.): *Crop physiology of forest trees. International Conference on Managing Forest Trees as Cultivated Plants. Proceedings. Helsinki, July 23–28, 1984. Helsinki, Helsinki University Press: 295–304.*
- KUZ'MICHEV V.V., SAVICH Y.N. 1979. Effect of planting density on the growth of Scots pine plantations. *Lesovedenie*, 6: 56–63.
- LOYCKE H.J. 1965. Rationelle Jugendpflege der Kiefer. *Forst- und Holzwirt*, 20 (22): 497–504.
- MALINAUSKAS A. 1999. The influence of the initial density and site conditions on Scots pine growth and wood quality. *Baltic Forestry*, 5 (2): 8–19.
- MALINAUSKAS A. 2003. Influence of initial density and planting design on the quality of butt logs in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations. *Baltic Forestry*, 9 (2): 10–15.
- MANDRE M., LUKJANOVA A., PÄRN H., KÖRESAAR K. 2010. State of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under nutrient and water deficit on coastal dunes of the Baltic Sea. *Trees – Structure and Function*, 24 (6): 1073–1085.
- MELZER E.W., BRUNN ER., BRUNN EG., NETZKER W. 1992. Pflanzverband und Kulturqualität bei Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). *Forstarchiv*, 63: 136–142.
- MRÁČEK Z. 1965. Hektarový počet sazenic v lesních kulturách. *Lesnická práce*, 44 (7): 308–310.
- MRÁČEK Z. 1978. Racionální hustota kultur a kvalitativní vývoj porostů smrku a borovice. *Lesnická práce*, 57 (9): 402–407.
- MÜLLER M., MRÁČEK Z., PISKUN B., ŠINDELÁŘOVÁ J. 1968. Spon v lesních kulturách. *České Budějovice, Dům techniky ČSVTS: 123 s.*

- NÁROVCOVÁ J. 2010a. Mortalita výsadeb populací borovice lesní. Zprávy lesnického výzkumu, 55 (4): 299–306.
- NÁROVCOVÁ J. 2010b. Reakce populací borovice lesní na podmínky pěstování v časných fázích ontogenie. Zprávy lesnického výzkumu, 55 (4): 293–298.
- NEVZOROV V.M. 1970. Effectiveness of Scots pine plantations at different planting densities. Lesnoe Khozyaistvo, 6: 29–32.
- NILSSON U., ALBREKTSON A. 1994. Growth and self-thinning in two young Scots pine stands planted at different initial densities. Forest Ecology and Management, 68 (2/3): 209–215.
- PÁV B. 1985a. Optimální spon – nejdůležitější výchovné opatření. Zprávy lesnického výzkumu, 30 (4): 17–19.
- PÁV B. 1985b. Vliv počáteční hustoty kultur na vývoj mladých porostů borovice lesní. Práce VÚLHM, 67: 269–295.
- SALMINEN H., VARMOLA M. 1993. Influence of initial spacing and planting design on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Silva Fennica, 27 (1): 21–28.
- STRAND S., SINES H., DIETRICHSON J. 1997. Timber quality – natural regeneration or planting of Scots pine (*Pinus sylvestris*). Rapport fra Skogforsk, (5): 13 s.
- Vyhláška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkce lesa. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky.
- YUODVAL'KIS A.I., OZOLINCHYUS R.V. 1987. Silvicultural/biological aspects of the optimization of the initial density of Scots pine stands. Lesnoe Khozyaistvo, (9): 20–22.

INITIAL DENSITY OF TRANSPLANTS AND ITS EFFECT ON THE MORPHOLOGICAL QUALITY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ABOVE-GROUND PART EIGHT YEARS AFTER PLANTING

SUMMARY

We tested the influence of Scots pine planting density on the morphological quality of the above-ground part of trees eight years after planting. Spacing between the rows was each time 1.0 m and spacing within the rows was 0.9–1.0 m (stand density 10,000–11,100 pcs/ha), 1.2–1.3 m (stand density 7,700–8,300 pcs/ha), and 1.5–1.6 m (stand density 6,250–6,700 pcs/ha). The stand was established on a drought-prone, fertile site of medium elevations for which a minimum of 9,000 bare-rooted Scots pine seedlings and transplants per hectare at planting was set up with a tolerable mortality of 20% at the time of stand establishment (Decree no. 139/2004 Coll.). Morphological quality of the trees was ascertained on the base of some parameters: tree height, stem diameter, crown-setting height, number of whorls and distances between them. Moreover, all whorls were measured for the number of branches, diameter and length of branches, angle of branch setting, number of needle age classes and needle length. Our results show that the morphological quality of Scots pine trees improves with the increasing stand density on the experimental plots. The best quality was achieved by pines growing in the plantation of the highest density (10,000–11,100 pcs/ha). As compared with the more open stands, the trees exhibited finer branching (lower number – Fig. 4, diameter – Fig. 7, and length of branches – Fig. 8), and more expeditious cleaning (lower number of branches, lower-diameter of branches and lower count of needle age classes in the lower part of the crown; Tab. 3–5). At this density, the pine trees have to face more severe competition, which reflects in lower stem diameter, expeditious cleaning (lower number of needle age classes, lower count of branches, shorter and lower-diameter branches in the lower part of the crown), and shorter branches (Tab. 3–5). This may induce a need of the earlier first tending measure. The hitherto results suggest that the “hectare counts” of Scots pine on the brink of legal minimum for this site could lead to impaired quality of the stands. Regarding the fact that morphological parameters may change with the stand age and applied tending measures, it is highly desirable to continue the experimental plots monitoring.