

VYHODNOCENÍ RŮSTU BUKU LESNÍHO (*FAGUS SYLVATICA* L.) V RŮZNÝCH SVĚTELNÝCH PODMÍNKÁCH

EVALUATION OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) GROWTH IN DIFFERENT LIGHT CONDITIONS

JAN LEUGNER ✉ - ANTONÍN JURÁSEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, CZ - 517 73 Opočno

✉ e-mail: leugner@vulhmop.cz

ABSTRACT

Seedlings of beech, grown on exposed beds in nurseries, are sometimes used for planting under shelter or for planting on a partially shaded site. On the other hand, the seedlings grown on shielded beds can be also planted in the open clear-cut. Therefore, we need to know time and way the plants are able to adapt to this changed light conditions. Two-year-old seedlings grown both on sun-exposed and sheltered-bed were planted. Both types of the planting stock were planted on open-space, site nearby mature trees (side cover) or under mature sparse stand. Seedlings grown as unshielded were significantly higher exhibiting a greater diameter of the root collar compared to seedlings grown on the sheltered bed. During four years of investigation, the greatest height growth was observed in the side-sheltered beeches in clear-cut nearby the mature stand. The sheltered seedlings were significantly shorter. Diameter increment of beech seedlings decreased as they were less exposed to sunlight. It can be concluded that particular site conditions are more important for the juvenile beech performance compared to pre-planting conditions in nursery.

Klíčová slova: buk, světelné podmínky, umělá obnova

Key words: beech, light conditions, artificial regeneration

ÚVOD

Pro zvyšování stability lesních porostů je v rámci dlouhodobé koncepce pěstování lesů v České republice doporučováno zvýšení podílu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ze současných 7,3 % na 18 % (Zpráva 2013). Buk lesní je používán pro obnovu lesa na holinách i v podsadbách. Podle umístění se poté výrazně liší ekologické podmínky, které se mohou výrazně projevit na odrůstání sadebního materiálu po výsadbě. Významný vliv na růst mladých jedinců má přístup světla a s tím související teplotní a vlhkostní poměry konkrétního stanoviště.

Výsadba sazenic stinných dřevin, mezi které buk řadíme, znamená zpravidla velkou fyziologickou zátěž mimo jiné i kvůli změně světelných podmínek proti prostředí během pěstování ve školce. Sazenice rostoucí ve stínu se v porovnání se sazenicemi rostoucími na slunci liší v mnoha morfologických i fyziologických charakteristikách (WELANDER, OTTOSSON 1997; WYKA et al. 2007). Po změně světelných podmínek dochází například k vývoji odlišné anatomické stavby listů a funkčnosti asimilačního aparátu, následně pak i ke změně dynamiky a intenzity růstu. Rozdíly v intenzitě růstu přetrvávaly během několika vegetačních období (COLLET et al. 2001; REYNOLDS et al. 2003). Vliv dostupnosti světla po výsadbě na tvorbu nadzemní a podzemní biomasy sledovali ČATER, SIMONČIČ (2010), kteří zaznamenali především významné rozdíly v tvorbě nadzemní biomasy v různých světelných podmínkách. V experimentech sledujících růstové reakce v závislosti na gradientu přístupu světla zjistili COUWENBERGHE et al. (2013) výrazný vliv počáteční velikosti bukových a dubových semenáčků, zatímco vliv světla a konkurence sousedů byl sekundární.

V lesních školkách jsou sazenice buku pěstovány zpravidla na přirozeně částečně stíněných záhonech (stínění okolními porosty), případně i na záhonech krytých stínovkami. Stále ve větším rozsahu je buk pěstován i intenzivními postupy ve fóliových krytech, kde je rovněž možné technicky řešit různou intenzitu přístínění. Řada autorů však uvádí, že přes svůj stinný charakter vykazuje buk lepší růst na slunci než při silnějším zastínění (JOHNSON et al. 1997; WELANDER, OTTOSSON 1997; AMMER 2003; COLL et al. 2003; DZIEMIDEK, TARASIUK 2005). Velmi málo je však známo o reakcích semenáčků a sazenic pěstovaných ve školce na slunci po jejich výsadbě do stínu nebo polostínu.

Protože sadební materiál pěstovaný ve školkách na slunci je používán i pro podsady nebo pro výsadby na částečně zastíněná stanoviště, a naopak stromky ze stíněných záhonů mohou být vysazovány na otevřené holiny, je potřeba znát, jak rychle a jakým způsobem jsou schopné se na tuto změnu světelných podmínek adaptovat.

Pro dlouhodobé sledování vývoje výsadby buku lesního v různých ekologických podmínkách (ovlivněných světelným požitkem) byla založena experimentální výsadba, kde byl použit sadební materiál buku lesního, vypěstovaný jednak na volné ploše a jednak na stíněných záhonech. Tento sadební materiál byl vysázen na holinu, do těsné blízkosti dospělého porostu a pod přeředený porost.

Cílem tohoto příspěvku je vyhodnotit růstové reakce mladých jedinců buku v prvních čtyřech letech po výsadbě do různých světelných podmínek. Sledovány jsou reakce na změnu dostupnosti slunečního záření s cílem optimalizovat růstové podmínky ve školce u sazenic určených pro výsadbu na holiny nebo pro podsady.

MATERIÁL A METODIKA

Na výzkumnou plochu (VP) Broumov (soubor lesních typů 4S, nadmořská výška 500 m n. m.) byly na podzim roku 2008 vysazeny prostokořenné sazenice buku lesního vypěstované ve školce v různých světelných podmínkách. Sazenice byly vysazeny na volnou plochu, na stanoviště v těsném sousedství dospělého porostu (boční kryt) a jako podsadba do krytu dospělého porostu (označení jednotlivých variant je uvedeno v tab. 1). Porost, do kterého byla provedena podsadba, měl zkamenění 0,7. V každé variantě bylo vysazeno celkem 150 ks ve 3 opakováních.

Na výzkumné ploše jsou měřeny kontinuálně meteorologické podmínky (stanice NOEL s automatickým záznamem). Měření je prováděno na dvou odlišných stanovištích (pod porostem v místě podsadby a na volné ploše).

Pro stanovení světlostních charakteristik na výzkumné ploše bylo provedeno měření světelné intenzity v jednotlivých částech ploch pomocí Luxmetru Unitest 93514 v letním období při radiačním typu počasí. Množství dopadajícího světla je vyjádřeno procenticky, kdy 100 % je množství světla na volné ploše. Na plochy s bočním stíněním dopadalo 35 % plného osvětlení a pod porostem to bylo pouze 12 % z plného osvětlení. Každoročně na podzim jsou měřeny základní morfologické parametry sazenic (výška, výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku).

Získaná data jsou hodnocena pomocí statistického software QC Expert (jedno a dvou-faktorová ANOVA). Prvním sledovaným faktorem je vliv způsobu pěstování ve školce (varianty stínění × bez stínění), druhým faktorem jsou ekologické podmínky při růstu na výzkumné ploše, ovlivněné především krytem dospělého porostu (volná plocha × boční kryt porostu × podsadba).

VÝSLEDKY

Údaje o teplotě a vlhkosti půdy ve vegetačním období v roce 2012 jsou uvedeny v tab. 2. Z hodnot měsíčních průměrů jsou patrné rozdíly v základních parametrech, které ovlivňují růst jedinců na výzkumné ploše. Rozdíly v průměrných měsíčních hodnotách mezi jednotlivými částmi ploch (pod porostem × volná plocha) zůstávají relativně konstantní celé vegetační období. Na volné ploše byla zaznamenána vyšší teplota vzduchu i půdy. Naopak pod porostem byla zaznamenána vyšší půdní vlhkost. Při sledování výskytu extrémních hodnot byl zaznamenán výrazný ochranný efekt porostu, kdy rozdíly při mrazové epizodě na začátku května roku 2011 byly téměř 1 °C (na volné ploše min. teplota ve 2 m -4,4 °C, pod porostem -3,5 °C). Tento pozdní jarní mraz výrazně poškodil rašící jedince buku. Výrazně vyšší míra poškození byla zaznamenána na volné ploše (LEUGNER et al 2012).

Podobné rozdíly teplot a vlhkosti jako v roce 2012 (tab. 2) byly zaznamenávány po celou dobu růstu jedinců na výzkumné ploše (2008–2012). Tyto rozdíly významně ovlivnily dynamiku růstu výsadby buku. Výškový a tloušťkový růst jednotlivých variant buku na VP Broumov v prvních čtyřech letech po výsadbě je znázorněn na obr. 1 a 2.

Velikost sazenic buku při výsadbě byla výrazně ovlivněna způsobem pěstování ve školce. Sazenice vypěstované na nestíněných záhonech byly statisticky průkazně větší (průměrná výška 47,4 cm, průměrná tloušťka kořenového krčku 6,2 mm) než sazenice vypěstované na stíněných záhonech (průměrná výška 41,0 cm, průměrná tloušťka kořenového krčku 5,0 mm).

Z výsledků znázorněných na obr. 1 a 2 je zřejmé, že růst po výsadbě je ovlivňován především podmínkami jednotlivých stanovišť na výzkumné ploše. Zajímavým poznatkem, dobře patrným především při

Tab. 1.

Označení jednotlivých variant na VP Broumov
Description of each variant on the Broumov research plot

Varianta/Variant	Označení/Description
Volná plocha (BK pěstován ve školce bez stínění)/ Clear cut plot (beech grown in nursery without shading)	ss
Volná plocha (BK pěstován ve školce se stíněním)/ Clear cut plot (beech grown in nursery with shading)	ts
Podsadba pod porostem (BK pěstován ve školce se stíněním)/ Shading plot (beech grown in nursery with shading)	tt
Podsadba pod porostem (BK pěstován ve školce bez stínění)/ Shading plot (beech grown in nursery without shading)	st
Boční stínění porostem (BK pěstován ve školce bez stínění)/ Side shielding stand plot (beech grown in nursery with shading)	stb
Boční stínění porostem (BK pěstován ve školce se stíněním)/ Side shielding stand plot (beech grown in nursery with shading)	ttb

Tab. 2.

Průměrné hodnoty teploty a vlhkosti půdy ve vegetačním období v roce 2012
Average values of temperature and soil moisture in the vegetation period in 2012

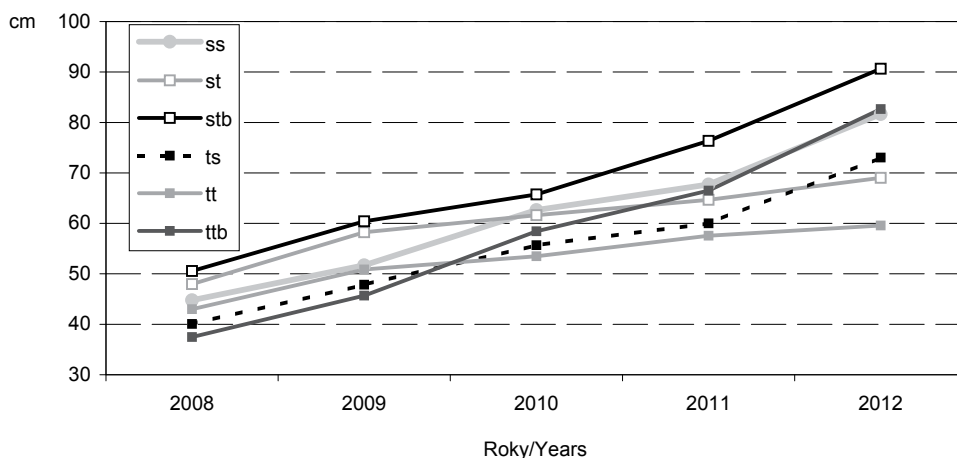
	IV	V	VI	VII	VIII
T 2 (m) – pod porostem/under shelter (°C)	7,5	13,5	15,3	17,4	17,1
T 2 (m) – volná plocha/open plot	8,0	14,1	16,0	18,1	18,1
T půda/soil pod porostem/under shelter (°C)	5,5	10,3	12,8	15,4	15,3
T půda/soil – volná plocha/open plot (°C)	7,9	12,5	13,9	16,1	16,0
Vlhkost půdy/Soil moisture – pod porostem/under shelter (%)	29,0	26,4	22,6	24,3	18,0
Vlhkost půdy/Soil moisture – volná plocha/open plot (%)	25,8	23,0	20,8	22,6	17,3

sledování výškového přírůstu, je velmi dobrý růst jedinců na dílčích plochách s bočním stíněním dospělého porostu. Zejména varianta stíněná ve školce a vysazená na stanoviště s bočním stíněním „ttb“ (s nejmenší výškou v době výsadby) přirůstá velmi intenzivně a v současnosti již je druhá nejvyšší po variantě rostoucí ve stejném prostředí, ale vypěstované ve školce na slunci.

Krabicový graf celkové výšky buků (obr. 3) ukazuje signifikantní rozdíly mezi některými variantami po čtyřech letech růstu na výzkumné ploše. Největší a statisticky průkazně odlišné od všech ostatních variant jsou buky vypěstované na slunci a po výsadbě rostoucí na volné ploše s bočním stíněním (nejpříznivější stanoviště pro růst), naopak nejmenší jsou buky vypěstované ve stínu a rostoucí po výsadbě pod porostem. Varianty mezi těmito dvěma krajními mezemi jsou rozdě-

leny do dvou dvojic s podobnými parametry (st, ts a ss, ttb – popis variant viz tab. 1).

Vliv světelných podmínek na výzkumné ploše na růst po výsadbě je nejlépe patrný při znázornění relativních přírůstů za 4 roky, vyjádřených v procentech počáteční velikosti (přírůst/velikost při výsadbě $\times 100$). Výškový růst byl negativně ovlivněn silným zastíněním podsadeb pod porostem (obr. 4). Lepší výškový růst byl pozorován na slunci i přesto, že v roce 2011 na začátku května byla na VP zaznamenána významná mrazová epizoda, která výrazněji poškodila všechny varianty na volných plochách. Nejvyšší relativní výškový přírůst byl pozorován u sazenic vypěstovaných pod stíněním a vysazených do částečného zástínu bočním porostem (ttb). Na těchto vysokých hodnotách se podílil intenzivní růst, ale i menší počáteční výška při výsadbě.

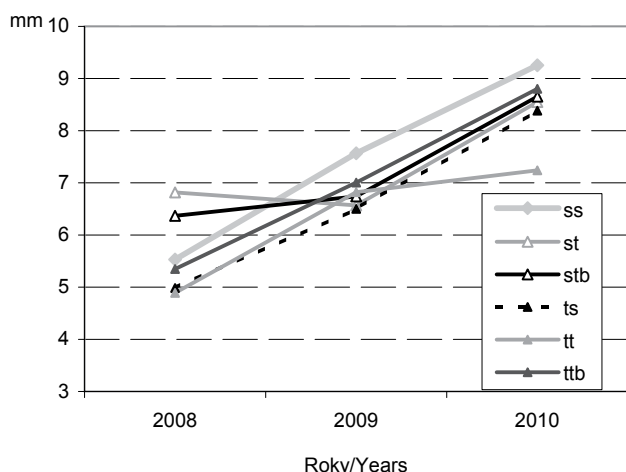


Obr. 1.

Vývoj průměrné výšky jedinců buku na VP Broumov podle jednotlivých variant

Fig. 1.

The development of the height growth of the beech variants on the Broumov research plot

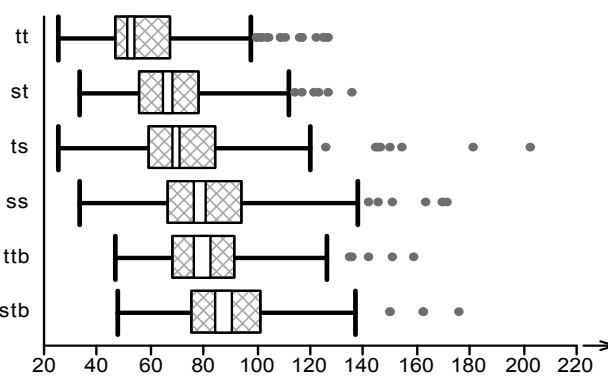


Obr. 2.

Vývoj průměrné tloušťky jedinců buku na VP Broumov podle jednotlivých variant

Fig. 2.

Development of the diameter root collar of the beech variants on the Broumov research plot



Obr. 3.

Výška jednotlivých variant buku na VP Broumov 4 roky po výsadbě (vysvětlivky: bílý obdélník znázorňuje 95% interval spolehlivosti mediánu, šedý obdélník 25–75% kvantil, černé proužky jsou „vnitřní hrady“ dat, body mohou představovat „odlehlu hodnotu“)

Fig. 3.

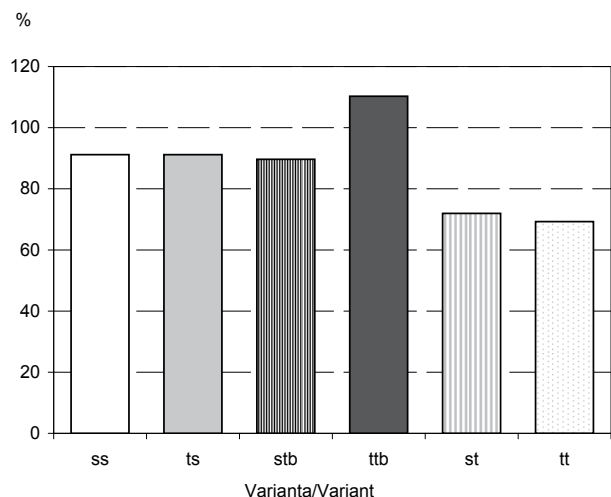
Height of beech variants on the Broumov research plot 4 years after outplanting (white rectangle represents 95% confidence interval of median, grey rectangle is a 25–75% quantile, the black stripes are non-outlier range, the points may represent „outlier“)

Jasný trend je patrný při zobrazení relativního tloušťkového růstu během 4 let po výsadbě (obr. 5), kdy tloušťkový růst klesá se snižujícím se přístupem světla. Rozdíly v relativním tloušťkovém přírůstu mezi variantami vysazenými pod porostem (st a tt) lze opět přičíst zejména rozdílné tloušťce jejich kořenových krčků v době výsadby.

Také z tabulky ANOVA (tab. 3) je dobře patrné, že v době výsadby na-prosto převažoval vliv okamžitého stavu sazenic, vycházejícího z podmínek ve školce (signifikantně větší byly sazenice vypěstované na plně osluněných záhonech). Po čtyřech letech růstu mladých jedinců buku

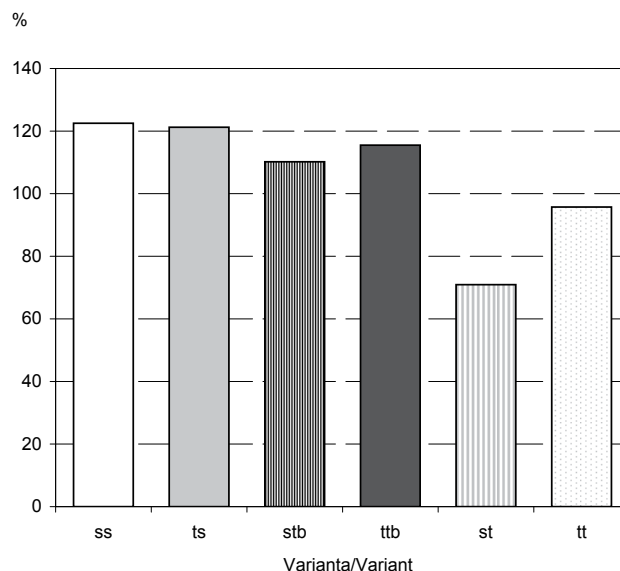
v různých stanovištních podmínkách na výzkumné ploše už je pozorováno dominantní působení stanovištních poměrů na výšku stromku (tab. 4). Stejný trend byl zaznamenán také při hodnocení vlivu prostředí ve školce a stanovištních faktorů výsadbové plochy na tloušťku kořenového krčku.

Neprůkazná interakce mezi podmínkami pěstování ve školce a prostředím na výzkumné ploše (tab. 4) naznačuje, že u sazenic buku nedošlo k výraznější reakci na změnu světelných podmínek po výsadbě.



Obr. 4. Relativní výškové přírůsty ve vztahu k vstupním hodnotám jednotlivých parametrů při výsadbě

Fig. 4. Relative height increments in relation to initial values of the individual planting parameters



Obr. 5. Relativní přírůsty tloušťky kořenového krčku ve vztahu k vstupním hodnotám jednotlivých parametrů při výsadbě

Fig. 5. Relative increments of root collar diameter in relation to initial values of the individual planting parameters

Tab. 3.

Tabulka ANOVA pro hodnocení výšky buku v roce 2008 (v době výsadby)
ANOVA table of the height of the beech trees in 2008 (at the time of outplanting)

Zdroj variability/Source of variability	Suma čtverců/ Sum of squares	Stupně volnosti/ Degrees of freedom	Průměrný čtverec/ Mean square	F-kritérium/ F-value	P P-value
Podmínky při pěstování ve školce/ Conditions during planting in nursery	17683,9	17683,9	132,981	156,89	< 0,001
Stanovištní podmínky na VP/ Ecological condition on the research plot	1244,6	622,3	24,946	5,521	0,004105
Interakce/Interaction	3648,4	1824,2	42,710	16,184	< 0,001

Tab. 4.

Tabulka ANOVA pro hodnocení výšky buku v roce 2012
ANOVA table of the height of the beech trees in 2012

Zdroj variability/Source of variability	Suma čtverců/ Sum of squares	Stupně volnosti/ Degrees of freedom	Průměrný čtverec/ Mean square	F-kritérium/ F-value	P P-value
Podmínky při pěstování ve školce/ Conditions during planting in nursery	22826,5	22826,5	151,084	40,112	< 0,001
Stanovištní podmínky na VP/ Ecological conditions on the research plot	101334,9	50667,4	225,094	89,036	< 0,001
Interakce/ Interaction	62,8	31,4	5,603	0,055	0,946322

DISKUSE

Vliv stínění při pěstování sadebního materiálu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve školce se výrazně projevil na základních morfologických parametrech vysadbyschopných sazenic buku. Sadební materiál vypěstovaný na plně osluněných záhonech byl výrazně vyšší (o 16 %) a měl vyšší průměr v kořenovém krčku (o 24 %) než sadební materiál, který byl vypěstovaný pod stínovkou.

Popsaný trend odpovídá pozorováním jiných autorů. Například DZEMIDEK a TARASIUK (2005) popisují snížení finální velikosti jednoletých bukových semenáčků při použití stínění redukujícího denní intenzitu světla na 40 %. Vyšší růst při zvyšující se dostupnosti světla pod porostem od 1 % do 50 % plného osvětlení pozorovali BEAUDET a MESSIER (1998) u *Fagus grandifolia*. JOHNSON et al. (1997) pěstovali semenáčky buku v kontejnerech na volné ploše, v kotlíku a pod porostem. Semenáčky z volné plochy byly větší než z ostatních variant. Silný pokles výšky, průměru, sušiny stonků, větví, listů a kořenů s klesajícím množstvím světla uvádí i AMMER (2003). Silný negativní vliv hustoty stínícího porostu na tloušťkový růst a menší vliv na výškový růst popisují COLLET a CHENOST (2006).

Morfologické parametry buku lesního rostoucího po výsadbě na stanovištích s různou intenzitou světla jsou ovlivněny způsobem pěstování ve školce i po čtyřech letech růstu na VP Broumov. Jedinci pěstovaní ve školce bez stínění byli v době výsadby signifikantně větší a tento rozdíl je u parametrů výšky stále významný. Čtyři roky po výsadbě je již výraznější vliv podmínek prostředí, kam byl sadební materiál vysazen. Výškový a tloušťkový růst je nejvíce redukován na silně zastíněných stanovištích pod porostem. Výškově nejlépe přirůstají jedinci buku vysazení na stanoviště s bočním stíněním dospělého porostu, tloušťkový růst klesá s klesající dostupností světla.

Díky intenzivnímu tloušťkovému přírůstu původně slabších sazenic vypěstovaných ve školce pod stínovkou a následně vysazených na plochy s vyšším přístupem světla (volná plocha nebo boční stínění) dochází k vyrovnávání rozdílů v tloušťce kořenového krčku mezi jednotlivými variantami.

Podobný trend popisují JARCUSKA a BARNA (2011), kteří zaznamenali u buků rostoucích ve stínu menší hmotnost jednotlivých složek nadzemních částí, nižší celkovou listovou plochu, vyšší podíl biomasy převedené do listů a nižší do dřevěných částí v porovnání s rostlinami rostoucími na plném slunci. Také ČATER, SIMONČIČ (2010) zaznamenali signifikantně větší tvorbu nadzemní biomasy u variant buku rostoucích na stanovištích s vyšším přístupem světla oproti podsadbám.

Podobné výsledky zaznamenali BURSCHEL a HUSS (1964), kteří pozorovali redukcii růstu nadzemních částí až při intenzitě světla nižší než 12 %. Zjistili, že stíněním byla silně a progresivně redukována i hmotnost kořenů. Naproti tomu CURT et al. (2005) uvádějí, že na rozdíl od jiných morfologických znaků byl pozorován pouze malý vliv světelných podmínek na poměr nadzemních částí ke kořenům a na rozdělení biomasy. Reakce růstu a poměru kořenů k nadzemním částem na intenzitu osvětlení může být výrazně ovlivněna dalšími faktory prostředí, například dostupností vody (MADSEN 1994).

Výhoda vyššího přístupu světla byla v roce 2011 částečně překryta poškozením mladých stromů na VP Broumov během mrazové epizody z počátku května. Během této situace byl zaznamenán silnější mráz (a také větší rozdíl mezi maximální a minimální teplotou během 24 hodin) na volné ploše. Mrazové teploty způsobily u jedinců na volné ploše signifikantně vyšší poškození, které se výrazně projevilo na přírůstu v roce 2011 (LEUGNER et al. 2012). Na volné ploše i pod clonou mateřského porostu se vyskytoval přibližně stejný podíl jedinců pozdně rašících, kteří nebyli mrazem poškozeni. Tento podíl činil 23 % a výškový přírůst těchto stromků byl v roce 2011 nejvyšší. V roce 2012 byl zaznamenán výrazně větší výškový přírůst u buků rostoucích na volné ploše a na ploškách s bočním stíněním. Tento přírůst byl téměř třikrát vyšší než na ploškách pod porostem.

ZÁVĚR

Na výzkumnou plochu Broumov byly vysazeny dvouleté sazenice buku lesního, vypěstované ve školce jednak na plném slunci, jednak na zastíněném záhonu. Obě varianty byly vysazeny na volnou plochu, na stanoviště v těsném sousedství dospělého porostu (boční kryt) nebo jako podsadba do krytu dospělého porostu s nižším zakmeněním. Čtyřleté sledování vlivu způsobu pěstování a reakce mladých buků na světelné podmínky na výzkumné ploše přineslo následující poznatky:

- Na volné ploše byla vyšší teplota vzduchu i půdy, pod porostem naopak vyšší půdní vlhkost. Porost významně tlumil teplotní extrémy v době pozdních jarních mrazů.
- Počáteční velikost sazenic buku byla výrazně ovlivněna způsobem pěstování ve školce, sazenice vypěstované na nestíněných záhonech měly statisticky průkazně vyšší hodnoty výšky nadzemní části a průměru kořenového krčku než sazenice vypěstované na stíněných záhonech.
- Během čtyř let růstu na výzkumné ploše se významně projevily vliv stanovištních podmínek. Největší výškový růst byl pozorován na dílčích ploškách s bočním stíněním dospělého smrkového porostu. Významně nejmenší výškový růst byl pozorován u sazenic vysazených pod porost.
- Tloušťkový přírůst bukových sazenic klesal se snižujícím se přístupem slunečního světla.
- Z hodnocení růstových reakcí výsadeb buku za období čtyř roků vyplývá, že nebyla prokázána výraznější reakce stromků na změnu světelných podmínek mezi pěstováním ve školce a po výsadbě do porostních podmínek s různou intenzitou světla.

Poděkování:

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0115 (č. j. 5774/2015-MZE-17011).

LITERATURA

- AMMER C. 2003. Growth and biomass partitioning of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings in response to shading and small changes in the R/FR-ratio of radiation. *Annals of Forest Science*, 60 (2): 163–171.
- BEAUDET M., MESSIER C. 1998. Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a natural light gradient. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 1007–1015.
- BURSCHEL P., HUSS J. 1964. The reaction of beech seedlings to shade. *Forstarchiv*, 35: 225–233.
- COLL L., BALANDIER P., PICON-COCHARD C., PRÉVOSTO B., CURT T. 2003. Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different light and vegetation composition conditions. *Annals of Forest Science*, 60 (7): 593–600.
- COLLET C., CHENOST C. 2006. Using competition and light estimates to predict diameter and height growth of naturally regenerated beech seedlings growing under changing canopy conditions. *Forestry (Oxford)*, 79 (5): 489–502.
- COLLET C., LANTER O., PARDOS M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58 (2): 127–134.
- COUWENBERGHE R. VAN, GÉGOUT J.C., LACOMBE E., COLLET C. 2013. Light and competition gradients fail to explain the coexistence of shade-tolerant *Fagus sylvatica* and shade-intermediate *Quercus petraea* seedlings. *Annals of Botany*, 112 (7): 1421–1430.

- CURT T., COLL L., PRÉVOSTO B., BALANDIER P., KUNSTLER G. 2005. Plasticity in growth, biomass allocation and root morphology in beech seedlings as induced by irradiance and herbaceous competition. *Annals of Forest Science*, 62: 51–60.
- ČATER M., SIMONČIČ P. 2010. Root distribution of under-planted European beech (*Fagus sylvatica* L.) below the canopy of a mature Norway spruce stand as a function of light. *European Journal of Forest Research*, 129 (4): 531–539.
- DZIEMIDEK T., TARASIUK S. 2005. Produkcja szkółkarska buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. w szkółkach gruntowych północno-wschodniej Polski. *Sylwan*, 149 (1): 15–24.
- JARCUSKA B., BARNA M. 2011. Plasticity in above-ground biomass allocation in *Fagus sylvatica* L. saplings in response to light availability. *Annals of Forest Research*, 54 (2): 151–160.
- JOHNSON J. D., TOGNETTI R., MICHELOZZI M., PINZAUTI S., MINOTTA G., BORGHETTI M. 1997. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. II. The interaction of light environment and soil fertility on seedling physiology. *Physiologia Plantarum*, 101: 124–134.
- LEUGNER J., MARTINCOVÁ J., JURÁSEK A. 2012. Vyhodnocení růstu buku v různých ekologických (světelných) podmínkách a po výsadbě v souvislosti s extrémní mrazovou epizodou. In: Saniga, M. et al. (eds.): *Pestovanie lesa v strednej Európe. Zborník vedeckých prác na tému...* Zvolen, 2.–4. júl 2012. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 172–180.
- MADSEN P. 1994. Growth and survival of *Fagus sylvatica* seedlings in relation to light intensity and soil water content. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9 (4): 316–322.
- REYNOLDS, P.E., FROCHOT H. 2003. Photosynthetic acclimation of beech seedlings to full sunlight following a major windstorm event in France. *Annals of Forest Science*, 60 (7): 701–709.
- WELANDER N.T., OTTOSSON B. 1997. Influence of photosynthetic photon flux density on growth and transpiration in seedlings of *Fagus sylvatica*. *Tree Physiology*, 17: 133–140.
- WYKA T., ROBAKOWSKI P., ŻYTKOWIAK R. 2007. Acclimation of leaves to contrasting irradiance in juvenile trees differing in shade tolerance. *Tree Physiology*, 27: 1293–1306.
- Zpráva. 2013. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. Praha, Ministerstvo zemědělství: 132 s.

EVALUATION OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) GROWTH IN DIFFERENT LIGHT CONDITIONS

SUMMARY

Seedlings of beech (*Fagus sylvatica* L.) grown in nurseries as exposed to the sun are sometimes used for planting under shelter or for planting on a partially shaded site. On the other hand, the trees from sheltered beds are also planted in the open clear-cut. Therefore, we need to know time and way the plants are able to adapt to the changed light conditions.

For the long-term monitoring of the development of beech seedlings in different light conditions an experimental plantation was founded. The beech planting stock was grown both in the open field and in sheltered conditions. The beech plants were planted in close proximity to a mature stand and under sparse stand. Our study deals with the growth response of juvenile beech trees to different light conditions over the first four years after planting. The aim is to optimize the growing conditions in the nursery to grow conditions-adapted seedlings.

The two-year-old bare-rooted beech seedlings were planted in autumn 2008 (for details see Tab. 1). The stand significantly moderated temperature extremes during the late spring frosts.

Monitoring of climatic conditions showed a higher air and soil temperature on the open site, while the adult stand exhibited higher soil moisture. Differences of average monthly values between the light-conditions treatments remained relatively constant throughout the growing season (Tab. 2).

The initial size of the beech plants was significantly influenced by the growing conditions in the nursery. Seedlings grown in unshielded field were significantly higher (the average height 47.4 cm, average diameter of the root collar 6.2 mm) compared to seedlings grown in the shady field (average height 41.0 cm, average diameter of the root collar 5.0 mm).

After planting, the juvenile beech performance was primarily influenced by the growing conditions (Fig. 1 and 2). As for height increment, side-sheltered beeches performed very well.

Effect of light conditions on height increment, expressed as a percentage of initial height, after planting was obvious over 4 years. Height growth was negatively affected under sheltering trees (Fig. 4). Unsheltered juvenile beeches performed better in the open clear-cut, even though the all treatments were affected by late frost event at the beginning of May 2011. A distinct trend of decreasing diameter growth as the juvenile beeches were less exposed to light is evident (Fig. 5). Differences in relative increment between the treatments under trees (st and tt) can be attributed to the different diameters of root collars at the time of planting.

Regardless of planting stock origin, both exposed-grown and sheltered-grown beech seedlings responded similarly to light conditions. The only difference was the initial height of the seedlings; this difference still partially remained 4 years after planting. It can be concluded that particular site conditions are more important for the juvenile beech performance compared to pre-planting conditions in nursery.