

VÝVOJ VÝSADEB HORSKÝCH POPULACÍ SMRKU S RŮZNOU RŮSTOVOU DYNAMIKOU V OBLASTI VYSOKÝCH DEPOZIC DUSÍKU

DIFFERENT PERFORMANCE OF MOUNTAIN NORWAY SPRUCE POPULATION PARTS UNDER CONDITIONS OF HIGH NITROGEN LOAD

JAN LEUGNER ✉ - EVELÍNA ERBANOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: leugner@vulhmop.cz

ABSTRACT

The aim of the article is to evaluate the development of plantations of differently performing parts of the mountain spruce population in the area with high nitrogen deposition. The high nitrogen compounds load threatens the stability of the forest stands and consequently affects the forest functions on mountainous sites over long time. An important measure to reduce the sensitivity of forest ecosystems is also the support of a high level of biodiversity. This means a maintenance of intraspecies variability within populations. The first results of the experiment were in accordance with previous experience with other mountain spruce populations as the initially slower-growing seedlings showed the best growth and health after being planted in mountain conditions. On the basis of these results it is still possible to hypothesize that one of the options to reduce the negative impact of nitrogen in mountain climates lies in that artificial restoration strategy that does not eliminate the category of initially slowly-growing spruces.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: horské populace; smrk ztepilý; vysoké depozice dusíku

Key words: mountain population; Norway spruce; high deposition of nitrogen

ÚVOD

Po výrazném snížení imisního zatížení sloučeninami síry (ZAPLETAL 2014) nadále přetrvává, zejména v našich horských oblastech, výrazný vliv depozic dusíku. Vysoká zátěž sloučeninami dusíku vede dlouhodobě k ohrožování stability porostů a následně i plnění funkcí lesa ve vyšších a horských polohách. Jednou z nejzatíženějších lesních oblastí v České republice jsou Orlické hory (FOTTOVÁ 2003; HRUŠKA et al. 2003). Nadměrný přísun dusíku do lesního ekosystému časem negativně ovlivňuje prostředí (LUNDBORG 1997; PETERJOHN et al. 1999). V horských polohách vede zvýšená dostupnost dusíku k výraznému zvýšení výškového přírůstu, který může ve středním věku porostu značně snížit odolnost porostů a umocnit ke zlomům či vývrátům. Vysoká depozice dusíku také negativně ovlivňuje půdní prostředí. Zejména urychluje acidifikaci, která vede k horší přístupnosti dalších důležitých živin, konkrétně bazických kationtů. V současných literárních zdrojích se vyskytují značně rozdílné názory, jak využít potenciál pěstebních zásahů na snížení dopadu zátěže dusíkem na produkční i mimoprodukční funkce lesa v závislosti na stanovištních

a porostních podmínkách (KREUTZER et al. 2009; VRIES et al. 2012). Současné návrhy postupů pro snížení negativních účinků vysoké zátěže dusíkatých sloučenin předpokládají zejména rozdílné formy odstraňování biomasy. Jedná se především o těžbu celých stromů, důsledné odstraňování těžebních zbytků po celou dobu obmýti, kdy je na místě ponecháván pouze asimilační aparát (LUNDBORG 1997). Další možností je různá volba dřevinné skladby v kombinaci s pěstebními zásahy (MUND et al. 2002). Důležitou součástí postupů snižování citlivosti lesních ekosystémů je také využívání pěstebních postupů podporující vysokou míru biodiversity. Biodiversitu v tomto případě nelze vnímat pouze jako diversitu mezidruhovou, ale také jako variabilitu v rámci populací jednotlivých druhů. V případě horských lesů v České republice je hlavní porostotvornou dřevinou smrk ztepilý, proto je důležité věnovat se i vnitrodruhové variabilitě horských populací této dřeviny. Předchozí výzkum potvrdil skutečnost, že semenáčky původem z vyšších horských poloh mají odlišnou dynamiku růstu než semenáčky z nižších poloh – již začátkem července ukončují délkový růst a vytvářejí terminální pupeny, a to i v příznivých

růstových podmínkách (například ve fóliových krytech). Vzhledem k jejich výrazné výškové variabilitě je po prvním období na záhonech významný podíl (až 50 %) malých jedinců, často jen s děložními lístky a terminálním pupenem. Tato variabilita je dána geneticky a nelze ji „odstranit“ intenzitou péstebních opatření a hnojením.

Jednou z potenciálních možností omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy jsou pro umělou obnovu využívány ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku ztepilého. Na základě dlouhodobého výzkumu bylo prokázáno, že semenáčky horských smrků pomalu rostoucí v juvenilní fázi, představují nejcennější část populací. Jde o rostliny s tzv. „klímaxovou strategií růstu“, které jsou nejlépe přizpůsobeny pro dlouhodobý růst v extrémních horských podmínkách (JURÁSEK et al. 2007). Koresponduje to s obdobnými poznatky řady autorů o tom, že výška nadzemní části smrkových semenáčků klesá se stoupající nadmořskou výškou původu (MODRZYŃSKI 1995; KOTRLA 1998). Za jednu z příčin je považována skutečnost, že v procesu adaptace k nepříznivým podmínkám horského prostředí získávají populace smrku vyšší odolnost na úkor růstu (MODRZYŃSKI 1995; OLEKSYN et al. 1998). Menší výška semenáčků smrku horského původu souvisí i s distribucí většího podílu asimilátů do kořenů na úkor nadzemních částí (OLEKSYN et al. 1998), a tím i s lépe vyvinutými kořenovými systémy u semenáčků horských populací (LEHOTSKÝ 1961) a vyšším poměrem kořenů k nadzemním částem (MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002).

Cílem práce je vyhodnotit vývoj výsadeb různých částí růstového (genetického) spektra populací horského smrku v oblasti s vysokými depozicemi dusíku.

MATERIÁL A METODIKA

V roce 2015 byla založena série výzkumných ploch (VP), které byly rozmístěny v 7. lesním vegetačním stupni v oblasti Orlických hor s vysokou depozicí N-NO₃ a N-NH₄. Celkem byly založeny čtyři dílčí plochy (tab. 1). Na každou výzkumnou plochu bylo vysazeno ca 250 ks sazenic od každé varianty, a to ve třech opakujících se blocích. Celkem tedy bylo vysazeno 1000 ks sazenic od každé varianty. Výsadba byla provedena v průměrné hustotě 4000 kusů na hektar. Pro hodnocení detailního průběhu výškového a tloušťkového růstu byly vybrány dvě plochy, které lze charakterizovat jako plochy s výrazně odlišnými ekologickými podmínkami. VP Ostružník je plo-

Tab. 1.

Základní charakteristika výzkumných ploch pro hodnocení prosperity sadebního materiálu vytríděného v lesních školkách podle intenzity růstu

Basic characteristics of the research plots for the evaluation of the prosperity of planting stock sorted in forest nurseries according to the intensity of growth

| Výzkumné plochy/ Research plots | Nadmořská výška/ Altitude (m) | SLT/Ecosite |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Ostružník | 980 | 7K/acidic spruce-beech |
| Zelená cesta | 920 | 7K/acidic spruce-beech |
| Jeronymka | 990 | 7K/acidic spruce-beech |
| Bunkrovka | 900 | 7S/nutrient-rich spruce-beech |

cha s extrémními mikroklimatickými a stanovištními podmínkami, protože se nachází přímo na hřebenu Orlických hor na SLT 7K. Naopak VP Bunkrovka je plocha s nejpříznivějšími mikroklimatickými a stanovištními podmínkami, protože je částečně chráněna okolními dospělými smrko-bukovými porosty na SLT 7S. Na každé ploše byl použit sadební materiál vypěstovaný z osiva horských populací smrku ztepilého, který byl během pěstování ve školce roztríděn dle intenzity růstu v juvenilní fázi. Zvláštní pozornost byla věnována pomalu rostoucím semenáčkům, které bylo nutno pěstovat ve školce o 1 rok déle. Pro výsadbu byl tak použit sadební materiál z různých horských zdrojů roztríděný do tří velikostních kategorií. Tyto varianty byly roztríděny na základě výšky dvouletých semenáčků: „small – S“ 6 až 10 cm, „medium – M“ 11 až 16 cm, „large – L“ >17 cm. Tyto základní varianty byly dále doplněny běžným provozním sadebním materiálem „control“ (varianta „C“). Sadební materiál z pomalu rostoucích semenáčků („S“) byl na plochy vysazen po první vegetační sezóně. Pomocí dvourozměrné ANOVA byl vyhodnocen vliv velikostních kategorií a jednotlivých podmínek na výzkumných plochách na jednotlivé biometrické parametry. V příspěvku jsou uvedeny výsledky parametru – tloušťka kořenového krčku. Tento parametr byl zvolen z důvodu jeho výrazného vlivu na budoucí stabilitu jednotlivých stromů, protože tloušťka kořenového krčku silně koreluje s velikostí kořenového systému a má přímý vliv na štíhlostní koeficient stromů.

VÝSLEDKY

Vyhodnocení růstových parametrů bylo v roce 2018 provedeno pro jednotlivé varianty vzniklé tříděním dvouletých semenáčků (varianty „Small“, „Medium“ a „Large“), se kterými byl dále porovnáván sadební materiál vypěstovaný standardním postupem v provozních školkách.

Růstové charakteristiky smrků na VP Ostružník, která se nachází v hřebenevé partii Orlických hor, ukazují velmi dobrý růst varianty „S“ (obr. 1.), u které byl sledován dynamický výškový a především tloušťkový přírůst ve srovnání s ostatními variantami. Postupně se tedy snižuje počáteční rozdíl ve velikosti sazenic. Podobné výsledky byly zjištěny také na VP Zelená cesta a Jeronymka, které rovněž reprezentují relativně extrémní lokality poblíž hřebene Orlických hor.

Nejintenzivnější přírůst všech variant byl zaznamenán na VP Bunkrovka (obr. 2). Tento fakt je pravděpodobně způsoben příznivějšími mikroklimatickými a stanovištními podmínkami, protože plocha je chráněna ze všech stran dospělým buko-smrkovým porostem. Na této ploše je rozdíl v přírůstu varianty „S“ proti ostatním variantám nejmenší.

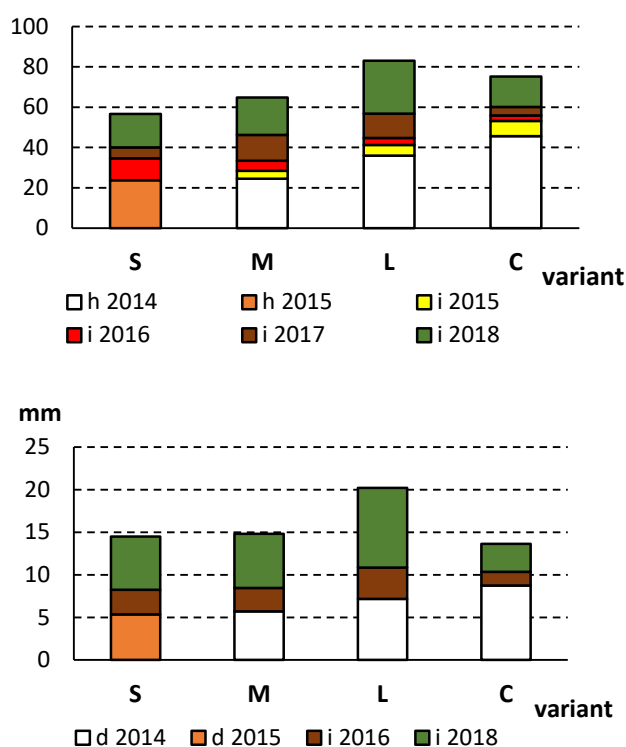
Jedinci smrku s různou intenzitou růstu v juvenilní fázi jsou na výzkumných plochách sledování prozatím pouze čtyři roky, přesto již výsledky naznačují rozdíly v růstu mezi jednotlivými variantami. Původně nejmenší sazenice varianty „S“ svým intenzivním růstem dohánějí původně větší sazenice ostatních variant. Toto vyrovnávání je významné především u tloušťkového růstu, což lze dobře dokumentovat výsledky dvoufaktorové ANOVA, která porovnávala vstupní parametry tloušťky kořenových krčků jednotlivých variant na všech výzkumných plochách (obr. 3) a parametrů čtyři roky po výsadbě (obr. 4). Původně největší kontrolní sazenice z provozní školky měly nejnižší relativní tloušťkový přírůst. Tloušťka kořenového krčku se proto na některých plochách již téměř vyrovnala. Tento fakt má za následek také to, že vyšší stromky z variant „L“ a „C“ mají horší předpoklad pro budoucí vývoj stability.

DISKUSE

Z hodnocení růstových parametrů je patrná výborná dynamika růstu stromků pocházejících ze semenáčků s pomalým růstem ve školce („S“). Rozdíly v přírůstu se prohlubují se zhoršujícími se stanovištními podmínkami. Díky intenzivnímu tloušťkovému růstu varianty „S“ a „M“ dosahují jedinci z těchto variant nejpříznivějších parametrů štíhlostního koeficientu. Sadební materiál s pomalým růstem ve školce musel být vysazen na VP až po prvním vegetačním období, což samozřejmě částečně ovlivnilo výsledky prvního roku po výsadbě, který byl klimaticky odlišný. Přesto lze po delší době sledování konstatovat, že stromy z variant s pomalým růstem ve školce již vytvářejí perspektivnější (stabilnější) složku budoucích porostů. Tyto výsledky tak potvrzují poznatky publikované více autory, jež zmiňují vyšší odolnost jedinců s pomalejším růstem v podmínkách extrémních horských lokalit (LANG 1989; SIMPSON 1994; OLEKSYN et al. 1998; HAWKINS, SHEWAN 2000; WESTIN et al. 2000; MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002). Rychlý růst a větší velikost sazenic se mohou jevit jako výhoda, především z hlediska vyšší konkurenceschopnosti a zvýšení krátkodobých šancí

na ujmoutí. Znamenají však snížené investice do ochrany, nižší hustotu dřeva a mechanickou pevnost, zvýšený hydraulický odpor, stejně jako problémy s regulací růstu v období stresu, což všechno dohromady může vést ke snížení jejich životnosti (BIGLER, VEULEN 2009). Důležité tedy bude dlouhodobé sledování zaměřené také na zdravotní stav a budoucí vývoj porostu. Výsledky získané ze starších výsadeb založených podobným způsobem naznačují, že jedinci varianty „S“ vykazují ve výsadbách v nepříznivých horských podmínkách nejlepší zdravotní stav a také nejlepší parametry statické stability. Výsledky měření na výzkumných plochách v oblasti Orlických hor potvrdily skutečnost, že se zvyšující se „extremitou“ prostředí stoupá výhoda vyšší odolnosti původně pomaleji rostoucích jedinců. Tyto jedince proto označujeme za jedince s „klimaxovou strategií růstu“. Naopak na lokalitách s relativně příznivými ekologickými podmínkami zůstávají původní rozdíly v morfologických parametrech zachovány dlouhou dobu.

Růst smrku se může lišit u různých fenotypů, které jsou z velké části podmíněny geneticky. Dosud se však fenotypy rozlišují u dospělých, plně vyvinutých stromů, především na základě typu větvení (SCHMIDT-



Popis variant: S (small) – výška dvouletých semenáčků 6–10 cm, M (medium) – výška dvouletých semenáčků 11–16 cm, L (large) – výška dvouletých semenáčků +17 cm, C – kontrolní varianta, h – celková výška, i – výškový přírůst

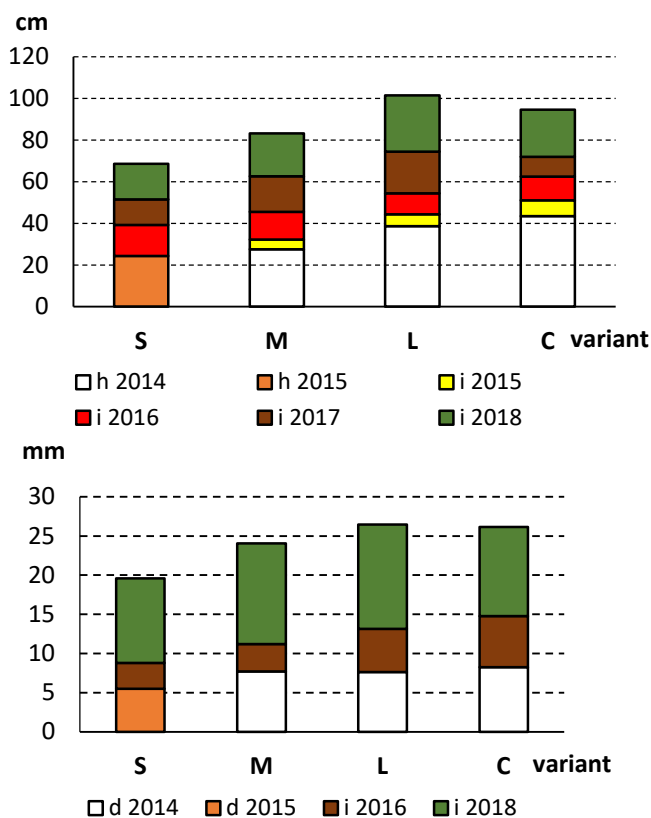
Description of treatments: S (small) – height of 2-year seedlings: 6–10 cm, M (medium) – height of 2-year seedlings: 11–16 cm, L (large) – height of 2-year seedlings +17 cm, C – control treatment, h – total height, i – height increment

Obr. 1.

Výškový a tloušťkový růst mladé kultury smrku na ploše Ostružník založené sadebním materiálem s různou intenzitou růstu ve školce

Fig. 1.

Height and diameter growth of young culture of spruce on the Ostružník plot with planting stock of varied growth intensity in the nursery



Obr. 2.

Výškový a tloušťkový růst mladé kultury smrku na ploše Bunkrovka založené sadebním materiálem s různou intenzitou růstu ve školce

Fig. 2.

Height and diameter growth of youth culture spruce on the Bunkrovka plot with planting stock of varied growth intensity in the nursery

VOGT 1977). Takové znaky jsou však nepoužitelné u mladších jedinců (porostní stadium nárostů) a už vůbec u velmi mladých jedinců (semenáčky), kde jediným opakovaně potvrzeným parametrem je dynamika růstu v juvenilní fázi. Z toho vyplývá doporučení pro třídění semenáčků, s nutností zachovat celé růstové spektrum. Růst sadebního materiálu horských populací smrku s „klimaxovou strategií růstu“ v horské oblasti s vysokými depozicemi dusíku, v prvních letech po výsadbě, dává předpoklad k tvorbě stromů s nadprůměrnými znaky stability. Tyto stromy se tak mohou stát stabilní kostrou budoucích porostů.

ZÁVĚR

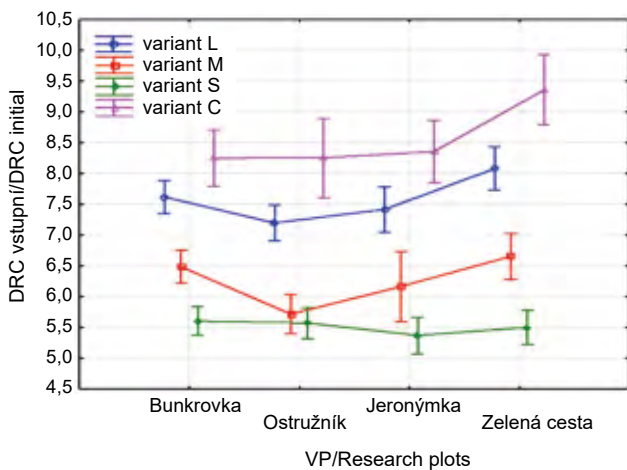
Dosavadní výsledky experimentu jsou v souladu s předchozími zkušenostmi s růstem horských populací smrku ztepilého, kdy původně pomaleji rostoucí semenáčky smrku po výsadbě do horských podmínek vykazovaly nejlepší růst a zdravotní stav. Na základě těchto výsledků lze nadále počítat s hypotézou, že jednou z možností pro omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy je pro umělou obnovu využíváno celé růstové spektrum horské populace, tedy i ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku. Lze předpokládat, že případné rozdíly v růstu a odolnosti k nepříznivým horským podmínkám se projeví až v delším časovém horizontu, především při výskytu různých klimatických či jiných extrémů.

Poděkování:

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR č. RO0118 a z prostředků projektu NAZV KUS QJ1520291 „Pěstební opatření na podporu odolnosti lesních porostů vůči vlivům zvýšených depozic dusíku“.

LITERATURA

- BIGLER CH., VELEN T. 2009. Increased early growth rates decrease longevity of conifers in subalpine forests. *Oikos*, 118 (8): 1130 – 1138.
- FOTTOVÁ D. 2003. Trends in sulphur and nitrogen deposition fluxes in the GEOMON network, Czech Republic, between 1994 and 2000. *Water, Air, and Soil Pollution*, 150: 73–87.
- HAWKINS C.D.B., SHEWAN K.B. 2000. Frost hardiness, height, and dormancy of 15 short-day, nursery-treated interior spruce seed lots. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1096–1105. DOI: 10.1139/cjfr-30-7-1096
- HRUŠKA J., HOFMEISTER J., KREJČÍ R. 2003. Odhad rychlosti regenerace acidifikovaných půd a povrchových vod v Orlických horách jako východisko pro strategická rozhodnutí v oblasti péče o lesy (VaV/620/3/01). Praha, Česká geologická služba: 99 s.



Popis variant: S (small) – výška dvouletých semenáčků 6–10 cm, M (medium) – výška dvouletých semenáčků 11–16 cm, L (large) – výška dvouletých semenáčků +17 cm, C – kontrolní varianta, DRC – tloušťka kořenového krčku

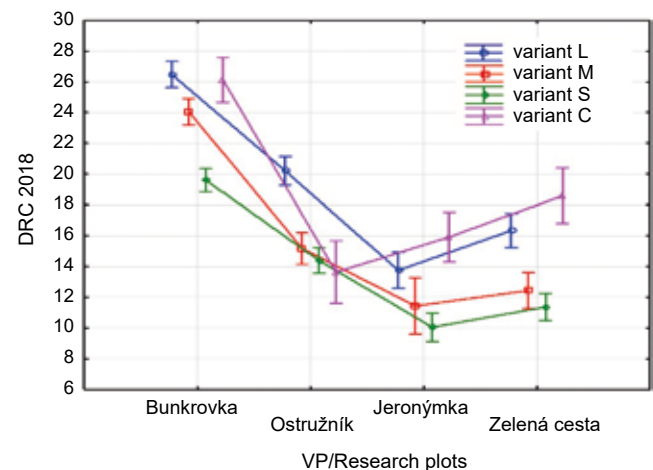
Description of treatments: S (small) – height of 2-year seedlings: 6–10 cm, M (medium) – height of 2-year seedlings: 11–16 cm, L (large) – height of 2-year seedlings +17 cm, C – control treatment, DRC – diameter of root collar

Obr. 3.

Původně nejmenší tloušťky kořenového krčku byly u smrků varianty S – small; výsledky dvoufaktorové ANOVA (1. faktor velikostní kategorie a 2. faktor výzkumné plochy) u parametru tloušťka kořenového krčku (DRC) v době výsadbě

Fig. 3.

Spruces of S – small variant showed the smallest root collar diameter initially; results of two-factor ANOVA (factor 1 – size category; factor 2 – research plot) in the diameter of root collar (DRC) at the time of outplanting



Obr. 4.

V roce 2018 začaly nejmenší semenáčky dohánět některé původně větší sazenice; výsledky dvoufaktorové ANOVA (1. faktor velikostní kategorie a 2. faktor výzkumné plochy) u parametru tloušťka kořenového krčku (DRC) v roce 2018 (4 roky po výsadbě)

Fig. 4.

In 2018, initially the smallest seedlings began to keep up with other variants; results of two-factor ANOVA (factor 1 – size category; factor 2 – research plot) in the diameter of root collar (DRC) in 2018 (4 years after outplanting)

- JURÁSEK A., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2007. Specifika pěstování a využití sadebního materiálu smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. pro horské oblasti. Recenzované metodiky pro praxi. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 27 s. Lesnický průvodce 2/2007.
- KOTRLA P. 1998. Uchování a reprodukce genofondu původních populací smrku 8. lesního vegetačního stupně v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku. Disertační práce. Brno, MZLU: 139 s.
- KREUTZER K., BUTTERBACH-BAHL K., RENNENBERG H., PAPEN H. 2009. The complete nitrogen cycle of an N-saturated spruce forest ecosystem. *Plant Biology*, 11: 643–649. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00236.x
- LANG H.-P. 1989. Risks arising from the reduction of the genetic variability of some Alpine Norway spruce provenances by size grading. *Forestry Supplement*, 62: 49–52.
- LEHOTSKÝ L. 1961. Vplyv nadmorskej výšky na kvalitu semena smreka obyčajného (*Picea excelsa* Link), borovice sosny (*Pinus silvestris* L.) a vývoj sadenic borovice sosny v horských polohách. *Lesnícky časopis*, 7: 28–46.
- LUNDBORG A. 1997. Reducing the nitrogen load: whole-tree harvesting: a literature review. *Ambio*, 26: 387–393.
- MODRZYŃSKI J. 1995. Altitudinal adaptation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) progenies indicates small role of introduced populations in the Karkonosze mountains. *Silvae Genetica*, 44: 70–75.
- MODRZYŃSKI J., ERIKSSON G. 2002. Response of *Picea abies* populations from elevational transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress. *Forest Ecology and Management*, 165: 105–116. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00651-X
- MUND M., KUMMETZ E., HEIN M., BAUER G.A., SCHULZE E.D. 2002. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe. *Forest Ecology and Management*, 171: 275–296. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00788-5
- OLEKSYN J., MODRZYŃSKI J., TJOELKER M. G., ŻYTKOWIAK R., REICH P. B., KAROLEWSKI P. 1998. Growth physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology*, 12: 573–590. DOI: 10.1046/j.1365-2435.1998.00236.x
- PETERJOHN W.T., FOSTER C.J., CHRIST M.J., ADAMS M.B. 1999. Patterns of nitrogen availability within a forested watershed exhibiting symptoms of nitrogen saturation. *Forest Ecology and Management*, 119: 247–257. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00526-X
- SIMPSON D.G. 1994. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds, foliage, and stems. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 1066–1070.
- SCHMIDT-VOGT H. 1977. Die Fichte. Ein Handbuch in zwei Bänden. Band I. Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften. Hamburg, Parey: 647 s.
- VRIES W. DE, SOLBERG S., DOBBERTIN M., STERBA H., LAUBHANN D., OIJEN M. VAN, EVANS C., GUNDERSEN P., KROS J., WAMELINK G.W.W., REINDS G.J., SUTTON M.A. 2012. The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration by European forests and heathlands. *Forest Ecology and Management*, 258: 1814–1823. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.02.034
- WESTIN J., SUNBLAD L.G., STRAND M., HÄLLGREN J.E. 2000. Phenotypic differences between natural and selected populations of *Picea abies*. I. Frost hardiness. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15: 489–499. DOI: 10.1080/028275800750173393
- ZAPLETAL M. 2014. Historický vývoj atmosférické depozice síry a dusíku v České republice. Opava, Slezská univerzita v Opavě, Filozoficko-přírodovědecká fakulta: 135 s.

DIFFERENT PERFORMANCE OF MOUNTAIN NORWAY SPRUCE POPULATION PARTS UNDER CONDITIONS OF HIGH NITROGEN LOAD

SUMMARY

A high deposition of nitrogen compounds threatens the stability of the forest stands and consequently affects the functions of forests on mountainous sites over long time. An important part of techniques to reduce the sensitivity of forest ecosystems is also the support of a high level of biodiversity. This is not only a diversity among species, but also the maintenance of intraspecies variability within populations. In the Czech Republic, the most important mountain tree species is Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Although its growing has been traditional in forest nurseries, new information on post-planting performance of different height classes sorted in nursery was found.

The series of research plots was established in the Orlické hory Mts. (Czech Republic) with high deposition of NO_3 and NH_4 in 2015 (Tab. 1). On four sites, planting stock of Norway spruce mountain population origin was used, which had been grown and sorted previously in the nursery according to the intensity of its juvenile growth. Spruce seedlings of mountainous origin were previously found to have a specific growth variability; almost half of spruces terminated the first-year growth with primary needles and terminal buds. Special attention was paid to these initially slowly-growing seedlings that proved to be well-adapted to harsh mountain conditions. For planting, the material from a variety of mountain sites was used. The seedlings were sorted into three height-size categories (variants) such as small-S (6–10 cm), middle-M (11–16 cm) and large-L (>17 cm). Besides these three variants, a variant C, consisting of Norway spruce planting stock produced in the commercial forest nursery in the usual way, was added. The bigger ones were planted in 2015 while the smallest were grown one more year in nursery before planting in autumn 2015.

The first results of the experiment confirmed the previous experience with different growth of individuals within Norway spruce mountain populations, as the smallest seedlings showed the best growth and health after planting in the mountain conditions (Fig. 1) and began to keep up with the medium ones on three plots in 2018 (Fig. 4). For these trees, a term “trees with climax growth strategy” was used. This approach follows recommendations for sorting of the seedlings in nursery, based on the need to retain the whole growth spectrum of the mountain population. Growth of planting stock of spruce showing the “climax growth strategy” seemed to be promising as development of trees with good precondition of stability in an area with high nitrogen deposition in the first few years after planting can be expected. These trees can become a stable (crop) part in future forest stands.

Based on these results, it is possible to hypothesize that one of the options for reducing the negative impact of high nitrogen deposition in mountain locations is the use of part of planting stock that showed the slowest performance at the beginning for the artificial forest regeneration. These initially slowly-growing spruce seedlings should not be rejected in forest nursery. They were likely to represent the well-adapted part of mountain population in harsh climate and have a chance to develop more stable trees in the longer term. Their presence in the stands would play a role especially in conditions of various climatic or other extreme site conditions.

Zasláno/Received: 08. 01. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 25. 06. 2019