

## HODNOCENÍ MORFOLOGICKÝCH PARAMETRŮ HORSKÝCH POPULACÍ SMRKU ZTEPILÉHO S RŮZNOU RŮSTOVOU STRATEGIÍ

### ASSESSMENT OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF NORWAY SPRUCE MOUNTAIN POPULATIONS WITH DIFFERENT GROWTH STRATEGY

JAN LEUGNER - ANTONÍN JURÁSEK

*Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno*

#### ABSTRACT

In the context of previous research, it was found that Norway spruce trees with slower growth in juvenile stage (in nursery) show high adaptability after out-planting to extreme mountain conditions. This part of population may form a stable skeleton of regenerated stands with climax strategy. Currently, there are some problems related to premature rejection of seedlings (because of its small size), when only trees with more intensive growth were used in forest restoration. Evaluation of complex morphological parameters should be used for the selection of the trees in young spruce stands with preconditions for creation of stable skeleton with high resistance to extreme mountain conditions. The aim of this paper is evaluation of morphological parameters in terms of the whole growth spectrum of spruce population. The evaluation was carried out considering adaptation to ecological conditions of mountain sites. Evaluation of morphological parameters can be used in the selection of auspicious trees in thinning.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý, horské podmínky, třídění semenáčků, růstová strategie

**Key words:** Norway spruce, mountain conditions, nursery sorting, growth strategy

#### ÚVOD

Pro lesní ekosystémy v horských polohách na území České republiky má nezastupitelnou roli smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.). Pro vypěstování dostatečně stabilních porostů s převahou této dřeviny je nutno dodržovat specifické přístupy, které pěstování horského smrku přináší. Populace smrku z 8. lesního vegetačního stupně (LVS) vykazují v prvních letech růstu (ve školce) větší výškovou variabilitu v porovnání s populacemi z nižších poloh. V rámci předchozího výzkumu jsme ověřili, že právě jedinci s pomalejším růstem v juvenilním stadiu vykazují po výsadbě na extrémní horská stanoviště výbornou adaptabilitu a zřejmě budou tvořit klimaxovou část obnovovaných porostů. Problémem je skutečnost, že po řadu let byli právě tito jedinci ve školkách vyřazováni (vzhledem k svému malému vzrůstu) do výmětu a v obnově lesa byli uplatňováni pouze jedinci s intenzivnějším růstem. Vystává tedy závažná otázka, zdali rozsáhlé plochy v horských imisních oblastech, obnovované v 80. a 90. letech minulého století, budou schopné odolávat extrémním horským podmínkám.

Na výzkumné ploše založené před 16 lety specificky tříděným sadebním materiálem se zvláštním zřetelem na pomalu rostoucí jedince byly sledovány mimo jiné také morfologické charakteristiky jedinců s různou intenzitou růstu ve školce. Vyhodnocení komplexu morfologických parametrů bude sloužit k vytipování jedinců v mladých porostech smrku ztepilého majících předpoklady pro vytvoření sta-

bilní kostry se zvýšenou odolností k extrémním horským podmínkám.

Populace smrku z vyšších poloh (v podmínkách České republiky 8. LVS) se vyznačují větší variabilitou velikosti osiva i semenáčků (KOTRLA 1998) a navíc odlišnou intenzitou a dynamikou růstu (HOLZER et al. 1987; LANG 1989), zejména v juvenilním stadiu růstu.

Tato růstová dynamika je geneticky fixovaná a byla pozorována například i při pěstování semenáčků v řízeném prostředí skleníku nebo růstové komory (HOLZER 1985; QAMARUDDIN et al. 1995), proto je také běžná při pěstování v obvyklých podmínkách lesních školek.

Uvedené rozdíly jsou z větší části přisuzovány vysoké genetické variabilitě osiva. Hlavní příčinou je skutečnost, že smrk v různých nadmořských výškách kvete přibližně ve stejné době a pyl je unášen v širokém rozmezí nadmořských výšek. Následkem toho mohou být horské populace smrku opyleny populacemi ze středních nadmořských výšek a naopak (HOLZER 1985). Při pěstování sadebního materiálu pro vyšší horské polohy je tedy nutné používat odlišná kritéria pro třídění semenáčků a sazenic, protože vyřazování menších, pomalu rostoucích jedinců může být příčinou zúžení genetického spektra a odstranění právě těch rostlin, které jsou nejlépe přizpůsobeny růstu v extrémních horských podmínkách. Jedná se pravděpodobně o jedince, jež jsou schopni přežít extrémní klimatické výkyvy, ke kterým může docházet i jednou za několik desítek let (LANG 1989).

Tento názor podporují i údaje některých autorů o tom, že výška nadzemních částí smrkových semenáčků klesá se stoupající nadmořskou výškou původu (MODRZYŃSKI 1995; KOTRLA 1998). Předpokládá se přitom, že v procesu adaptace na nepříznivé podmínky horského prostředí získávají populace smrku vyšší odolnost na úkor intenzity růstu.

Nižší intenzitu růstu horských populací smrku v souvislosti s jejich zvýšenou adaptací na nepříznivé horské podmínky popisují také OLEKSYN et al. (1998). K uvedené hypotéze přispívají i údaje o tom, že populace smrku pocházející z vyšších nadmořských výšek nebo ze severnějších oblastí vykazují vyšší odolnost k mrazu (SIMPSON 1994; HAWKINS, SHEWAN 2000; WESTIN et al. 2000) a k suchu (MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002) než semenáčky z nižších poloh nebo jižnějšího původu.

Cílem tohoto příspěvku je vyhodnocení morfologických parametrů celého spektra jedinců smrku zteplého s různou intenzitou juvenilního růstu. Vyhodnocení proběhlo ve vazbě na adaptaci k ekologickým podmínkám horských lokalit.

## METODIKA

V modelové oblasti Krkonoš byly vyznačeny dílčí výzkumné plochy na stávající výzkumné ploše „Pláň“. Jedná se o 15letou smrkovou mlazinu rostoucí na původně rozsáhlé extrémní horské holině (2 ha) na severním svahu Stohu v nadmořské výšce 1 000 až 1 100 m (HS 73, SLT 8K).

Výzkumná plocha byla založena v roce 1994 specificky tříděným sadebním materiálem pocházejícím z 8. LVS (B/SM/0001/22/8/TU). Třídění bylo provedeno v roce 1992 před školkováním, kdy byly dvouleté semenáčky rozděleny do 3 velikostních kategorií: menší než 8 cm („malé“, které bývají obvykle vyřazovány do výmětu „m“), 8 až 15 cm („střední“ „s“) a 15 až 22 cm („velké“ „v“). Po dopěstování ve školce byly sazenice (2+2) vysazeny na kalamitní holinu.

Komplexní hodnocení morfologických parametrů bylo provedeno 16 let po výsadbě. Mladý smrkový porost se nachází ve fázi postupně se zapojující mlaziny. Pro toto hodnocení byly vybrány znaky, pomocí kterých bude možno vylišit jednotlivé části populace horského smrku. Všechny hodnocené parametry jsou uvedeny v tab. 1.

**Tab. 1.**

Hodnocené morfologické parametry smrku na výzkumné ploše „Pláň“  
Morphological parameters for assessment of spruces on the research plot „Pláň“

Hodnocené parametry/Parameters	Označení/Sign
Výčetní průměr 12 let po výsadbě/DBH 12 years after outplanting	D1.3 06
Celková výška 12 let po výsadbě/Height 12 years after outplanting	CV 06
Celková výška 16 let po výsadbě/Height 16 years after outplanting	CV 10
Výškový přírůst v roce 2008/Height increment in 2008	P 08
Výškový přírůst v roce 2009/Height increment in 2009	P 09
Výškový přírůst v roce 2010/Height increment in 2010	P 10
Výčetní průměr 15 let po výsadbě/DBH 15 years after outplanting	D 1.3 09
Poškození kmene/Damage of stem	Posk. kmen
Poškození větví/Damage of shoots	Posk. vetve
Typ větvení/Type of shoots	Typ vetveni
Počet ročníku jehlic/Number of needle age classes	Roc. jehlic
Kolikátý přeslen od vrcholu svírá s kmenem úhel 90°/Order number of whorl with right angle with stem	Uhel preslen
Kolikátý přeslen od vrcholu svírá s kmenem tupý úhel/Order number of whorl with obtuse angle with stem	Uhel preslen2
Poloměr koruny/Crown radius	Del. vetev

**Tab. 2.**

Charakteristika tvaru koruny (štíhlostní koeficient koruny)  
Characteristics of the crown shape (slender ratio of crown)

Charakteristika tvaru koruny/ Characteristics of the crown shape	Popis/ Description	Poměr šířky koruny/výšky stromu/ Crown breadth/tree height ratio	Index
Štíhlé koruny/ Narrow crowns	V celé délce koruny štíhlé <sup>1</sup>	0,3 – 0,4	1
Přechodové typy korun/ Transitional type of crown	Stromy s postupně se rozšiřující korunou, nebo stromy s širší korunou i v horní polovině stromové výšky <sup>2</sup>	0,4 – 0,5	2
Široké koruny/Wide crowns	Stromy s velmi širokou korunou <sup>3</sup>	0,5 +	3

Captions: <sup>1</sup>In the whole length of the narrow crown; <sup>2</sup>Trees with gradually expanding crown, or trees with broader crown in the upper half of the tree height; <sup>3</sup>Trees with very wide crown

První skupinou jsou znaky popisující růst stromu (celková výška, výškový přírůst v posledních třech letech, tloušťka kmene v  $d_{1,3}$ , maximální délka větve). Druhou skupinou jsou znaky charakterizující zdravotní stav jednotlivých stromů (olistění, stupeň poškození větví, stupeň poškození kmene, počet ročníků jehlic). Třetí skupinou znaků jsou popisné znaky, které slouží k identifikování jedinců horských populací (tvar koruny, typ větvení a přeslen, ve kterém svírají větve s kmenem tupý úhel). Jednotlivé stupně poškození a typ koruny jsou vyjadřovány indexy (tab. 2, 3). Typ větvení je rozdělen do tří základních typů – hřebentý typ (h), svazčitý (s) a deskovitý (d).

Při vyhodnocení byla nejdříve provedena vícerozměrná analýza metodou hlavních komponent, kterou jsme použili pro hodnocení jednotlivých znaků a také pro klasifikaci jednotlivých variant na výzkumné ploše. Ve druhé části byly některé znaky hodnoceny detailněji a byly hledány rozdíly mezi jednotlivými variantami, které charakterizují různé části horské populace horského smrku. Pro statistické vyhodnocení rozdílů mezi variantami byla využita jednofaktorová ANOVA s následným párovým porovnáváním Sheffeho metodou. Pro výpočty byly využity statistické programy STATISTICA a QC EXPERT.

## VÝSLEDKY

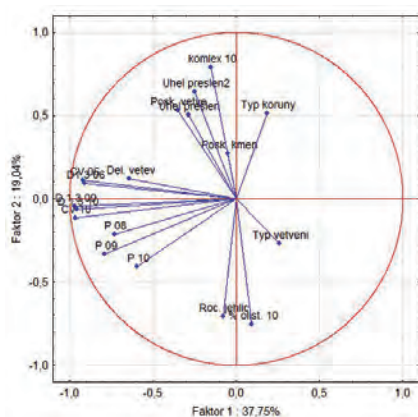
V první části byla provedena vícefaktorová analýza metodou hlavních komponent. Tato metoda slouží k vyhodnocení významnosti jednotlivých znaků. Na obr. 1 je znázorněna projekce proměnných do faktorové roviny prvních dvou faktorů, které dohromady vysvětlují 57 % variability. Z grafu lze identifikovat faktor jedna, který je možno charakterizovat jako faktor růstu, protože jednotlivé průvodice růstových znaků jsou nahloučeny ve směru faktoru 1. Stejným způsobem lze charakterizovat faktor 2 jako faktor zdravotního stavu (znaky olistění, poškození kmene a větví).

Ve druhé části byla provedena projekce případů (jednotlivých stromů) do faktorové roviny (obr. 2). Na základě této projekce lze vylíšit dva rozdílné shluky případů (stromů), které mají dle analýzy rozdílné vlastnosti. Tyto skupiny (shluky) jsou v grafu vyznačeny červenými elipsami, první skupina zahrnuje jedince, kteří v juvenilní fázi rostli pomalu (označeny „m“) a druhá je naopak tvořena jedinci s rychlým růstem v prvních letech po výsevu (označeny „v“). Toto rozdělení potvrzuje hypotézu, že jedinci s různou intenzitou růstu při pěstování ve školce

**Tab. 3.**

Indexy poškození kmene a větví  
Index of damage of stem and shoots

Druh poškození/Type of damage	Rozsah poškození/Description of damage	Index
	bez poškození/no damage	0
Poškození kmene/Stem damage	náhradní výhony/substitute shoots	1
	zlomy kmene/stem breakages	2
	bez poškození/no damage	0
Poškození větví/Branch damage	mírné poškození/moderate damage (small injuries, breakages of weak branches)	1
	střední poškození/medium damage (larger injuries, damage to thicker branches)	2
	poškození narušující stabilitu stromu/great damage (tree stability is disturbed, deep injuries of stem)	3
	totální devastace koruny/total crown devastation	4

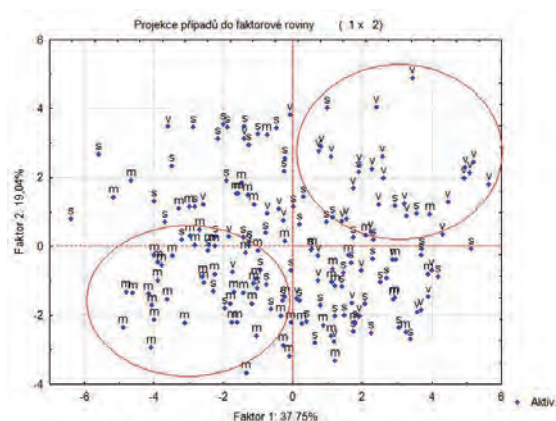


**Obr. 1.**

Projekce proměnných do faktorové roviny v analýze hlavních komponent

**Fig. 1.**

Projection of variable to factor layer in principal component analysis (PCA)



**Obr. 2.**

Projekce případů (jednotlivých stromů) do faktorové roviny v analýze hlavních komponent

**Fig. 2.**

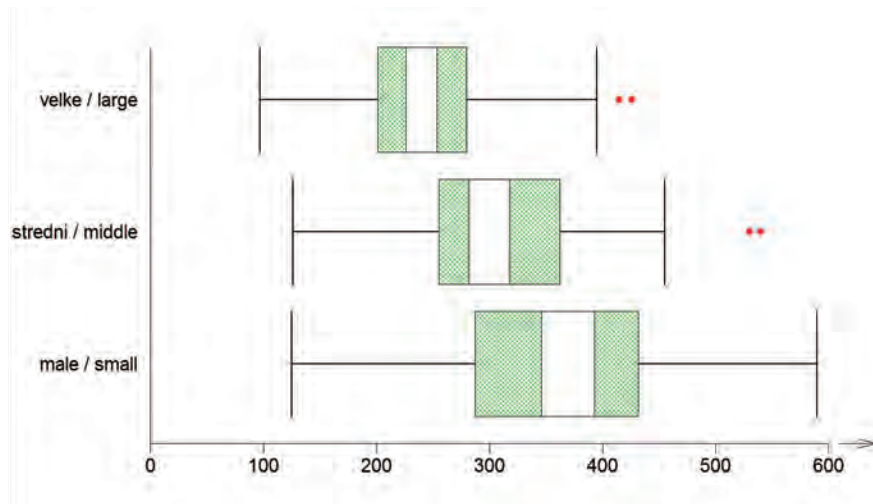
Projection of cases (trees) to factor layer in principal component analysis (PCA)

tvorí odlišné části populace s různou růstovou strategií. Stromy s pomalým růstem ve školce pravděpodobně tvoří část populace, kterou lze charakterizovat jako dílčí populaci s „klimaxovou strategií růstu“.

### Vyhodnocení morfologických parametrů

Výsledky základních morfologických parametrů (výška, výčetní tloušťka) ukazují velmi dobrý růst jedinců vypěstovaných z pomalu rostoucích semenáčků (varianta „malé“), rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou vysoce průkazně signifikantní (obr. 3, 4).

Z dalších morfologických parametrů je s přihlédnutím k odolnosti vůči nepříznivým klimatickým vlivům v horských polohách nejdůležitější, a zároveň v lesních porostech dobře rozpoznatelný, parametr „štíhlosti koruny“. Pro hodnocení byl tento parametr vypočten jako poměr průměru koruny k celkové výšce stromu. Výsledky tohoto hodnocení jsou uvedeny na obr. 5. Výsledky ukazují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami experimentu. Hodnoty zjištěné v provozních výsadbách (označené control A a B) jsou srovnatelné s variantou „velké“ – tyto varianty se vyznačují nejširšími korunami.



**Obr. 3.**

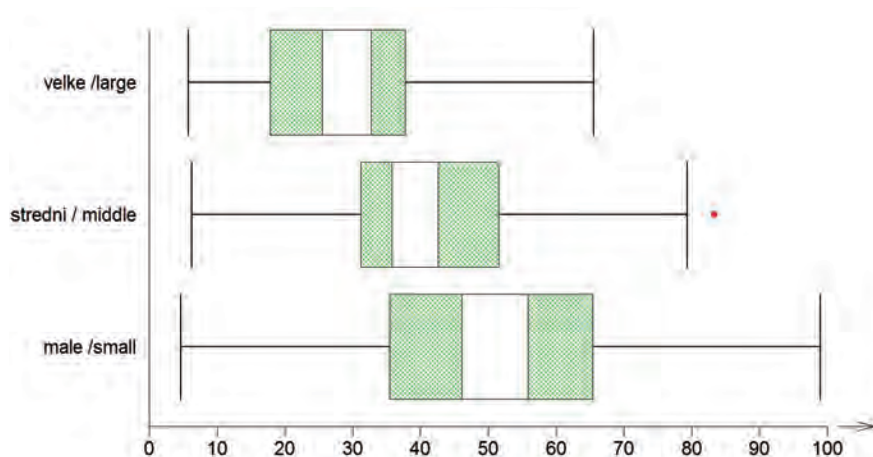
Výška jednotlivých variant 16 let po výsadbě na VP Pláň

(Vysvětlivky: bílý obdélník znázorňuje interval spolehlivosti mediánu, zelený obdélník 25% – 75% kvantil, černé proužky jsou „vnitřní hrabky“ dat, červený bod může představovat „odlehlu hodnotu“)

**Fig. 3.**

Height of various treatments of spruce 16 years after out-planting on the research plot Pláň

(Captions: white rectangle represents the confidence interval for median, green rectangle is a 25%–75% quantile, the black stripes are non-outlier range, the red point may represent „outlier“)



**Obr. 4.**

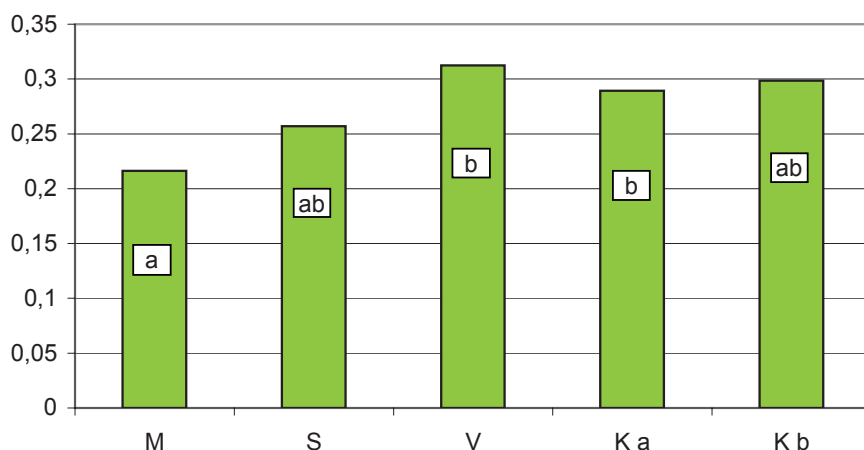
Výčetní tloušťka jednotlivých variant 16 let po výsadbě na TVP Pláň

(Vysvětlivky: bílý obdélník znázorňuje interval spolehlivosti mediánu, zelený obdélník 25% – 75% kvantil, černé proužky jsou „vnitřní hrabky“ dat, červený bod může představovat „odlehlu hodnotu“)

**Fig. 4.**

Diameter breast height (DBH) of various treatments of spruce 16 years after out-planting on the research plot Pláň

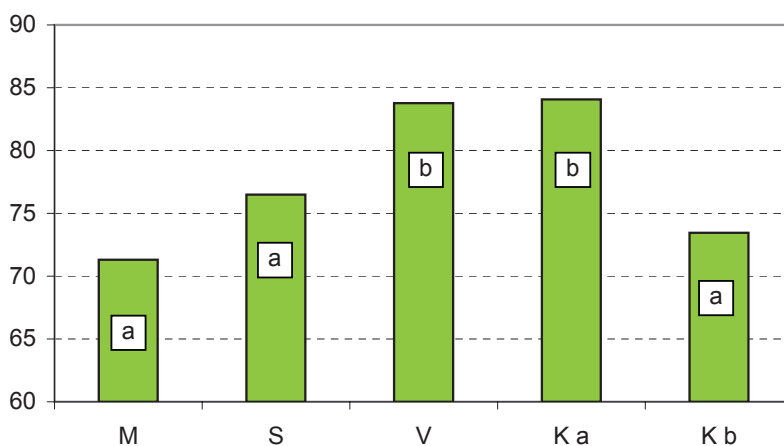
(Captions: white rectangle represents the confidence interval for median, a green rectangle is a 25%–75% quantile, the black stripes are non-outlier range, the red point may represent „outlier“)

**Obr. 5.**

Hodnoty štíhlostního koeficientu koruny (poměr průměru koruny k výšce stromu) u jednotlivých variant na VP „Pláň“ (odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti)

**Fig. 5.**

Slenderness ratio of crown (crown breadth/tree height) of various treatments of spruce on the research plot Pláň 16 years after out-planting (different letters mean significance on 5% level)

**Obr. 6.**

Hodnoty štíhlostního koeficientu u jednotlivých variant na VP „Pláň“ (odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti)

**Fig. 6.**

Slenderness ratio of various treatments of spruce on the research plot Pláň 16 years after out-planting (different letters mean significance on 5% level)

Důležitým parametrem pro statickou stabilitu stromu je štíhlostní koeficient (poměr výšky stromu k výčetní tloušťce). Také u tohoto parametru lze konstatovat, že nejlepších hodnot dosahují jedinci z pomalu rostoucích semenáčku (obr. 6). Tyto stromy si i přes intenzivní výškový přírůst udržují doporučené hodnoty štíhlostního koeficientu. V této fázi růstu již dochází k zapojování mlaziny, proto bude pro udržení tohoto parametru nutno v nejbližší době zahájit první výchovné zásahy.

## DISKUSE A ZÁVĚR

Z výsledků vícefaktorové analýzy vyplývá, že jedinci vypěstovaní ze semenáček s různou intenzitou růstu ve školce tvoří pravděpodobně různá genetická spektra horské populace smrku ztepilého. Tyto výsledky lze částečně potvrdit také poznatky z genetických analýz,

kteří budou publikovány v samostatném příspěvku (IVANEK et al. 2012).

Výsledky hodnocení morfoloických znaků potvrzují dřívější práce, které hodnotily růst jednotlivých částí růstového spektra horských populací smrku (JURÁSEK et al. 2009). Z hodnocení růstových parametrů je patrná výborná dynamika růstu stromů pocházejících ze semenáček s pomalým růstem ve školce („malé“). I poškození klimatickými vlivy bylo u těchto stromů nižší oproti stromům pocházejících z rychleji rostoucích semenáček. Tyto výsledky tak potvrzují poznatky publikované více autory, jež zmiňují vyšší odolnost jedinců s pomalejším růstem v podmínkách extrémních horských lokalit (LANG 1989; OLEKSYN et al. 1998; SIMPSON 1994; HAWKINS, SHEWAN 2000; WESTIN et al. 2000; MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002). Z hodnocení štíhlosti koruny vyplývá, že nejužších korun ve vztahu k celkové výšce dosahují stromy z varianty „malé“, a naopak nejširší koruny byly zaznamenány ve variantách „velké“ a „kontrola“, které reprezentují část populace



z intenzivně rostoucích semenáčků. Tyto parametry velmi dobře korepondují s výsledky poškození kmene a větví, jež byly stanoveny při hodnocení zdravotního stavu (JURÁSEK et al. 2011), kde bylo zjištěno nejvýraznější poškození u varianty „velké“ a také v provozních výsadbách („kontrola“).

Rychlý růst a větší velikost sazenic se může jevit jako výhoda z hlediska vyšší konkurenceschopnosti a zvýšení krátkodobých šancí na ujmoutí. Znamená však snížené investice do obrany, 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 životnosti (BIGLER, VEULEN 2009).

Z poznatků o růstu horských populací smrku ztepilého je zřejmé, že růstová dynamika části populace se zvýšenou odolností vůči stresovým faktorům se výrazněji projevuje už v druhém desetiletí po výsadbě na extrémní horská stanoviště.

Pro dlouhodobé vyhodnocení bude účelné a potřebné všechny experimentální výsadby horského smrku sledovat v delších časových řadách po výsadbě, aby mohla být nadprůměrná vitalita, růstová dynamika a odolnost ke stresovým faktorům jednoznačně prokázána.

#### Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu NAZV QH92062.

## LITERATURA

- BIGLER C., VEULEN T. T. 2009. Increased early growth rates decrease longevities of conifers in subalpine forests. *Oikos*, 118: 1130-1138.
- 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.
- HOLZER K. 1985. Die Bedeutung der Genetik für den Hochlagenwaldbau. In: Turner H., Tranquillini W. (eds.): Establishment and tending of subalpine forest. Research and management. Proceedings of the 3rd international workshop, IUFRO Project Group PI.07-00, Ecology of Subalpine Zones, September 3-5, 1984, Riederalp, Switzerland. Birmensdorf, Swiss Federal Institute of Forestry Research: 225-232.
- HOLZER K., SCHULTZE U., PELIKANOS V., MÜLLER F. 1987. Stand und Problematik der Fichten - Stecklingsvermehrung. *Österreichische Forstzeitung*, 98 (5): 12-13.
- IVANEK O., LEUGNER J., JURÁSEK A. 2012. Vliv specifického třídění semenáčků smrku na růst a genetickou diverzitu výsadeb v extrémních horských podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 144-15.
- JURÁSEK A., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2009. Effect of initial height of seedlings on the growth of planting material of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in mountain conditions. *Journal of Forest Science*, 55: 112-118.
- JURÁSEK A., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2011. Evaluation of physiological and health state of Norway spruce plants with different growth rate at juvenile stage after outplanting at mountain locations. *Journal of Forest Science*, 57: 170-177.
- 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.
- 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.
- 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.
- OLEKSYN J., MODRZYŃSKI J., TJOELKER M. G., ZYTKOWIAK 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.
- QAMARUDDIN M., EKBERG I., DORMLING I., NORELL L., CLAPHAM D., ERIKSON G. 1995. Early effects of long nights on budset, bud dormancy and abscisic acid content in two populations of *Picea abies*. *Forest Genetics*, 2: 207-216.
- 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.
- 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.

## ASSESSMENT OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF NORWAY SPRUCE MOUNTAIN POPULATIONS WITH DIFFERENT GROWTH STRATEGY

### SUMMARY

Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) has basic function in the forest ecosystems of mountain localities in the territory of the Czech Republic. It is necessary to adopt specific approaches of cultivation of mountain spruce populations in order to produce a sufficiently stable forest stands.

Mountain spruce populations show greater height variability compared with populations from lower localities in the early years of growth (in nursery).

In the context of previous research it was found that Norway spruce trees with slower growth in juvenile stage (in nursery) show high adaptability after out-planting to extreme mountain conditions. This part of the population may form the stable skeleton of regenerated stands with climax strategy. Currently, there are some problems related to premature rejection of seedlings (because of its small size), when only trees with more intensive growth were used in forest restoration.

Evaluation of complex morphological parameters should be used for selection of trees in the young spruce stands that have preconditions for the creation of a stable skeleton with high resistance to extreme mountain conditions.

Evaluation of morphological parameters can be used in the selection of auspicious trees in thinning.

The aim of the paper is assessment of morphological parameters of the whole growth spectrum of spruce population. Evaluation was carried out considering adaptation to ecological conditions of mountain sites.

Research area was founded in 1994 by specifically sorted planting stock of spruce originating from mountain population. Sorting was carried out in 1992 before transplanting, when the two-year old seedlings were divided into three size categories: less than 8 cm ("small", which are usually rejected, "m"), 8 to 15 cm ("medium" "s") and 15 to 22 cm ("large" "v"). Transplants (2 + 2) were out-planted on the research plot (disaster clear cut area).

On the basis projection of the cases (trees) in PCA there can be demonstrated two different clusters of trees (Fig. 2) with different properties according to the analysis. Two red ellipses are marked in the graph; the first of them includes the individuals who grew slowly in the juvenile phase (marked with "m") and the second, on the contrary, stands for individuals with rapid growth in the first years after sowing (marked "v"). This distribution confirms the hypothesis that spruces with different intensity of growth during cultivation in nursery constitute a different part of the population with various growth strategies. Trees with slow growth in nursery may consist of part of the population which can be characterized as trees with "climax growth strategy".

The evaluation of growth parameters shows the excellent growth dynamics of trees originating from seedlings with slow growth in nursery ("small"), also damage done by climate effects on these trees is lower compared to the trees originating from the faster-growing seedlings (Fig. 3, 4). The evaluation of slender ratio of crown shows that the narrowest crowns belongs to the trees of variant "small" (the narrow crown is characteristic for spruce from mountain populations) and, on the contrary, the widest crown have been recorded in the "large" and "control" variants which represent part of the population of intensively growing seedlings. These parameters correspond very well with the results of health status evaluation (JURÁSEK et al. 2011), where the most damaged stems and branches were found in the variants "large" as well as in common plantations ("control").

Recenzováno

---

#### ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Leugner, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno  
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika  
tel.: 494 668 391; e-mail: leugner@vulhmop.cz