

# SMĚSNÁ MINERÁLNÍ HNOJIVA VERSUS VÁPŇITÝ DOLOMIT: SROVNÁVACÍ STUDIE Z PĚSTOVÁNÍ PROSTOKOŘENNÉHO SADEBNÍHO MATERIÁLU SMRKU ZTEPILÉHO

## COMPOUND FERTILISERS VERSUS DOLOMITIC LIMESTONE: COMPARATIVE STUDY OF BARE ROOT NORWAY SPRUCE NURSERY STOCK PRODUCTION

ALEŠ KUČERA<sup>1</sup> ✉ - JANA ROSÍKOVÁ<sup>1</sup> - DUŠAN VAVŘÍČEK<sup>2</sup> - JAN PECHÁČEK<sup>3</sup> - PETER DUNDEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>3</sup>Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, Vrázova 1, 616 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: ala.coutchera@gmail.com

### ABSTRACT

The work presents results of a case study in nursery planting bare root seedlings of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst), assessing opportunities in intensification (fertilizers, preparations) of nursery stock cultivation in slightly acid-to-neutral soil. Following fertilizers were used: (1) mineral fertilizers with specific composition of N-P-K-Mg, with admixture of growth regulators, (2) auxiliary plant preparation, and (3) dolomitic limestone. Effect of the chemical amelioration was evaluated via soil reaction, nutrient amount in soil, C/N ratio, base saturation, plant nutrition, biometrical parameters and health status. The dolomitic limestone increased calcium and magnesium in soil considerably and reduced biomass production. Liming affected nutrient status rather negatively, compared with the mineral fertilizers and imbalanced nutrient levels on soil colloids. Slight decrease in soil reaction resulting from application of physiologically acidic fertilizers was considered suitable with regards to ecological demands of Norway spruce. Combination of fertilizer and auxiliary plant preparation increased production of assimilatory organs and fine roots; suitable shoot/root ratio was also maintained. The use of growth regulators and auxiliary plant preparations can be acceptable in order to achieve optimal nursery stock quality under suboptimal soil conditions.

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

**Klíčová slova:** smrk ztepilý; lesní školky; prostokořenný sadební materiál; růstové regulátory; hnojení; vápnění

**Key words:** Norway spruce; nursery; bare root nursery stock; growth regulators; fertilization; liming

### ÚVOD

V lesních školkách je půda základním výrobním nástrojem při pěstování prostokořenného sadebního materiálu. Vedle technologie výroby především kvalita půdy zcela podmiňuje vitalitu sadebního materiálu lesních dřevin (SMLD) i jeho biometrické charakteristiky z hlediska požadavků vyplývajících z ČSN 48 2115.

V intenzivních školkařských provozech jsou stále zvyšovány nároky na hospodárnost využití produkčních ploch i na jednotnost kvality sadebního materiálu (biometrické charakteristiky, zdravotní stav, nutriční statut), která zajistí nejen splnění požadavků na výstupu ze školkařské produkce, ale také úspěšnost navazujících výsadeb v edatopu přirozeného stanoviště (MARTINEC 2018).

Pěstování smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst) v prostokořenné formě má v České republice dlouhou tradici. Smrk je dřevinou vyhledávanou především kyselá stanoviště. Přitom však je uplatňován mnohdy na stanovištích na hranici ekologického optima, což představuje riziko zhoršení zdravotního stavu v případě změny přírodních podmínek mimo rámec ekovalence. Přitom sledování ekologických nároků pěstovaných dřevin je žádoucí nejen v edatopu přirozeného stanoviště, ale i v rámci produkce sadebního materiálu, např. pro zvýšení ujímavosti, minimalizace šoku z přesazení apod. (BINKLEY 1986; ČSN 48 2116).

Pro posouzení stability a dlouhodobosti produkce daného školkařského provozu lze využít řadu parametrů vyplývajících z pedologického, biometrického a nutričního šetření, které může s předstihem poukázat

na případná rizika, resp. potřebu optimalizace managementu a péče o půdní prostředí i optimalizace dodávky živin s případnou stimulací zdravotního stavu, vitality a rozvoje biomasy. Provozní praxe práce s půdou je ve školkařských provozech diverzní a je odvislá od přírodních podmínek; více však mnohdy od zaběhlých zvyklostí a empirických zkušeností daného provozu. Lze jen kvitovat, že pěstování sadebního materiálu lesních dřevin je v posledních letech věnována zvýšená pozornost a že i tato problematika je lépe zajištěna adekvátní literaturou a metodickými/technologickými návody (MAUER, MAUEROVÁ 2011; VAVŘÍČEK 2011; NÁROVCOVÁ et al. 2016; MARTINEC 2017; NÁROVEC 2017). V řadě provozů pěstební technologie úzce navazují na agronomické přístupy, které jsou však ve srovnání s pěstováním SMLD, předurčeného oproti zemědělským plodinám k dlouhé době obmýtí, v mnohém odlišné. Lze se tak setkat např. s rutinní aplikací vápničných složek i v případech, kdy by na základě předcházejícího šetření bylo využito vhodné alternativy. Tou mohu být např. směsná hnojiva, pomocné rostlinné přípravky, přípravky obohacené o růstové regulátory aj. (DURYEA, LANDIS 1984; KIMBALL 1990; SEABY, SELBY 1990; MCALISTER, TIMMER 1998; KHADDURI 2015), které lépe vystihnou ekologické nároky pěstovaného sadebního materiálu a jimiž lze dosáhnout optimální úpravy půdního prostředí i nutričního zajištění rostlin.

Tato práce prezentuje výsledky experimentálního hnojení prostokorného sadebního materiálu smrku ztepilého v lesní školce s mírně kyselou až neutrální půdní reakcí, kde bylo porovnáváno celkem sedm variant ošetření, zahrnujících hnojiva řady Silvamix®, AGLUFORM®, vápnitý dolomit a pomocný rostlinný přípravek.

## MATERIÁL A METODIKA

Účinek ošetření sadebního materiálu smrku ztepilého byl sledován v lesní školce LESCUS Cetkovice, s. r. o. (Česká republika). Byl sledován účinek (1) směsných hnojiv se specifickou recepturou a obohacením o růstové regulátory (Silvamix® a AGLUFORM® – ECOLAB ZNOJMO, s. r. o.); (2) organominerálního stimulačního přípravku, acidobazického alkoholového extraktu z vermikompostu, doplněného

o síru, aminokyseliny, enzymy, fytohormony a další přísady (VERMAKTIV Stimul S16+síra – ENZYMIK, s. r. o.) a (3) vápnitého dolomitu a bylo provedeno kontrolní měření bez ošetření (tab. 1).

Půdně-taxonomická jednotka (GPS půdní sondy 49.5762778N, 16.7293333E) je klasifikována jako pseudoglej luvický (Němeček et al. 2011) se stratografií Ap-Ew-Bm-Bmt-B/C-C. Půdní těleso s orníční vrstvou o mocnosti max. 30 cm je dotováno podzemní vodou bez rizika výrazných přísušků, je mírně kyselé půdní reakce, středně humózní a s nízkým obsahem karbonátů (tab. 2). Probíhá zde standardní management s periodickou dodávkou minerálních a organominerálních hnojiv před sítí nebo školkováním.

Studijní plocha byla zaškolkována na sedmiřádkové záhonové plochy volné půdy jednoletými semenáčky pěstovanými v obalech na vzduchovém polštáři postupem odpovídajícím standardu školky. Studie byla založena na čtyřech záhonech o délce 220 m, které byly rozděleny na 110m pole. Celkově 8 variant zahrnovalo aplikaci následujících přípravků: hnojiva řady Silvamix (Silvamix®R; Silvamix®R+s; Silvamix®R+s2; Silvamix®R50+s2; AGLUFORM®90+s2); kombinaci hnojiva Silvamix®R+s2 a Vermaktiv Stimul S16 se zvýšeným obsahem síry ve formě síranu draselného; vápnitý dolomit; kontrolní varianta bez ošetření (tab. 1). Tuhá hnojiva v granulované formě byla aplikována na zaškolované jednoleté semenáčky (pěstební vzorec k1+0) celoplošně v dubnu 2015 a v dubnu 2016 v dávce 2 t.ha<sup>-1</sup>; kapalný přípravek byl aplikován v koncentraci 1:50, ředěn vodou, v množství 6 l koncentrátu ha<sup>-1</sup>.

Vliv ošetření byl hodnocen prostřednictvím analýz vzorků půdy a biomasy a biometrických charakteristik. Odběry vzorků půdy byly provedeny (1) z půdní sondy pro celý pedon při zahájení studie; (2) z ornice (a) v dubnu 2015 při zahájení studie, (b) v říjnu 2015 a (c) v říjnu 2016, vždy v počtu 5 směsných vzorků (směsný vzorek složen ze třech dílčích vzorků) pro variantu ze zóny nejhustšího prokořenění (cca 5–10 cm). Biometrická měření probíhala v terénu na 60 označených sazenicích v říjnu 2015 a v říjnu 2016. Zjišťována byla výška stromku a roční přírůst s přesností na 0,1 cm, tloušťka kořenového krčku s přesností na 0,1 mm, počet terminálních výhonů a zdravotní stav

**Tab. 1.** Přehled variant ošetření a složení testovaných přípravků  
Overview of treatments and composition of tested preparations

| Označení varianty ošetření/<br>Treatment | Obchodní značka / forma <sup>1</sup><br>Trade mark / form <sup>1</sup> | Koncentrace živiny/(Nutrient concentration [%]) |                               |                  |      |      | Růstové regulátory/<br>Plant growth regulators <sup>4</sup> |      |
|--|--|---|-------------------------------|------------------|------|------|---|------|
|  |  | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO  | CaO  | S   | [%]  |
| C  | (Control) / -  | -   | -                             | -                | -    | -    | -   | -    |
| SR50_s2                                  | Silvamix®R50+s2 / s  | 14.5 <sup>2</sup>                               | 7.0                           | 18.0             | 5.0  | -    | 1.3   | 0.17 |
| SR_s                                     | Silvamix®R30+s / s   | 10.0 <sup>3</sup>                               | 7.0                           | 18.0             | 7.5  | -    | 4.3   | 0.35 |
| SR_s2                                    | Silvamix®R30+s2 / s  | 10.0 <sup>3</sup>                               | 7.0                           | 18.0             | 7.5  | -    | 4.3   | 0.17 |
| SR                                       | Silvamix®R30 / s   | 10.0 <sup>3</sup>                               | 7.0                           | 18.0             | 7.5  | -    | 4.3   | -    |
| SA_s2                                    | AGLUFORM®90+s2 / s   | 19.0 <sup>3</sup>                               | 7.0                           | 11.0             | 4.8  | -    | 4.0   | 0.17 |
| DolLim                                   | dolomitic limestone / s  | -   | -                             | -                | 18.7 | 32.3 | -   | -    |
| VermS                                    | VERMAKTIV Stimul S16+sulphur / l                                       | -   | -                             | -                | -    | -    | 0.14 <sup>5</sup>   | -    |
| Comb                                     | Silvamix®R30+S2 + VermS / s + l  | 10.0 <sup>3</sup>                               | 7.0                           | 18.0             | 7.5  | -    | 0.14 <sup>5</sup>   | 0.35 |

Vysvětlivky: <sup>1</sup>s – v pevné formě (aplikován na půdní povrch), l – v kapalné formě (aplikován na asimilační aparát); <sup>2</sup>55 % N jako močovinoformaldehyd; <sup>3</sup>34 % N jako močovinoformaldehyd; <sup>4</sup>je-li 0.17 %: NAA Na<sup>+</sup> 0.025 %; DA-6 0.07 %; SNP Na<sup>+</sup> 0.05 %; IBA K<sup>+</sup> 0.025 %, je-li 0.35 %: NAA Na<sup>+</sup> 0.15 %; DA-6 0.10 %; SNP Na<sup>+</sup> 0.075 %; IBA K<sup>+</sup> 0.025 %; <sup>5</sup>mol K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na 1 l přípravku (20 g l<sup>-1</sup>)

Captions: <sup>1</sup>s – solid (applied on soil surface), l – liquid (applied on assimilatory organs); <sup>2</sup>55% of N as urea-formaldehyde; <sup>3</sup>34% of N as urea-formaldehyde; <sup>4</sup>when 0.17%: NAA Na<sup>+</sup> 0.025%; DA-6 0.07%; SNP Na<sup>+</sup> 0.05%; IBA K<sup>+</sup> 0.025%, when 0.35%: NAA Na<sup>+</sup> 0.15%; DA-6 0.10%; SNP Na<sup>+</sup> 0.075%; IBA K<sup>+</sup> 0.025%; <sup>5</sup>mol K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> per 1 l of preparation (20 g l<sup>-1</sup>)

ve škále 1–5 s přechody 0,5 (1 – vitální jedinec nevykazující známky poškození; 2 – mírně poškozený, mírně dekolorovaný a deformovaný jedinec s mírně sníženou vitalitou; 3 – středně poškozený, výrazně dekolorovaný a deformovaný jedinec se sníženou vitalitou; 4 – značně poškozený jedinec se známkami žloutnutí až rezivění a ztráty asimilačního aparátu; 5 – odumřelý jedinec).

Asimilační aparát (jehlice) byl vzorkován v říjnu 2015 a v říjnu 2016 ve třech opakováních/varianta při odběru směsných vzorků min. z 20 jedinců, z posledního ročníku jehličí. Jehličí bylo použito pro stanovení hmotnosti sušiny 100 jehlic (105 °C) [g] a pro obsah makroelementů.

Na vyzvednutých celých vybraných jedincích byla biometrická měření prováděna destrukčně pro 6–9 náhodně vybraných sazenic z měřených šedesáti po ukončení sledování (říjen 2016). Pro každého jedince byly s přesností na 0,01 g zjišťovány: celková hmotnost jehlic, hmotnost nadzemní části bez jehlic, hmotnost 100 kusů jehlic, hmotnost kořenového vlášení, hmotnost kořenů vyjma kořenového vlášení. Z odvozených charakteristik byl stanoven hmotnostní poměr nadzemní a pozemní části sazenice [g] a štihllostní koeficient (výška nadzemní části/průměr kořenového krčku v cm).

Půdní reakce byla stanovena jako potenciálně-výměnná (pH/KCl) ve výluhu 0,2 M KCl při poměru půda/eluent 1:2,5. Koncentrace vodíkových iontů byla stanovena dvojím měřením pH [mmol chem.eq kg<sup>-1</sup>] (ADAMS, EVANS 1990), přístupné živiny vázané na půdním sorpčním komplexu (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) byly stanoveny ve výluhu Mehlich II s detekcí atomovou adsorpční spektrofotometrií (MEHLICH 1978) [mg.kg<sup>-1</sup>]. Fosfor byl stanoven spektrofotometricky ve výluhu kyseliny askorbové, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a Sb<sup>3+</sup> [mg.kg<sup>-1</sup>]. Organický uhlík (Corg) byl stanoven spektrofotometricky po endotermické reakci v chromsírové

směsi [%]. Celkový dusík byl stanoven dle Kjeldahla [%] (ZBÍRAL et al. 2004). Obsah síry v půdě a v jehlicích byl stanoven podle směrnice (EC) 2003/2003, metoda 8.2 (extrakce celkové síry v různých formách). Obsah hliníku (Al<sup>3+</sup>) byl stanoven dle Sokolova (ZBÍRAL 2002) [mmol chem.eq kg<sup>-1</sup>]. Kationtová výměnná kapacita (CEC) byla vypočtena součtovou metodou pomocí rovnice  $CEC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+}$  [mmol chem.eq kg<sup>-1</sup>]; obsah jednotlivých kationtů byl vypočten dle vztahu  $C_{mmol} = C_{mg} / (M/Oxn)$ , kde  $C_{mmol}$  je koncentrace dané živiny v mmol chem.eq kg<sup>-1</sup>;  $C_{mg}$  je koncentrace dané živiny v mg.kg<sup>-1</sup>; M je molární hmotnost, Oxn je oxidační číslo. Bazická saturace (BS) byla vypočtena dle vztahu  $BS = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+) / CEC$  [%]. Celkový obsah živin byl stanoven rozkladem v kyselině fluorovodíkové (ZBÍRAL 2002).

Obsah makroelementů (N, P, K, Ca, Mg, S) v jehličí byl stanoven v suché biomase podle ČIŽMÁROVÉ (2014) po mineralizaci v kyselině sírové a peroxidu vodíku. Z výluhu byly živiny stanoveny diferencovaně: P spektrofotometricky, vápník a hořčík pomocí FAAS, draslík FAES.

Data byla zpracována v softwaru R, veze 3.3.2 (2016-10-31) a RStudio, veze 1.0.153. Použity byly krabicové grafy a analýza hlavních komponent (PCA) v balíčku „vegan“, verze 2.5-4 (OKSANEN et al. 2019). Jednotlivé varianty ošetření jsou označeny podle tab. 1, sloupce 1.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky jsou půdně specifické pro jednotlivé varianty ošetření a vykazují výraznou odezvu na složení hnojiv a hnojivých přípravků. Půdní reakce zůstává v zónách mírně kyselé až neutrální. Fyziologicky kyselý účinek zejména síranů ve směsných minerálních hnojivech se zvýšenou koncentrací dusíku ve formě močoviny a močovinoformaldehydu

Tab. 2.

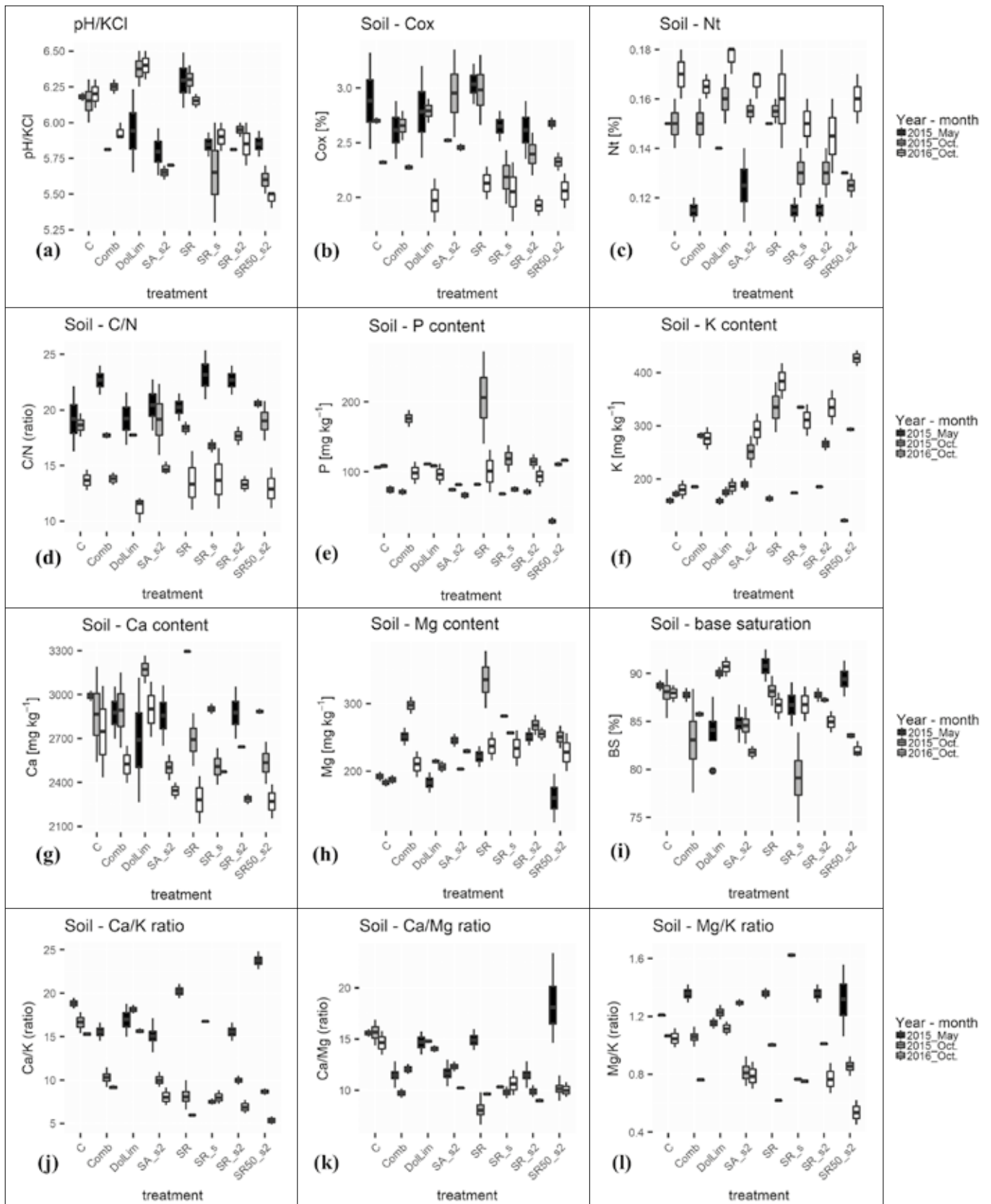
Pedochemické vlastnosti půdního profilu v lesní školce v jednotlivých půdních horizontech (Corg – organický uhlík; Nt – celkový dusík; CEC – kationtová výměnná kapacita; BS – bazická saturace; \*celková mineralizace vzorku ze substrátového horizontu (rozklad kyselinou fluorovodíkovou)

Properties of soil profile in the forest nursery within different soil layers (Corg – organic carbon; Nt – total nitrogen; CEC – cation exchange capacity; BS – base saturation; \*total mineralization of substrate horizon using hydrofluoric acid)

| Půdní horizont/<br>Soil layer                  | Vzorkovací hlubka/<br>Sampling depth<br>[cm] | Obsah živiny/Nutrient content |      |           |      |     |                        |       |       |       |        |       | CEC<br>mmol chem.<br>ekv.kg <sup>-1</sup> | BS<br>% |
|--|--|-------------------------------|------|-----------|------|-----|------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|---|---------|
|  |  | pH                            |      | Corg<br>% | Nt   | C/N | CaCO <sub>3</sub><br>% | P     | Mg    | Ca    | K      |       |   |         |
|  |  | H <sub>2</sub> O              | KCl  |           |      |     |                        |       |       |       |        |       |   |         |
| Organominerální/<br>Organomineral              | 0-10   | 6.67                          | 5.8  | 2.64      | 0.12 | 22  | 0.03                   | 70    | 268   | 3085  | 169    | 208.3 | 86.6                                      |         |
| Eluviální vybělený/<br>Eluvial; albic          | 15-25  | 6.70                          | 5.90 | 2.47      | 0.11 | 22  | 0.05                   | 72    | 266   | 2923  | 184    | 201.5 | 85.6                                      |         |
| Mramorový/Mottled                              | 35-45  | 6.32                          | 5.41 | 0.99      | 0.05 | 20  | 0.08                   | 43    | 335   | 2728  | 111    | 192.5 | 86.5                                      |         |
| Mramorový luvický/<br>Mottled; argi            | 60-70  | 6.34                          | 5.36 | 1.20      | 0.04 | 30  | 0.08                   | 44    | 348   | 2584  | 108    | 182.4 | 87.9                                      |         |
| Půdotvorný substrát/<br>Soil forming substrate | 110-120                                      | 6.72                          | 5.89 |           |      |     | 0.04                   | 24    | 491   | 3624  | 125    | 261.5 | 85.9                                      |         |
|  |  |                               |      |           |      |     |                        | 1470* | 5040* | 8070* | 15200* |       |   |         |

Vysvětlivky: Soil\_pHKCl – půdní reakce potenciální výměnná; Soil\_BS – bazická saturace půdního sorpčního komplexu; Soil\_N, Soil\_P\_mgkg, Soil\_K\_mgkg, Soil\_Ca\_mgkg, Soil\_Mg\_mgkg – obsah jednotlivých živin v půdě; Soil\_MgK – poměr vybraných živin v půdě; health – zdravotní stav; HundrNeedl – hmotnost 100 jehlic; Nutr\_N, Nutr\_P, Nutr\_K, Nutr\_Ca, Nutr\_Mg – obsah jednotlivých živin v asimilačním aparátu; Nutr\_CaMg, Nutr\_KMg – poměr jednotlivých živin obsažených v asimilačním aparátu; RootBelow1mm\_g – hmotnost kořenového vlášení; rootcollar\_diam\_mm – průměr kořenového krčku; shoot\_h\_cm – výška nadzemní části. Zkratky jednotlivých variant ošetření viz Tab. 1.

Captions: Soil\_pHKCl – soil reaction exchangeable; Soil\_BS – soil base saturation; Soil\_N, Soil\_P\_mgkg, Soil\_K\_mgkg, Soil\_Ca\_mgkg, Soil\_Mg\_mgkg – the nutrient content in soil; Soil\_MgK – the nutrient ratio in soil; health – health status; HundrNeedl – 100 needles dry mass weight; Nutr\_N, Nutr\_P, Nutr\_K, Nutr\_Ca, Nutr\_Mg – the nutrient content in assimilatory organs; Nutr\_CaMg, Nutr\_KMg – the nutrient in assimilatory organ ratio; RootBelow1mm\_g – fine root dry mass weight; rootcollar\_diam\_mm – root collar diameter; shoot\_h\_cm – shoot height. For abbreviations of the treatments see Tab. 1.



**Obr. 1.**

Pedochemické charakteristiky v jednotlivých časech vzorkování půdy (pH/KCl – půdní reakce potenciální výměnná; Cox – oxidovatelný uhlík; Nt – celkový dusík; C/N – poměr uhlíku a dusíku; P, K, Ca, Mg content – obsah jednotlivých živin; base saturation – bazická saturace; Ca/K, Ca/Mg, Mg/K – poměr živin; zkratky jednotlivých variant ošetření – viz tab. 1)

**Fig. 1.**

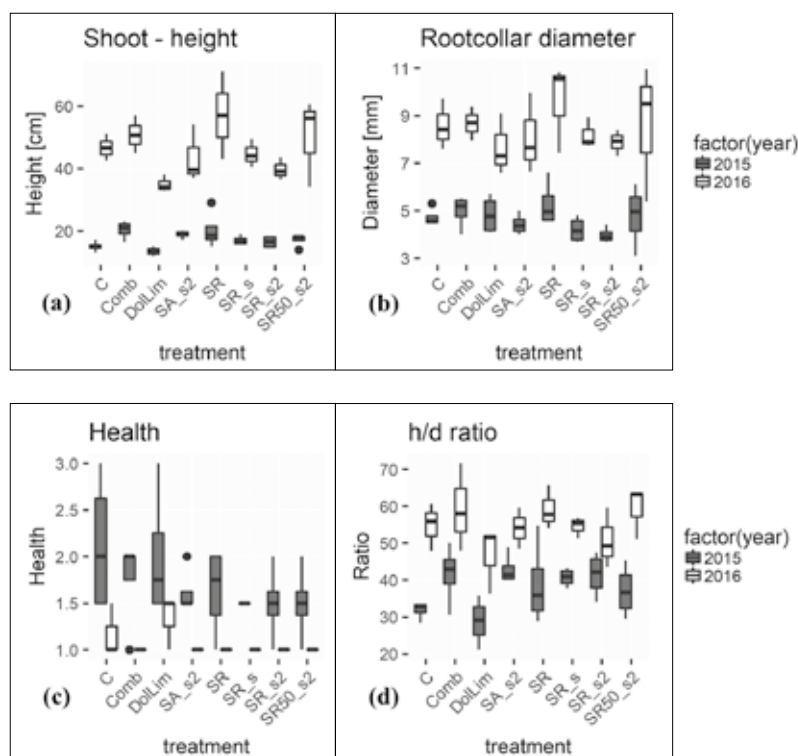
Soil chemical properties in different sampling time (pH/KCl – soil reaction exchangeable; Cox – oxidizable carbon; Nt – total nitrogen; C/N – C/N ratio; P, K, Ca, Mg content – the nutrient content; for abbreviations of the treatments see Tab. 1)

se projevuje v poklesu pH, na rozdíl od melioračně účinkujícího dolomitického vápence (DolLim) (obr. 1a). To odpovídá změnám v hydrolytické aciditě, která reflektuje zdroj protonů ve směsných minerálních hnojivech a jejich výměnu na půdním sorpčním komplexu za bazické kationty. Pokles půdní reakce vede v případě pěstování smrku k ekologické optimalizaci chemismu půdního roztoku (DRIESSCHE 1984) a fyziologicky kyselá hnojiva tak zde lze pokládat za vhodněji zvolená. Největší kolísání v hodnotách půdní reakce nastalo na variantách SR a Comb v prvním roce po aplikaci.

Ve všech variantách došlo k poklesu organické hmoty (obr. 1b) a také poměru C/N (obr. 1d), přičemž obsah organické hmoty klesl až na spodní hranici optima. Navzdory poměrně vyrovnaným hodnotám bazické saturace (BS) před založením studie (85–90 %) jsou její hodnoty na podzim 2015 i 2016 diferencované podle jednotlivých variant. K jednoznačnému zvýšení došlo pouze u varianty DolLim (obr. 1i). Vzhledem k výraznému vzestupu koncentrace dvoumocných bází u této varianty dochází také k zhoršenému příjmu draslíku v prvním roce (obr. 4c) (cf. JAKOBSEN 1993). Interakce bazických kationtů na půdním sorpčním komplexu vychází z fyziologicky kyselé působících účinků směsných hnojiv, v jejichž důsledku se na všech variantách snížil obsah Ca (obr. 1g) (minoritně i na variantě C, spojený s odběrem živin) vyjma varianty DolLim v důsledku přímé dodávky  $Ca^{2+}$  a  $Mg^{2+}$ . Optimalizace poměru živin v půdě nastala v případě všech směsných hnojiv, především ve prospěch draslíku. Vysoký poměr Ca/K tak v posledním roce šetření zůstal na variantách C a DolLim s výrazně převažující koncentrací vápníku; draslík vzhledem k hořčíku byl v nevápněných variantách dokonce v přebytku (obr. 1j, 1k, 1l).

Aplikace přípravků se projevila změnou v půdním chemismu a v návaznosti nutričního a zdravotního stavu a biometrických charakteristik. Růstová odezva sazenic (obr. 2) dokládá příznivý účinek minerálních hnojiv ve všech sledovaných parametrech a nepříznivý vliv vápenného dolomitu na přírůst nadzemní části, který byl dokonce nižší než u kontrolní varianty již v prvním roce. Negativní efekt vápnění v tomto případě není zcela překvapivý s ohledem na výchozí podmínky půdního chemismu, při kterém by vápenaté složky vzhledem k ekologickým nárokům a kalcifobii smrku ztepilého neměly být aplikovány. Jakkoli NÁROVCOVÁ et al. (2016) připouštějí optimální hodnoty pH pro střední až těžké půdy i vyšší než 6,5 (až neutrální), tak nadprahová až luxusní výživa, vycházející mimo jiné z fyzikálně-chemických půdních vlastností, může vést k produkci senzibilního sadebního materiálu vůči extrémnímu půdnímu prostředí (DRIESSCHE 1984; VAVŘÍČEK 2011).

Obdobná situace nastala také v případě průměru kořenového krčku a zdravotního stavu. Ten byl ve variantě DolLim charakteristický žloutnutím jehlic a jejich celkově jemným vzhledem, který vyplývá z nutriční disbalance a propagace vápníku na úkor dusíku a draslíku. Výrazně diferencovaný štíhlostní koeficient (obr. 2d) je ve všech variantách v optimálním rozmezí vhodnosti sadebního materiálu i pro výsadbu v klimaticky extrémních polohách (JURÁSEK et al. 2007). U hnojivových přípravků, především obohacených o růstové regulátory, došlo k vývoji častých vícečetných terminálních výhonů (hnojiva řady Silvamix, varianty SR a Comb), které se však v navazujícím roce vyjednotily do jednoho terminálního výhonu. Produkce asimilačních orgánů je nejvýraznější na variantě SR50\_s2 a srovnatelná na varian-



**Obr. 2.**

Biometrické charakteristiky sazenic (shoot - height – výška nadzemní části; Root collar diameter – průměr kořenového krčku; Health – zdravotní stav; h/d ratio – štíhlostní koeficient; zkratky jednotlivých variant ošetření – viz tab. 1)

**Fig. 2.**

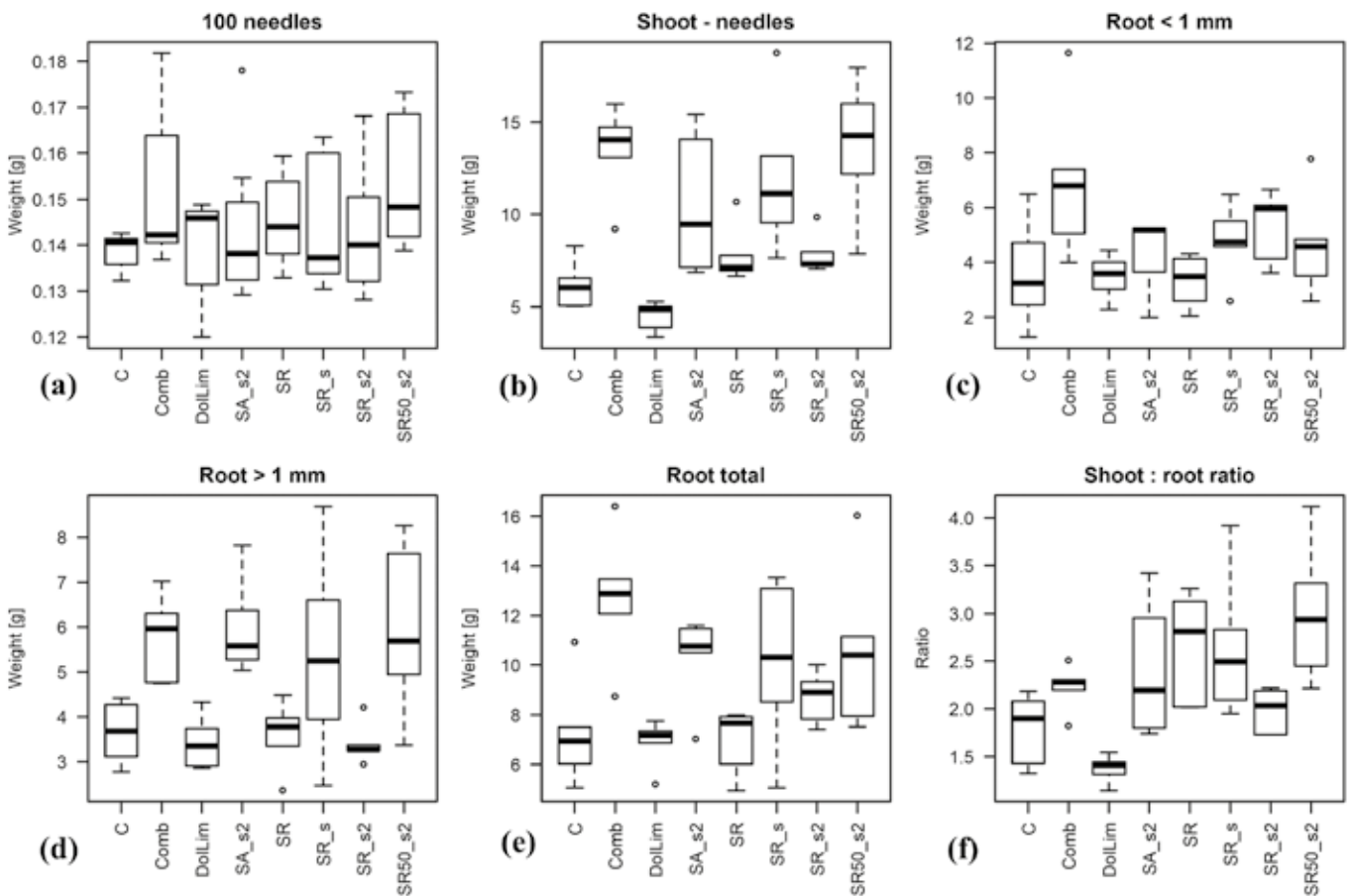
Biometrical properties of transplants (h/d ratio – shoot height/root collar diameter ratio; for abbreviations of the treatments see Tab. 1)

tě Comb (obr. 3a). Na variantě SA\_s2 jsou hodnoty značně variabilní na rozdíl od hmotnosti 100 jehlic, pro něž jsou střední hodnoty srovnatelné, avšak s různou mírou variability s minimy na variantě DolLim. Produkce kořenového vlášení je nejvýraznější na variantě Comb (obr. 3c). Varianta DolLim vykazuje nejnižší hodnoty produkce biomasy ve všech parametrech (cf. obr. 3b). Hmotnostní poměr nadzemní a podzemní části sazenic vychází výrazně ve prospěch nadzemní části ve všech variantách; střední hodnoty v žádné z variant nepřekračují hodnotu 3. Nejvyšší poměr je na variantě DolLim a nejnižší na variantě SR (obr. 3f).

Poměr jednotlivých biometrických proporcí je do značné míry určujícím parametrem, avšak při celkově slabém vzrůstu mohou být zavádějící, jako v případě varianty s vápnitým dolomitem (obr. 3). Bez komplexního posouzení by bylo možné vyhodnotit tuto variantu jako nevhodnější ve smyslu poměru mezi nadzemní a podzemní částí, avšak tato varianta nejen že je v měřených parametrech celkově nejslabší, ale zároveň na ní došlo k nejnižšímu rozvoji asimilačního aparátu, nepříznivému zdravotnímu stavu i nutričně suboptimálnímu zajištění dusíkem. Nadto smrk ztepilý s příznivou schopností regenerace a produkce adventivních kořenů je schopen rychle subproporci kořenového vlášení kompenzovat (BERNIER et al. 1995; MORGAN 1999).

Obsah živin v asimilačních orgánech je optimalizovaný v rámci celé tabule. Mezi jednotlivými roky šetření došlo k výraznému vzestupu obsahu draslíku. Vzhledem k daným půdním podmínkám (texturně těžká půda a mírně kyselá až neutrální půdní reakce) nejvýraznější kladná odezva na ošetření nastala u variant řady Silvamix s 10% obsahem dusíku a se zvýšeným obsahem draslíku (18 %), tedy u variant SR a Comb. V těchto variantách došlo k příznivé optimalizaci obsahu živin, resp. bazických kationtů na půdním sorpčním komplexu a v návaznosti k optimalizaci nutričního stavu i v obsahu fosforu a síry (obr. 4f). Samotný živinový poměr N/S byl na všech variantách jednoznačně optimalizován na hodnoty okolo 15 (obr. 4i). Také ostatní poměry živin byly v průběhu druhého roku v asimilačním aparátu optimalizovány, zejména z aspektu obsahu draslíku.

Vápnitý dolomit se v této studii jeví jako nejméně vhodný přípravek ze sledovaných. Výrazně negativně ovlivňuje vyrovnanost živin v asimilačním aparátu a zároveň umocňuje antagonistický účinek dvoumocných bází (viz rozložení ukazatelů trofismu ve faktoriální rovině na obr. 5 vzhledem k obsahu draslíku v půdě a v jehlicích). Disbalance v příjmu draslíku se také projevuje sníženým poměrem K/Mg v jehlicích, avšak tento nepříznivý poměr byl ve druhém roce pěstování zvýšen na optimální hodnoty. Samotná výživa byla celkově během druhého roku výrazně optimalizována při zmírnění rozdílů mezi jed-



**Obr. 3.** Biometrické charakteristiky sazenic (100 needles – hmotnost 100 jehlic; Shoot – needles – hmotnost všech jehlic; Root < 1 mm – hmotnost kořenového vlášení; Root > 1 mm – hmotnost silných kořenů; Root total – hmotnost všech kořenů; Shoot/root ratio – hmotnostní poměr nadzemní/podzemní část; zkratky jednotlivých variant ošetření – viz tab. 1)

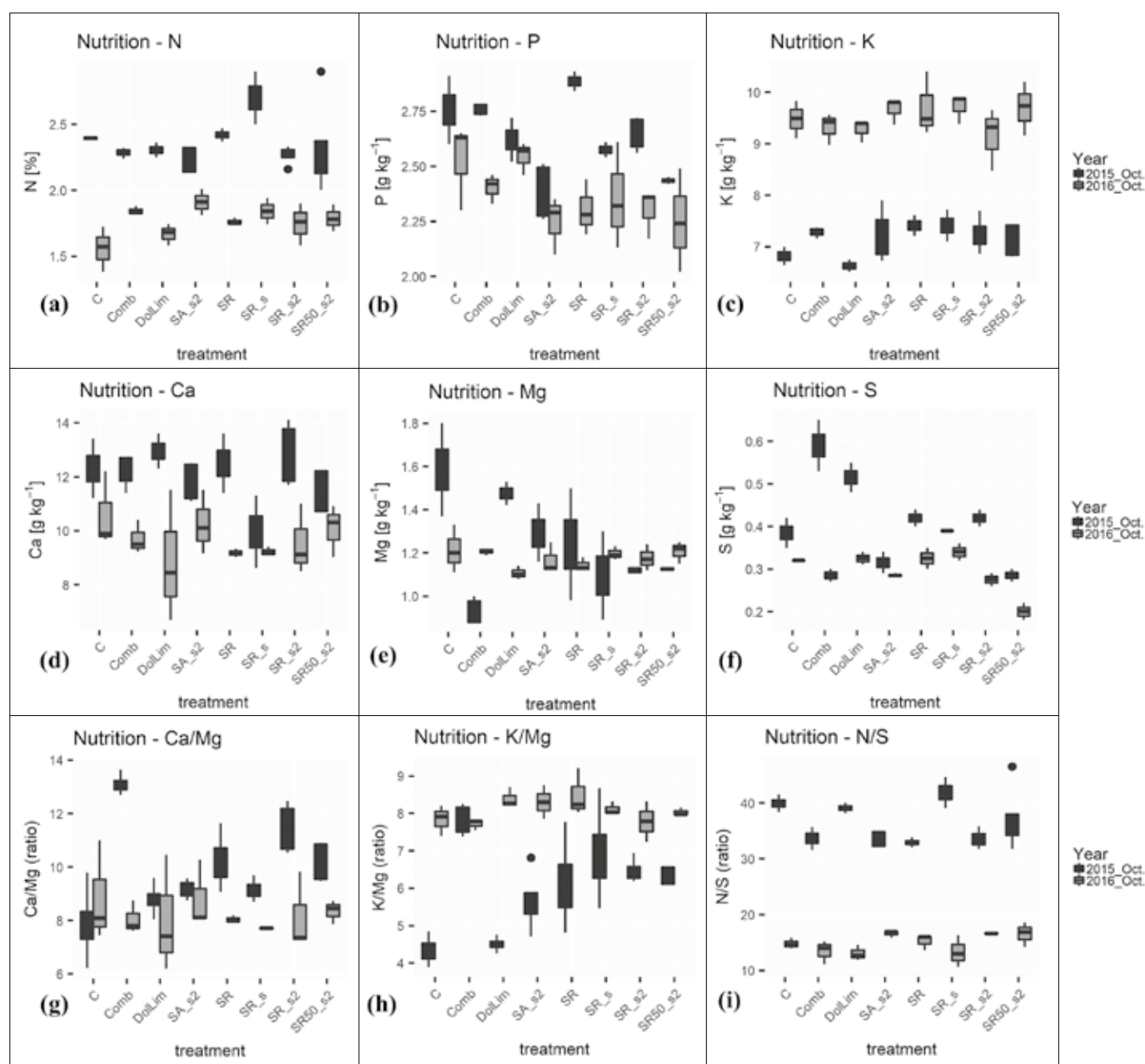
**Fig. 3.** Biometrical properties of transplants; for abbreviations of the treatments see Tab. 1

notlivými variantami. Nad běžný rámec sledovaných makrobioelementů, především při pěstování jehličanů, může alkalizace půdního prostředí vést k chlorózám v důsledku snížené přístupnosti železa a manganu (DRIESSCHE 1984).

Při prošetření vztahů mezi sledovanými parametry (obr. 5) je patrný efekt jednotlivých opatření. Specifickým účinkem se tak vyznačuje vápenný dolomit, ale také kontrola – varianty blízké svou vazbou na hodnocené parametry: vápenný dolomit jednoznačně vede k pozitivní úpravě půdního chemismu propagací alkalických složek; směsná hnojiva se více odrážejí v biometrických charakteristikách, podporují jak rozvoj jednotlivých částí rostlin separovaně i sumárně, tak

i příjem živin. Rozvoj nadzemní části nejvíce podpořilo hnojivo na variantě SR50s2 ze zvýšenou koncentrací dusíku; přitom však koncentrace N v asimilačním aparátu zůstala na úrovni ostatních variant. Rozvoj kořenového vlášení je podpořen nejvýrazněji kombinací hnojiva a pomocného rostlinného přípravku (srov. obr. 3c, obr. 5). Ten sám o sobě hnojivo v pravém slova smyslu nepředstavuje, avšak při optimálním nutričním zajištění jej lze cíleně využít pro rozvoj kořenové biomasy.

Směsná minerální hnojiva s postupným uvolňováním živin jsou mnohými autory zmiňována pro jejich dlouhodobější a vyrovnanější vstup makrobioelementů do výživy (INGERSLEV 1999; REMEŠ et al.



**Obr. 4.**

Obsah a poměr živin v asimilačním aparátu (nutrition N, P, K, Ca, Mg, S – obsah dané živiny; Nutrition Ca/Mg, K/Mg, N/S – poměr vybraných živin; zkratky jednotlivých variant ošetření – viz tab. 1)

**Fig. 4.**

Nutrient content and ratio in assimilatory organs (for abbreviations of the treatments see Tab. 1)

2005; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; VAVŘÍČEK et al. 2010). Na rozdíl např. od aplikace vápnitých meliorantů je zajištěna nejen vyrovnaná výživa, lepší vitalita a zdravotní stav, ale také stabilnější a vyrovnanější půdní prostředí. Nad rámec standardních receptur minerálních hnojiv lze využít růstové regulátory doplňující funkci fytohormonů (SIMPSON 1986; SEABY, SELBY 1990; HARTMANN et al. 2011), jako např. NAA Na<sup>+</sup> (kyselina naftyloctová); SNP Na<sup>+</sup> (nitrofenolát sodný) nebo IBA K<sup>+</sup> (kyselina indolylmásečná). Přitom jejich použití nemusí vycházet z úsilí o maximalizaci produkce, ale ze snahy o optimalizaci poměru nadzemní a podzemní části sazenice, rozvoje kořenového vlášení, o regeneraci při poškození abiotickými vlivy, o podporu vitality, ujmavosti a výsadbyschopnosti.

Růstové regulátory jsou mnohdy považovány za nevhodný způsob pěstování SMLD. Podle JURÁSKA et al. (2007) je nelze doporučit pro pěstování sadebního materiálu v klimaticky extrémních polohách, v produkci aklimatizačních školek. Jakkoli nemusí jejich použití vést k výrazné diferenciaci v produkci biomasy (KHADDURI 2015), lze je cíleně využít pro stimulaci rozvoje kořenového systému, resp. vlášení, a tím zvýšit efektivitu příjmu vody a odolnost vůči stresu suchem, nebo v podobě pomocných rostlinných přípravků (PETRUŽÁLKOVÁ et al. 2018) pro regeneraci při poškození na školovací tabuli při klimatických extrémech (zmrazky, troposférický ozón aj.). Lze se tak také vyhnout výrazným ekonomickým ztrátám. V případě aplikovaného Vermaktivu Stimul S16 se sírou je navíc součástí přípravku síran draselný při zvýšené dotaci klíčových makroelementů.

Především při pěstování sadebního materiálu v texturně méně vhodných půdách (zejména středně těžké až těžké) jsou kořeny potlačovány v rozvoji a v takových případech nelze vyloučit pozitivní účinek regulátorů růstu a pomocných rostlinných přípravků, které však mají také své limity použití: při výrazně suboptimálním obsahu organické hmoty, a tím eskalaci nepříznivých fyzikálních podmínek především z aspektu vodovzdušného režimu a proporcí nekapilárních pórů v dané

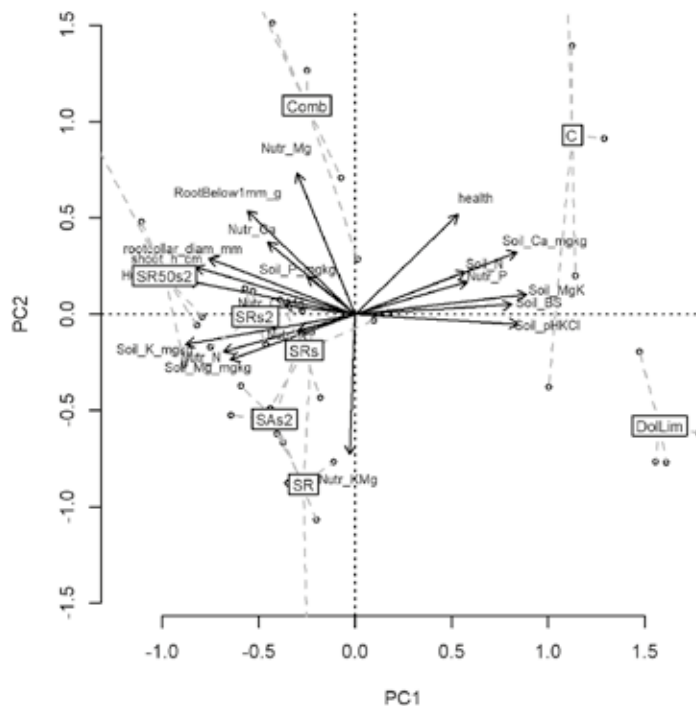
školce, je zásadní péče o půdní strukturu (NÁROVEC 2017) a optimální obsah dobře humifikované organické hmoty.

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývá problematikou optimalizace produkce prostokorného sadebního materiálu smrku ztepilého na základě úpravy půdního chemismu směsnými hnojivy a melioračními přípravky a využití pomocných rostlinných přípravků. S ohledem na výchozí podmínky na záhonové ploše (mírně kyselá až neutrální půdní reakce a vysoká míra bazické saturace) nelze doporučit aplikaci vápnitého dolomitu. V porovnání se směsnými hnojivy se jeho aplikace projevila nejnižší produkcí nadzemní i podzemní biomasy a nejhorším zdravotním stavem. Ten se ve smyslu karence projevuje žlutavým zbarvením v důsledku zhoršené výživy dusíkem a jemnou strukturou asimilačního aparátu.

V důsledku aplikace fyziologicky kyselých hnojiv došlo k poklesu půdní reakce na hodnoty, které lze považovat za optimální pro pěstování smrku ztepilého. Kombinací hnojiva obohaceného o růstové regulátory a pomocného rostlinného přípravku bylo dosaženo nejvyšší produkce asimilačního aparátu, ale i kořenového vlášení, a vzájemná proporce nadzemní a podzemní části rostliny tak zůstala na optimální úrovni (cca 2,25). V porovnání samotného směsného hnojiva s růstovými regulátory dodatečná aplikace pomocného rostlinného přípravku vede k vyšší produkci kořenového vlášení i celkové kořenové biomasy.

Především na volné záhonové ploše, bez možnosti přípravy speciálních substrátů jako v případě krytokořenné sadby, je vhodné zvážit využití minerálních hnojiv s růstovými regulátory a pomocných rostlinných přípravků pro podporu proporce optimálního růstu sazenic, jejich vitality a zdravotního stavu.



Obr. 5.

Grafické zobrazení výsledků analýzy hlavních komponent – promítnutí sledovaných parametrů půdních, biometrických a nutričních charakteristik ve vztahu k variantám ošetření

Fig. 5.

PCA results – projection of assessed soil, biometrical and nutrition parameters in relation to treatments



## Poděkování:

Práce byla podpořena Interní grantovou agenturou Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně – IGA Mendelu in Brno LDF\_VP\_2017026 i LDF\_PSV\_2018008 a Ministerstvem zemědělství ČR – QK1920328.

## LITERATURA

- ADAMS F., EVANS C.E. 1990. A rapid method for measuring lime requirement of yellow podzolic soils. *Soil Science Society of America Journal*, 26: 355–357.
- BERNIER P.Y., LAMHAMED M.S., SIMPSON D.G. 1995. Shoot:root ratio is of limited use in evaluating the quality of container conifer stock. *Tree Planter's Notes*, 46 (3): 102–106.
- BINKLEY D. 1986. *Forest nutrition management*. New York, John Wiley & Sons: 290 s.
- ČIŽMÁROVÁ E. 2014. *Analýza rostlinného materiálu. Jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚS: [84 s.]
- ČSN 48 2115. 2012. Sadební materiál lesních dřevin.
- ČSN 48 2116. 2015. Umělá obnova a zalesňování.
- DRIESSCHE R. VAN DEN 1984. Soil fertility in forest nurseries. In: Duryea, M.L. et al. (eds.): *Forest nursery manual. Production of bareroot seedlings*. Chap. 7. Dordrecht, Springer: 63–74.
- DURYEA M.L., LANDIS T.D. (eds.) 1984. *Forest nursery manual. Production of bareroot seedlings*. The Hague, Nijhoff/Junk: 385 s.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E., DAVIES JR. F.T., GENEVE R.L. 2011. *Hartmann & Kester's plant propagation. Principles and practices*. Boston, Prentice Hall: 915 s.
- INGERSLEV M. 1999. Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies*) plantation. Part I. Nutrient concentrations. *Forest Ecology and Management*, 119: 13–20. DOI: 10.1016/S0378-1127(98)00506-4
- IUSS Working Group WRB. 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome, FAO: 192 s. World Soil Resources Reports No. 106.
- JAKOBSEN S.T. 1993. Interaction between plant nutrients: III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 43(1): 1–5.
- JURÁSEK A., LEUGER J., MARTINCOVÁ J. 2007. Specifika pěstování a využití sadebního materiálu smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. pro horské oblasti. *Strnady, VÚLHM: 27 s. Lesnický průvodce 2/2007*.
- KHADDURI N. 2015. Using plant growth regulators on red alder and Douglas-fir plugs. *Tree Planters' Notes*, 58 (2): 72–77.
- KIMBALL S.L. 1990. The physiology of tree growth regulators. *Journal of Arboriculture*, 16 (2): 39–41.
- MARTINEC P. (ed.) 2017. *Hospodaření s půdou ve školkařských provozech. Sborník příspěvků z celorepublikového semináře. Třebíč – Čikov, 14.–15. června 2017. Tečovice, Sdružení lesních školkařů: 72 s.*
- MARTINEC P. (ed.) 2018. *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. III. Současné trendy v umělé obnově lesa. Sborník příspěvků z celostátního semináře. Hlubočky – Hrubá voda, 29.–30.5.2018. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 68 s.*
- MAUER O., MAUEROVÁ P. 2011. Půdy v lesních školkách a jejich vliv na kvalitu produkce sadebního materiálu lesních dřevin. In: Foltánek, V. (ed.): *Péče o půdu v lesních školkách. Sborník referátů přednesených na instruktážním kurzu...* Brno, Tribun EU: 92 s.
- MCALISTER J.A., TIMMER V.R. 1998. Nutrient enrichment of white spruce seedlings during nursery culture in initial plantation establishment. *Tree Physiology*, 18: 195–202.
- MEHLICH A. 1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 9: 477–492. DOI: 10.1080/00103627809366824
- MORGAN J.L. 1999. *Forest tree seedlings. Best practice in supply, treatment and planting*. Edinburgh, Forestry Commission: 43 s. Forestry Commission Bulletin 121.
- NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., NĚMEC P. 2016. *Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 60 s. Lesnický průvodce 7/2016*.
- NÁROVEC V. 2017. *Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s.*
- NĚMEČEK J. et al. 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha, ČZU v Praze: 94 s.
- OKSANEN J., BLANCHET F.G., FRIENDLY M., KINDT R., LEGNDRE P., MCGLINN D., MINCHIN P.R., O'HARA R.B., SIMPSON G.L., SOLYMO P., STEVENS M.H.H., SZOEC S., WAGNER H. 2019. *Package 'vegan'* [online]. 296 s. [cit. 2018-11-30]. Dostupné na/ Available on: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- PETRUŽÁLKOVÁ L., SMRČEK S., KUČERA A., DUNDEK P., VAVŘÍČEK D., HONZÍK R. 2018. *Pomocný rostlinný přípravek. Uživatelský vzor č. 32028. Zapsáno 4. 9. 2018. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví*.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2008. Vliv přihnojení na výškový růst kultury jedle obrovské. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 207–209.
- REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., MEDUNA V. 2005. Fertilization of Norway spruce plantations on the bulldozer-spread windrows in the Ore Mts. *Journal of Forest Science*, 51: 49–53.
- SEABY D.A., SELBY C. 1990. Enhanced seedling root development in eight conifer species induced by naphthalene acetic acid. *Forestry*, 63 (2): 197–207. DOI: 10.1093/forestry/63.2.197
- SIMPSON D.A. 1986. Auxin stimulates lateral root formation in container grown interior Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 1135–1139. DOI: 10.15713/ins.mmj.3
- VAVŘÍČEK D., PECHÁČEK J., JONÁK P., SAMEC P. 2010. The effect of point application of fertilizers on the soil environment of spread line windrows in the Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 195–208.
- VAVŘÍČEK D. 2011. *Péče o úrodnost půd v lesních školkách*. In: Foltánek, V. (ed.): *Péče o půdu v lesních školkách. Sborník referátů přednesených na instruktážním kurzu*. Brno, Tribun EU: 92 s.
- ZBÍRAL J. 2002. *Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚS: 197 s.
- ZBÍRAL J., HONSA I., MALÝ S., ČIŽMÁR D. 2004. *Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚS: 199 s.

## COMPOUND FERTILISERS VERSUS DOLOMITIC LIMESTONE: COMPARATIVE STUDY OF BARE ROOT NORWAY SPRUCE NURSERY STOCK PRODUCTION

### SUMMARY

Planting of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst) bare-root nursery stock has been carried out in the Czech Republic for a long time. However, Norway spruce is acidophilous species used for regeneration and planting in ecologically different conditions. The goal of nursery plantation might be based on production of nursery stock with good biometrical proportion and health and nutrition status.

This work presents results of experimental application of several preparations (7 treatments, including compound mineral fertilizers with addition of growth regulators; auxiliary plant preparation – organic-mineral substances, acid-alkaline alcoholic-water extract with phytostimulants; dolomitic limestone; and control treatment, see Tab. 1). The study was conducted in forest nursery LESCUS Cetkovice, Ltd. (Czech Republic). The study site soil conditions with Lixic Planosols (IUSS Working Group WRB 2014) soil type are typical of the 30-cm-thick plough layer, slightly acid to neutral soil reaction, medial organic matter content and very low content of carbonates (Tab. 2). Treatments were applied in nursery with bare root seedlings in 2015 on one-year-old seedlings in order to evaluate the effect of fertilization on soil properties (soil reaction, organic matter, total nitrogen, C/N ratio, P, K, Ca, Mg content, base saturation and Ca/K, Ca/Mg, Mg/K ratio), biometrical characteristics (shoot height, root collar diameter, health status, dry mass weight of 100 needles, total shoot needles, fine and coarse roots, shoot/root ratio) and nutrition status (N, P, K, Ca, Mg, S content, Ca/Mg, K/Mg, N/S ratio) of transplants 1 and 1.5 year after application, following management practice of the nursery. The preparations were applied in April 2015, the solid fertilizers were applied on soil surface amounting 2 t.ha<sup>-1</sup>, the liquid ones amounting 6 l of concentrate per hectare in dilution 1:50 with water. Soil was sampled in April and October 2015 and in October 2016 (5 mixed samples per treatment; each mixed sample composed of three samples), 60 plants per treatment were measured in October 2015 and 2016, assimilatory organs were sampled in October 2015 and 2016 (min. 20 individuals per mixed sample; three mixed samples per treatment). In October 2016, 6–9 randomly selected individuals per treatment were excavated to assess dry weight of biomass.

Changes in soil properties are presented in Fig. 1. Soil reaction, as well as base saturation and base cation content were affected differently with increase of amelioration effect of dolomitic limestone and with decrease of physiologically acidic influence of compound fertilizers. The application of fertilizers led to optimization (increase) in potassium content. Both organic carbon content and C/N ratio in soil were reduced in all treatments.

Growth response (Fig. 2; Fig. 3) and nutrition status (Fig. 4) document positive influence of compound fertilizers. The lowest values of root collar diameter, shoot height and fine root biomass were found in limed plants. Multiple terminal buds were typical especially of treatments with growth regulators (combination of fertilizer and auxiliary plant preparation) during the first year. However, during the second year, the leader shoots prevailed. The nutrition status was optimized in treatments with compound fertilizers, especially with 10% content of nitrogen and 18% (increased) content of potassium. Using PCA (Fig. 5) we found strong relation of dolomitic limestone treatment and control treatment with soil chemistry (soil reaction, base saturation, base cation content) compared with compound fertilizers, which rather positively influenced biometrical parameters and nutrient uptake.

With regards to soil conditions (slightly acidic-to-neutral soil reaction, fully saturated soil sorption complex) dolomitic limestone was concluded as unsuitable ameliorant. Compared with compound fertilizers, the liming led to the lowest shoot, as well as root biomass production and the worst health symptoms, such as yellowing, fine needles and decreased nitrogen content. Application of physiologically acidic fertilizers decreased soil reaction, which was concluded as suitable in the case of Norway spruce plantation. Compared with simple treatment of compound fertilizer with addition of growth regulators, combination of the fertilizer and auxiliary plant preparation increased production of assimilatory organs, as well as fine roots without disproportion of shoot/root ratio.

It can be concluded that the use of preparations with addition of phytostimulants can help to optimize transplant's growth under suboptimal soil conditions.

Zasláno/Received: 22. 02. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 09. 05. 2019