

Mendelova univerzita v Brně  
Lesnická a dřevařská fakulta  
Ústav geologie a pedologie

Efekt bodové aplikace hnojivových  
a organominerálních stimulačních přípravků na růst  
a vývoj smrkových kultur

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015/2016

Zdeněk Blažek

Zadání práce

### **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Efekt bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků na růst a vývoj smrkových kultur zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 29.4. 2016

Zdeněk Blažek

**Poděkování:**

Poděkování patří vedoucímu bakalářské práce, Ing. Janu Pecháčkovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady a vstřícný přístup během zpracování. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, přítelkyni a přátelům za podporu při tvorbě práce.

**Jméno posluchače: Zdeněk Blažek**

**Název bakalářské práce:**

Efekt bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků na růst a vývoj smrkových kultur

**Abstrakt**

Předmětem této bakalářské práce je vyhodnocení efektu bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků na růst a vývoj smrkové kultury. Práce byly provedeny na předem určené šetřené lokalitě, která byla rozdělena na 12 dílčích částí. Na každé části byla aplikována jiná varianta sledovaného přípravku. Byly použity varianty Agluform<sup>®</sup>90S, Silvamix<sup>®</sup>R30, Silvamix<sup>®</sup>R30S, Vermaktiv a Vápnitý dolomit. Jednou za rok byly na každé variantě odebrány vzorky jehličí a měřeny výškové přírůsty. Během šetřeného období byl sledován i zdravotní stav sazenic. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že aplikace hnojivových přípravků může mít pozitivní vliv na výživu i na výškový přírůst smrku ztepilého. Efekt jednotlivých hnojiv se může lišit v závislosti na stanovištních podmínkách. Na této výzkumné ploše byl zjištěn nedostatek síry a draslíku.

**Klíčová slova**

Silvamix, smrk ztepilý, pozvolna působící hnojiva, organominerální stimulační přípravky, výživa, výškový přírůst

**Name: Zdeněk Blažek**

**The name of the bachelor work:**

Effect spot application of fertilizer and organomineral stimulatory preparations growth and development of spruce cultures

**Abstract**

The subject of this bachelor thesis is evaluate the effect of point application of fertilizer and organomineral stimulatory preparations growth and development of spruce culture. The work was performed at a predetermined the investigated area, which was divided into 12 individual parts. On each section was applied to another variant pursued product. Were used variants Agluform<sup>®</sup>90S, Silvamix<sup>®</sup>R30, Silvamix<sup>®</sup>R30S, Vermaktiv and Calcareous dolomite. Once a year, each variant were sampled needles and measured height growth. During the investigation period was observed and the health status of spruce culture. From the obtained results, showing that the application of fertilizer products can have a positive effect on nutrition on height growth of Norway spruce. The effect of each fertilizers may vary depending on habitat conditions. This area of research has been detected lack of sulfur and potassium.

**Key words**

Silvamix, Norway spruce, slow-release fertilizers, organomineral stimulatory preparations, nutrition, growth

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Literární přehled .....	10
2.1 Charakteristika přírodních podmínek.....	10
2.1.1 Poloha šetřené lokality .....	10
2.1.2 Geomorfologie .....	10
2.1.3 Geologický podklad .....	10
2.1.4 Klimatické podmínky .....	11
2.1.5 Hydrologické podmínky .....	11
2.1.6 Půdy .....	11
2.2 Zonální půdy nižších a středních poloh .....	11
2.2.1 Výšková půdní pásmovitost .....	11
2.2.2 Půdní typy nižších a středních poloh .....	12
2.3 Výživa lesních dřevin .....	15
2.3.1 Hlavní živiny a jejich význam pro rostlinu .....	15
2.3.2 Hlavní aspekty výživy lesních dřevin.....	18
2.4 Vybrané výsledky experimentů.....	19
3. Metodika .....	22
3.1 Výběr a umístění výzkumných ploch .....	22
3.2 Pedologický a fytoecenologický průzkum výzkumných ploch .....	22
3.3 Vlastní aplikace tabletovaných hnojiv na výzkumných plochách.....	22
3.4 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu smrku ztepilého.....	23
3.4.1 Metodika odběru vzorků jehličí.....	23
3.4.2 Metodika laboratorních analýz jehličí .....	24
3.4.3 Metodika statistického vyhodnocení.....	25
3.5 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůst a zdravotní stav .....	26
3.5.1 Měření výškového přírůstu .....	26
3.5.2 Hodnocení zdravotního stavu .....	26
3.5.3 Statistické hodnocení.....	26
3.6 Složení sledovaných hnojiv .....	27
4. Výsledky.....	28
4.1 Charakteristika půdního prostředí .....	28
4.1.1 Taxonomické zařazení.....	28
4.1.2 Aplikované přípravky .....	29

4.2 Vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu.....	30
4.2.1 Rudice Š – Dusík.....	30
4.2.2 Rudice Š – Fosfor .....	32
4.2.3 Rudice Š – Draslík.....	34
4.2.4 Rudice Š – Vápník .....	36
4.2.5 Rudice Š – Hořčík .....	37
4.2.6 Rudice Š – Síra .....	39
4.2.7 Rudice KL – Dusík.....	40
4.2.8 Rudice KL – Fosfor .....	42
4.2.9 Rudice KL – Draslík.....	44
4.2.10 Rudice KL – Vápník.....	46
4.2.11 Rudice KL – Hořčík .....	48
4.2.12 Rudice KL – Síra .....	49
4.3 Vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůsty .....	51
4.3.1 Rudice Š – přírůsty .....	51
4.3.2 Rudice KL – přírůsty .....	53
4.4 Vyhodnocení zdravotního stavu.....	54
4.4.1 Rudice Š – zdravotní stav .....	54
4.4.2 Rudice KL – zdravotní stav .....	56
4.5 Vyhodnocení vlivu hnojiv na hmotnost biomasy .....	57
4.5.1 Rudice Š – hnojivo .....	57
4.5.2 Rudice KL – hnojivo.....	58
5. Diskuze .....	59
6. Závěr.....	63
Summary .....	64
Seznam použité literatury .....	65
Seznam použitých zkratk .....	67
Seznam tabulek .....	68
Seznam obrázků.....	68
Přílohy .....	70



# 1. Úvod

Za lesní půdu se považuje kyprá, vodou a organismy proniknutá svrchní vrstva zemské kůry, která vzniká a vyvíjí se působením půdotvorných faktorů a vzhledem ke své úrodnosti je schopna být prostředím pro lesní porosty (Klimo 2003). Lesní půdy tvoří jednu ze zásadních součástí lesního ekosystému. Půda a klima jsou dva základní činitelé, které formují vývoj lesního společenstva na daném stanovišti, jeho růstové vlastnosti včetně vitality i schopnosti překonávat rušivé vlivy (Fisher, Binkley 2000).

Možnosti aplikace hnojivých materiálů v lesnickém sektoru jsou značně široké. Kromě zvyšování přírůstu lesních porostů lze pomocí hnojení a vápnění odstínit celou řadu negativních antropických vlivů na lesní porosty a lesní půdy. V našich podmínkách nebyl prozatím prokázán výrazný ekonomický přínos těchto opatření, proto hlavní oblastí aplikace zůstává využití na degradovaných lokalitách a v imisních oblastech. Mezi množstvím ostatních hnojiv, ať již klasických, nebo vyvinutých se zřetelem na specifické potřeby LH, hrají jednu z nejvýznamnějších rolí i hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup>. Jejich výhodou je pomalé rozpouštění a uvolňování živin a rovněž možnost dodávat je v různé formě konkrétně prozatím práškové nebo ve formě hnojivých tablet o volitelné velikosti a obsahu živin (Remeš et al. 2004). Stimulační přípravek Vermaktiv je kapalný přípravek, který se vstřebává rostlinným pletivem a kořenovým systémem. Zvyšuje odolnost proti chorobám a infekcím, zvyšuje výnosy a zlepšuje zdravotní stav rostlin.

Celý experiment byl prováděn na smrku ztepilém. Je to polostinná dřevina, v mládí snáší zástín, ale postupně jeho nároky na světlo stoupají. Má povrchovou kořenovou soustavu a je značně náročný na půdní vlhkost. Na půdu a geologické podloží nemá smrk velké nároky; na vápencových horninách ustupuje zřetelně buku. Smrk je citlivý na znečištění ovzduší a je velmi choulostivý vůči imisím (Úhradíček 2009).

Cílem této bakalářské práce je vyhodnocení vlivu hnojiv řady Silvamix<sup>®</sup> a organominerálního stimulačního přípravku Vermaktiv na růst a vývoj smrkových kultur. Po vyhodnocení naměřených dat zjistíme, která varianta z aplikovaných přípravků je nejvhodnější pro šetřenou lokalitu.

## **2. Literární přehled**

### **2.1 Charakteristika přírodních podmínek**

#### **2.1.1 Poloha šetřené lokality**

Zájmová oblast se nachází nedaleko obce Rudice u Blanska a spadá do Macošského bioregionu. Součástí Macošského bioregionu je geomorfologický podcelek Moravský kras (Culek et al. 1996). Obec Rudice leží ve střední části krasu a přímo pod ní se nacházejí velké jeskynní prostory: Rudický dóm a Obří dóm (Bína, Demek 2012). Bioregion je tvořen vápencovými plošinami prořezanými skalnatými žleby. Na jižním okraji se vyskytuje i 1. dubový vegetační stupeň, převažuje 4. bukový a na dnech žlebů je i 5. jedlo-bukový vegetační stupeň (Culek et al. 1996).

#### **2.1.2 Geomorfologie**

Podle Bíny a Demka (2012) spadá oblast do česko-moravské soustavy, která je tvořena ze čtyř podsoustav: Středočeské pahorkatiny, Jihočeských pánví, Českomoravské vrchoviny a Brněnské vrchoviny. Dále je podrobněji zmíněna oblast Moravského krasu. Reliéf má charakter ploché vrchoviny s členitostí 150 až 200 m pouze ve střední, mírně zvednuté části rozřezané hlubokým údolím Křtinského potoka, má charakter členité vrchoviny s členitostí až 270 m. Unikátním útvarem je propast Macocha, mezi další drobné útvary patří škrapová pole, skalní věže, mosty a ostatní jeskyně různých velikostí. Typická výška území je 300–530 m, mimo kaňony 400–530 m (Culek et al. 1996).

#### **2.1.3 Geologický podklad**

Podloží na šetřené lokalitě je tvořeno moravskoslezským paleozoikem (Bína, Demek 2012). Území je tvořeno převážně příkrovy čistých devonských vápenců, částečně sem zasahuje granodiorit brněnského masivu (Culek et al. 1996). Demek et al. (1965) uvádějí, že v okolí Rudic vznikly pod zvětralinami jurských vrstev mohutné deprese trychtýřovitých tvarů až 100 m hlubokých dnes zcela vyplněných rudickými vrstvami. Západně od Rudic byly těžbou písků a jílu odkryty pohřbené útvary druhohorního tropického krasu (Bína, Demek 2012).

### **2.1.4 Klimatické podmínky**

Klima vykazuje výrazný gradient z okolí Brna. Je teplé a poměrně suché (Brno 8,6 °C, 547 mm), v severnějších částech chladnější a vlhčí (Olomučany 7,7 °C, 620 mm; Sloup 641 mm). Typické pro danou oblast jsou ostré rozdíly v klimatu na malých vzdálenostech. Dna kaňonů jsou chladnější než jejich horní hrany, které jsou suché a teplé (Culek et al. 1996).

### **2.1.5 Hydrologické podmínky**

Podle Demka et al. (1965) je Moravský kras odvodňován řekou Punkvou a Křtinským potokem do Svitavy a Říčkou, která vtéká do Cézavy a tou opět do Svratky. Tyto vodní toky přitékají do krasu z Dražanské vrchoviny, na jeho okraji se propadají (Rudické propadání, Rasovna, pod Hřebenáčem u Sloupu aj.) a krasové území protékají pod zemí do vyvěraček na západním okraji bioregionu (Culek et al. 1996). Podle povodí uvedených toků je Moravský kras členěn na tři části, severní (povodí Punkvy), střední (povodí Křtinského potoka) a jižní (povodí Říčky) (Demek 1965).

### **2.1.6 Půdy**

Půdy v této oblasti se vyznačují odvápněnou jemnozemi, jde především o rendziny, často kambizemní vyskytující se na svazích (Culek et al. 1996). Demek et al. (1965) ve své práci zmiňují, že spraše a sprašové hlíny překrývají povrch tenkou vrstvou a v podstatě kopírují skalní reliéf. Na nich se vyskytují hnědozemě, převážně v místech kde se nachází náhorní plošiny. Tam kde povrch vápenců není zakryt pokryvy, se ve fragmentech nachází typické reliktní krasové půdy (Culek et al. 1996).

## **2.2 Zonální půdy nižších a středních poloh**

### **2.2.1 Výšková půdní pásmovitost**

Pelíšek (1966) uvádí, že reliéf terénu výrazně ovlivňuje výškovou půdní pásmovitost tím, že více nebo méně silně modifikuje půdní vlastnosti fyzikální, chemické, biochemické a poměry mikrobiální. Stratigrafie a hloubka půd podle jeho názoru závisí také do značné míry na reliéfu terénu. Terén ovlivňuje určité půdní vlastnosti působením různého sklonu svahů, různé expozice a různé nadmořské výšky. Těmito faktory jsou přímo ovlivňovány půdní vlhkostní a mikroklimatické poměry (Pelíšek 1964).

Klimo (2003) uvádí, že reliéf terénu výrazně ovlivňuje hloubku půdy a rovněž má význam pro samostatný vývoj a intenzitu některých půdních procesů. Podle Šályho (1978) se v závislosti na reliéfu terénu a na propustnosti podložních vrstev hromadí v některých místech v půdě podzemní voda, která se také považuje za samostatný půdotvorný faktor.

Obecně platí, že se stoupající nadmořskou výškou z nížin do horských oblastí stoupá zpravidla i množství deště, zvyšuje se vlhkost vzduchu, snižují se teploty a výpar z půdního povrchu. Vysoká hladina podzemní vody a přebytek vody v půdním profilu silně ovlivňuje celý půdotvorný proces, dochází k tvorbě glejových či klišnatých půdních typů se zvláštními vlastnostmi fyzikálními, chemickými a biologickými. Se stoupající nadmořskou výškou stoupá i vyluhování půd s množstvím srážek, což vede ve větších výškách k tvorbě humusových podzolů se surovým povrchovým humusem (Pelíšek 1966).

Výšková půdní pásmovitost na karbonátových horninách, tj. na vápencích a dolomitech, je tvořena u nás jen půdními typy ze skupiny rendzin (např. rendziny čokoládově hnědé, šedé, černé čili mulové) (Pelíšek 1966).

### **2.2.2 Půdní typy nižších a středních poloh**

Dále se zaměříme na půdní jednotky, které jsou vázané zejména na nižší a střední polohy. Jde především o půdní typy: černozem, černice, hnědozem, luvizem, rendzina, regosoly a fluvizemě.

#### **Černozem**

Tomášek (2007) uvádí, že černozemě se vyskytují v našich nejsušších a nejteplejších oblastech s ročním úhrnem srážek 450 – 650 mm, průměrná roční teplota je nad 8°C. Němeček et al. (2011) zjistil, že hlavním půdotvorným procesem při vzniku černozemí byla intenzivní humifikace, která probíhala pod stepní vegetací (černozemní půdotvorný pochod). Půdotvorným substrátem jsou sedimenty obsahující karbonáty, především spraše, písčité spraše a slíny (Vokoun 2002). Pro půdní Profil je charakteristický nápadně mocný, tmavě zbarvený humusový horizont, který obvykle zasahuje do hloubky 60 – 80 cm (Tomášek 2007). Pod humózním A-horizontem se objevuje zpravidla karbonátový horizont o mocnosti 10 až 20 cm, tvořený bělavými výkvěty nebo konkrécemi  $\text{CaCO}_3$ . Pod ním je okrově žlutá spraš jako matečná hornina C (Pelíšek 1966).

## Černice

Matečným substrátem jsou většinou silně vápnité nivní uloženiny, někdy i zvětralinou slínovců nebo nízké písčité terasy ovlivněné vysoko uloženou hladinou podzemní vody. Hlavním půdotvorným pochodem je intenzivní humifikace spolu s glejovým procesem v hlubších spodinách (Tomášek 2007). Němeček et al. (2011) uvádí, že černice mají vyšší obsah humusu než okolní černozemě a jejich znakem jsou bročky v humusovém horizontu a substrátová skvrnitost. Podle Vokouna (2002) se vyskytují v depresních polohách a na starých nivách, kde už záplavy příliš nenarušují tvorbu půdy. Půda je bohatě zásobená živinami, má příznivou strukturu, sorpční komplex je nasycený.

## Hnědozem

Podle Tomáška (2007) jsou hnědozemě nejvíce rozšířeny v oblastech s nadmořskou výškou mezi 200 až 450 m n. m. Pelíšek (1966) uvádí, že hnědé lesní půdy v nížinných a pahorkatinných polohách vznikly degradačními procesy z černozemních půd na spraších. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, při které je svrchní část profilu ochuzována o jílnaté součástky, které jsou zasakující vodou přemísťovány do hlubších půdních horizontů (Tomášek 2007). Půdy s profilem diferenciováním pod horizonty akumulace humusu na mírně vysvětlený eluviální horizont postrádající výrazně deskovitou-lístkovitou strukturu přecházející bez jazykovitých záteků do homogenně hnědého luvického horizontu. Luvický horizont přechází pozvolna u bezkarbonátových a ostře u karbonátových substrátů do půdotvorného substrátu (Němeček et al. 2011).

## Luvizem

Matečným substrátem jsou nejčastěji sprašové hlíny, středně těžké glaciální sedimenty, smíšené svahoviny, někdy i zahliněné terasové sedimenty nebo hluboké zvětralinou pevných hornin (Tomášek 2007). Půdy s profilem diferenciováním na výrazně vybělený eluviální horizont s výraznou destičkovitou až lístkovitou strukturou (Němeček et al. 2011). Klíma (2003) uvádí, že u výrazně illimerizovaných luvizemí klesá hodnota pH a stupeň nasycení. Podle něj se u těchto půd projevuje i jistá výšková pásmovitost výrazná illimerizace se zpravidla váže na výše položené kotliny nebo pahorkatiny.

## Rendzina

Rendziny jsou vyvinuty hlavně na vápencích a dolomitech a mimo to vznikají rovněž na vápnatých pískovcích, píscích, opukách, travertinech a hlavně na pevných karbonátových horninách (Pelíšek 1966). Šály (1978) uvádí, že při zvětrávání karbonátových hornin se rozpouští uhličitán vápenatý, oxid uhličitý vyprchává, nebo se váže ve vodě a vápník se vymývá vodou nebo se váže v humusové vrstvě. Podle Němečka et al. (2011) dochází u suťových a povrchově odvápněných rendzin k tvorbě tmavých melanických horizontů. Nejtypičtějším znakem u rendzin je přítomnost uhličitánu vápenatého nebo hořečnatého v celém půdním profilu (Tomášek 2007).

## Regosoly

Vokoun (2002) ve své práci uvádí, že Regosoly jsou půdy vzniklé z nezpevněných sedimentů, zejména z písků a štěrkopísků, ale i z jiných substrátů, např. jílovitých. Postrádají kambický horizont. Jsou vytvořeny pouze horizonty akumulace organických látek. Hlavním půdotvorným pochodem je slabá humifikace probíhající v nejsvrchnější kultivační ovlivněné části půdního profilu. Půda je velmi lehká, písčítá. Obsah humusu špatné kvality je nízký, půdní reakce obvykle slabě kyselá až kyselá, sorpční vlastnosti velmi špatné. Nepříznivé jsou především fyzikální vlastnosti. Tyto půdy jsou extrémně vodopropustné a vysychavé (Tomášek 2007).

## Fluvizemě

Klimo (2003) uvádí, že se tyto půdy vyvinuly na recentních sedimentech řek a potoků, hladina podzemní vody zde kolísá v závislosti na stavu vody ve vodním toku. Nivní půdy jsou vývojově velmi mladými půdami (Tomášek 2007). Němeček et al. (2011) zjistil, že v půdním profilu lze nalézt novotvary podobné argilanům (jílové povlaky), které vznikají při vsakování vody při záplavě, samotná tvorba kambického horizontu je však obtížně prokazatelná. Stratigrafie těchto půd je velmi jednoduchá. Pod nevýrazným humusovým horizontem leží přímo matečný substrát, tvořený naplaveným materiálem. Barva celého profilu je obvykle hnědá nebo šedohnědá. Projevy glejového procesu jsou v půdním profilu patrné až poměrně hluboko. Složení humusu je relativně příznivé. Reakce půdy je většinou slabě kyselá až neutrální, sorpční vlastnosti, zvláště u těžších půd, jsou dobré (Tomášek 2007).

## 2.3 Výživa lesních dřevin

Výzkumy ve výživě rostlin prokázaly, že množství jednotlivých prvků obsažených v rostlině není určující pro její životaschopnost. Prvky obsažené v rostlině v nepatrných množstvích mohou mít pro její život stejný význam jako některé prvky obsažené v množstvích několikanásobně vyšších (Materna 1963). Příjem jednotlivých živin z půdy rostlinami probíhá ve formě molekul nebo iontů, a to zpravidla přes půdní roztok (Klimo 2003). Počet prvků, které jsou přítomny v rostlině, závisí především na složení půdy, na které roste. Záleží i na druhu rostliny na jejich dalších vlastnostech (stáří, stupeň vývoje) a na stanovištních podmínkách (vlhkost, teplota). Dále je uveden přehled o funkci hlavních živin (Materna 1963).

### 2.3.1 Hlavní živiny a jejich význam pro rostlinu

#### Dusík

Dusík není obsažen v matečné hornině, ale jeho zdrojem je atmosféra, ze které se dostává a fixuje v různých formách v půdním prostředí, v rostlinném a živočišném materiálu a vytváří tak koloběh dusíku (Klimo 2003). Dusík se zúčastňuje tvorby základní životní látky bílkoviny (Materna 1963). Je podstatnou součástí četných organických sloučenin, které mají rozhodující význam pro látkovou výměnu a pro růstové procesy. Na dusíkaté výživě je závislá i tvorba chlorofylu (Klimo 2003). Podle Pelíška (1964) se největší obsah dusíku objevuje v nejsvrchnějších vrstvách lesních půd a do spodin množství dusíku velmi rychle ubývá. Při nedostatku dusíku dochází k barevným změnám, nejdříve na starších jehlicích a na listech ve spodní části koruny, zbarvení je světle zelené až žluté po celé ploše asimilačních orgánů, později se tyto zbarvují do hnědožluta, před opadem do oranžova až červena. Změny při prohlubujícím se nedostatku postupují k mladším částem koruny (Hruška, Cienciala 2005).

#### Fosfor

Primárním zdrojem fosforu v půdě jsou fosforečné minerály v matečných horninách. Organicky vázaný fosfor se mnohem snadněji uvolňuje, než když je vázán ve formě neorganických krystalizovaných látek. Některé lesní dřeviny mají však schopnost absorbovat fosfor i v nerozpustné formě (Klimo 2003).

Matula (1977) uvádí, že fosfor v rostlině vykonává základní úlohu v jejím energetickém metabolismu, jeho obsah v rostlině je důležitým ukazatelem celkového stavu výživy. Hromadí se v nejmladších rostlinných částech, dále v semenech a v jemných kořincích. V různých orgánech je fosfor nerovnoměrně rozložen. Přesun tohoto prvku z kořenů do ostatních částí rostliny a přesuny mezi staršími a mladšími částmi probíhají velmi rychle a intenzivně (Materna 1963). Nedostatek fosforu je obtížně rozeznatelný, typická je špinavě tmavozelená až modrozelená barva. Listy jsou matné, kožovité, na spodní straně čepele často červeně až fialově zbarvené. Dochází k předčasnému opadu, symptomy se projevují nejdříve u starších asimilačních orgánů (Hruška, Cienciala 2005).

#### Draslík

Primárním zdrojem draslíku v půdě jsou sopečné minerály jako živce a muskovit (Klimo 2003). Draslík se v rostlinách vyskytuje v anorganické formě. Je to jeden z nejvíce zastoupených prvků v rostlinném popelu. V rostlinných pletivech je ve formě, která je rozpustná ve vodě. Draslík lze dobře z asimilačních orgánů vyluhovat, proto je ve velkém množství vyluhován dešťovými srážkami (Materna 1963). Zvyšuje odolnost rostlin vůči vadnutí a mrazu (Klimo 2003). Nedostatek draslíku se projevuje později na starších jehlicích a listech ve spodní části koruny nastupuje lehká chloróza, poté charakteristické nekrózy na špičkách listů. Celý okraj listu se stáčí dolů. U jehličnanů dochází k zažloutnutí starších ročníků jehlic, u listnáčů se zbarvují špičky starších listů hnědě, poté odumírají, ale suché listy zůstávají na rostlinách. Výhony nedostatečně dřevnatí, asimilační orgány jsou zmenšené a rostliny jsou náchylné k plísňovým onemocněním (Hruška, Cienciala 2005).

#### Vápník

Zdrojem vápníku v půdním prostředí rostlin jsou karbonátové horniny vápence a dolomity, ale je vázán i ve formě silikátů, nachází se v horninách usazených jako pískovce, opuky nebo v dalších minerálech jako apatit a sádrovec. Vápník pozitivně působí na stav půdní struktury a má značný význam pro udržování půdní úrodnosti (Klimo 2003). Podle Materny (1963) ovlivňuje příjem živin v kořenech z okolního prostředí a má rozhodující vliv na vývoj kořenového systému. Matula (1977) uvádí, že je vápník nezbytný pro udržení správné funkce buněčných membrán.



V rostlině se vápník šíří pomaleji a hromadí se především v listech v nervatuře. Nedostatek vápníku se na rostlinách projeví především krněním kořenů, odumíráním kořenových špiček, snížením vzrůstu a chlorózou starších listů. V rostlině vznikají poruchy buněčného dělení, počet buněk a jejich velikost klesá (Materna 1963).

#### Hořčík

Nejvíce hořčíku je obsaženo v půdách na vápencích, slínech, opukách, vápnatých pískovcích a spraších (Pelíšek 1964). Pro rostliny má velký význam, jako hlavní součást se podílí na tvorbě chlorofylu a podmiňuje asimilaci a růst dřevin (Klimo 2003). Účastní se i na stavbě některých enzymů a jako aktivní složka chlorofylu má hořčík význam i ve vodním režimu rostlin (Materna 1963). Nedostatek hořčíku se projevuje poruchami v tvorbě chlorofylu, dochází k vytvoření bledě zelených až žlutých chlorotických skvrn. Postupně se objevují odumírající našedlé plošky, které se rozšiřují a zasychají. Listy předčasně usychají a opadávají (Hruška, Cienciala 2005).

#### Síra

Síra se v půdě vyskytuje převážně ve formě sulfátových iontů a jejich zdrojem je sádrovec, pyrit a jiné minerály obsahující síru (Klimo 2003). Matula (1977) uvádí, že je síra v rostlinách hlavně jako stavební prvek esenciálních aminokyselin cysteinu a metioninu, které jsou nezbytnou součástí bílkovin. V rostlinách se síra vyskytuje ve větším množství tam, kde se hromadí bílkoviny, tj. v asimilačních orgánech. Síra má pozitivní vliv na tvorbu a rozvoj symbiotických hlízových bakterií. V oblastech s intenzivním průmyslem dochází k příjmu síry rostlinami ve formě kysličníku siřičitého, část síry může být asimilována, ale při silnějších koncentracích dochází k poškození rostlin. Nedostatek síry se, projevuje žlutým zbarvením asimilačních orgánů, je zbrzděna tvorba bílkovin. Při zvýšeném nedostatku listy rostlin krnějí, zmenšuje se kořenový systém a snižuje se plodnost rostlin (Materna 1963).

### 2.3.2 Hlavní aspekty výživy lesních dřevin

Rostliny přijímají minerální živiny pro zajištění jejich optimálního růstu, při zachování koloběhů látek ekosystémem. Při hnojení je třeba důsledně respektovat ekologii daného prostředí. Pro růst a vývoj jsou minerální živiny nezbytné, jejich množství a poměr se mění v závislosti na fázi vývoje rostliny. Mladší rostlinná pletiva obsahují ve větším množství N, P, K, oproti tomu starší pletiva obsahují více Ca, Mn, Fe a B. Z lesnického pohledu biogenní prvky působí na produkci dřeva a na vývoj dřeviny. Mohou tak působit na kvantitu nebo kvalitu dřevní suroviny. Podle jejich množství v pletivech se minerální živiny dělí na makroživiny (C, O, H, P, S, K, Ca, Mg, Fe) a mikroživiny (Mn, Cu, Zn, Mo, B), (Vavříček, Kučera 2011).

Živiny jsou z půdy přijímány z půdního roztoku nebo z pevné fáze půdy. Pomocí kořenů jsou ionty z půdního roztoku dopraveny do cytoplazmy a jsou zapojeny do látkové výměny, uloženy ve vakuolách, nebo jsou transportovány do nadzemních orgánů a dále rozváděny do celé rostliny (Vavříček, Kučera 2011). Podle Klima (2003) může výživě lesních dřevin výrazně napomáhat příjem živin prostřednictvím mykorhizních hub, které žijí ve společenství s kořeny. Minerální látky jsou zpracovávány a využívány k životním pochodům rostliny v asimilačních orgánech. Především u lesních dřevin musejí tyto látky překonat působení zemské přitažlivosti i několik desítek metrů vysoko, pro přesun těchto látek ve dřevě slouží cévy a tracheidy (Materna 1963).

Podle Vavříčka a Kučery (2011) je pasivní příjem živin zprostředkovaný difuzí, kdy se roztok volně pohybuje, aniž by musel překonávat biologickou bariéru, do mezibuněčných prostorů nebo v rámci nich. V rámci difuze se látky pohybují z místa vyšší koncentrace do místa s nižší koncentrací. Při pasivním transportu není spotřebována metabolická energie.

Matula (1977) ve své práci uvádí, že rostliny přijímají živiny aktivním způsobem podle jejich potřeby v metabolismu rostliny. Aktivní příjem živin vyžaduje vnější energii, je spojen s oxidativním odbouráváním cukrů a probíhá v provzdušněných půdách. Aktivní příjem umožňuje přijímat živinu, která je v půdě v nižším zastoupení, ale je pro rostlinu v daném čase významnější. Živiny jsou přijímány proti koncentračnímu spádu (Vavříček, Kučera 2011).

Samotná výživa probíhá dvěma způsoby. První z nich je méně významný, jde o kontaktní výměnu mezi povrchem kořenů a povrchem půdních koloidů. V druhém případě jde o objemový tok, u něj je transport zajištěn prouděním roztoku, který obsahuje živiny. V tomto případě výživa závisí na velikosti a na koncentraci roztoků (Vavříček, Kučera 2011).

## 2.4 Vybrané výsledky experimentů

Salaš a Řezníček (1997) provedli v letech 1997 až 1999 experimenty v provozních podmínkách lesní školky, zde použili hnojiva Silvamix<sup>®</sup>R Mg a Silvamix<sup>®</sup>R W. Hodnotili především výšku nadzemní části, průměr kořenového krčku a počet bočních výhonů. Kladný vliv hnojiva Silvamix<sup>®</sup>R pozorovali u jehličnatých dřevin zejména na parametru “Průměr kořenového krčku”. U listnatých dřevin se klady hnojiva projeví výrazným nárůstem založených bočních výhonů. Při srovnání obou aplikovaných hnojiv se projevilo jako účinnější hnojivo Silvamix<sup>®</sup>R Mg, Silvamix<sup>®</sup>R W byl dokonce v jednom parametru hodnocen hůře než kontrolní varianta (parametr, výška nadzemní části – *Fagus sylvatica*). Ve své studii konstatují, že výhodou hnojiv řady Silvamix<sup>®</sup> je malá rozpustnost živin, která zabraňuje jejich nadměrnému vyplavování do půdy a povrchových vod. Současně umožňuje optimální využití živin rostlinami po celou dobu vegetace.

Podrázský et al. (1999) sledovali vliv hnojiva na půdu a na růst mladých vývojových stadií dřevin, srovnávali hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup>Mg (prášková forma) se standardně používanými hnojivy Cererit. Rozdíly mezi oběma hnojivy, u dubu, nebyly statisticky významné. U borovice a smrku byl výsledek po aplikaci Silvamixu příznivější. Působení jednotlivých hnojiv na růst sadebního materiálu se projevilo především v dalším roce sledování, kdy vliv Cereritu začal slábnout, kdežto u Silvamixu se projevilo jeho pomalé rozpouštění a uvolňování do půdy. Zjistili, že Silvamix<sup>®</sup> je v podmínkách dané lesní školky výrazně vhodnější, a to svým vlivem na celkovou výšku, běžný přírůst i tloušťku. Jako další prováděli test podpory růstu výsadeb lesních dřevin v imisních oblastech. Byla vybrána lokalita Jizerka, kde byla vysazena kultura smrku ztepilého v roce 1994. Při výsadbě byl na jedné trojici plošek aplikován jemně mletý amfibolit. V roce 1997 byl na další trojici plošek aplikován Silvamix<sup>®</sup>Forte.

Vliv Silvamixu se projevil až v druhém roce po jeho aplikaci, rozdíly vzhledem ke kontrole činily zhruba 7 cm (během dvou let). Varianty s aplikací amfibolitu a Silvamixu se přitom jevily jako vyrovnané, přestože amfibolit byl aplikován o 3 roky dříve. Hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup> se projevila jako účinný prostředek meliorace lesních půd a zlepšování růstu i stavu lesních porostů. Jejich příznivé působení bylo prokázáno v lesních školkách, při výsadbě stanovištně náročnějších dřevin na degradovaná stanoviště i na extrémní imisní holině.

Kuneš et al. (2008) se ve své práci zabývají porovnáváním účinků Silvamixu s účinky mletého amfibolitu. O tomto experimentu se již zmiňuje příspěvek Remeše et al. (LP 2/1999), který uvádí některé předběžné výsledky do roku 2001. V dalších letech pozorování již zmíněné lokality, zjistili, že obě přihnojené varianty se projevíly zvýšením přírůstu, ale nárůst oproti kontrole nebyl v absolutních hodnotách veliký. Nízkou absolutní hodnotu přírůstové reakce výsadby vysvětlili tím, že v daných podmínkách není výživa smrkových sazenic jediným limitním faktorem. Hlavní a rozhodující přednost hnojiva Silvamix<sup>®</sup> proti silikátové horninové moučce spočívá především v nesrovnatelně jednodušší a levnější dopravě a aplikaci. Ve variantě Silvamix<sup>®</sup> bylo na jeden stromek aplikováno 40 g materiálu, ve variantě Amfibolit to bylo 2000 g, tj. 50krát více.

Vavříček et al. (2011) se ve své práci zabývají vlivem hnojení na výživu a růst smrku ztepilého na lokalitě Špičák v oblasti Krušných hor. Uvádějí vyhodnocení účinnosti hnojení ohrožených výsadeb, zakládaných na plochách s tzv. buldozerovou přípravou. Tyto plochy byly zalesněny smrkem ztepilým a následně zde byla provedena aplikace tabletových hnojiv (bodově) a dolomitického vápence (plošným posypem). Zjistili, že hnojivo Silvamix<sup>®R</sup> v obou letech statisticky významně navýšilo výživu draslíkem, u Vápnitého dolomitu byl pozorován příznivý vliv na výživu hořčíkem a vápníkem, tento vliv však nebyl statisticky průkazný. Výškový přírůst, který naměřili na variantách ošetřených hnojivem Silvamix<sup>®</sup>, byl již od prvního roku po aplikaci významně vyšší než na kontrole. Uvádí, že nejvyšší výškový přírůst vykazují varianty ošetřené hnojivem Silvamix<sup>®R</sup>. Vliv vápnitého dolomitu na odrůstání kultur je zatím velmi nevýrazný a jeho přírůsty se pohybují na úrovni ploch kontrolních. Na základě jejich šetření bylo prokázáno, že substrát rozhrnutých valů může dostatečně zajistit výživu a odrůstání kultur smrku ztepilého v prvních 3 letech po vysazení. Bodová aplikace tabletovaných hnojiv řady Silvamix<sup>®</sup> může v prostředí s vysokou hodnotou

maximální sorpční kapacity výrazně posílit efektivní vývoj a odrůstání smrkových kultur.

Kuneš et al. (2007) se ve své práci zabývají vlivem jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v Jizerských horách. Výsledky jejich práce prokazují, že ani u jedné z forem aplikace moučky dolomitického vápence nedošlo u hodnocené výsadby k negativnímu projevu tohoto opatření na kořenovém systému mladých smrkových vzorníků. Vápnění urychlilo přírůst nadzemní i kořenové biomasy ve srovnání s kontrolní variantou. Poměr objemu mezi nadzemní biomasou a biomasou kořenů přitom zůstal u všech variant téměř stejný. Zaznamenali mělké uložení kořenů v půdě u některých vzorníků. Vzorníky vápněných variant obsahovaly, díky množství své sušiny, výrazně vyšší absolutní úhrny živin (N, P, K, Ca, Mg, S) než jejich kontrolní protějšky. Avšak z hlediska koncentrace živin na hmotnostní jednotku sušiny již situace nebyla zdaleka tak jednoznačná. Nejslabší články ve výživě vzorníků všech tří variant se zdají být dusík a fosfor.

Nárovcová a Jurásek (2007) ve své práci uvádí vliv hnojení na růst krytokořenných semenáčků buku lesního. Porovnávají morfologické parametry vyprodukovaného krytokořenného sadebního materiálu buku lesního při různé intenzitě hnojení průmyslovými hnojivy. Výsledky, kterých dosáhli hnojením substrátu dlouhodobě působícími hnojivy u jednoletých krytokořenných semenáčků buku lesního, jsou: výška nadzemní části: 33 cm; průměr kořenového krčku: 4,7 mm; poměr objemu kořenů k nadzemní části: 1,25; nepřipustné deformace kořenových systémů: 2 %. Dále uvádí, že zvyšující dávka hnojiv v substrátu pozitivně reaguje na růst nadzemní části, ale zároveň se v důsledku vyššího nárůstu nadzemní části snižuje poměr objemu kořenových soustav k nadzemní části. Průměr kořenového krčku se zvýšením dávky hnojiv nemění, také nenarůstá procento deformací. Zvýšení dávky hnojiva vede k vyššímu délkovému růstu, ale z ekonomického hlediska je tento efekt nedostatečný. V dalším šetření, je nutné zjistit, jak bude takto přihnojený sadební materiál odrůstat při umělé obnově lesa v horských polohách. Musí být detailně sledován rozvoj kořenových soustav a rozrůstání kořenů mimo kořenový bal v podmínkách chudých horských stanovišť v závislosti na intenzitě hnojení ve školce. Cílem dalšího pozorování je zjistit, zda na extrémních stanovištích nebude docházet k druhotným deformacím vlivem omezeného rozrůstání kořenů těchto výpěstků.

## **3. Metodika**

### **3.1 Výběr a umístění výzkumných ploch**

Cílem této bakalářské práce je zjistit jaký efekt má bodová aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků na růst a vývoj kultur smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karsten). Výzkumná plocha se nachází v blízkosti obce Rudice u Blanska, tato obec leží ve střední části Moravského krasu. Geologické podloží je v této oblasti tvořeno vápencem, z texturního hlediska se tyto půdy vyznačují odvápněnou jemnozemi, jde především o rendziny. Na spraších a sprašových hlínách jsou hnědozemě, v místech kde se nachází náhorní plošiny. Plocha se nachází na nevýrazném hřbetu s přechodem do velmi mírného svahu se SSV expozicí a nadmořskou výškou 503 m n. m., souřadnice GPS jsou N 49°21'00.8", E 16°43'02.3".

### **3.2 Pedologický a fytoocenologický průzkum výzkumných ploch**

Dále byla na již zmíněné výzkumné ploše v části, která objektivně vyjadřovala podmínky stanoviště, vykopána půdní sonda s hloubkou po substrátový horizont C. U vyhloubených půdních profilů byl proveden popis půdní taxonomie s využitím Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček et al. 2011). U sondy byl určen půdní typ a subtyp. Bylo zjištěno, že se jedná o hnědozem chromickou a formou nadložního humusu je typický mor. Dále zde bylo provedeno hrubé fytoocenologické snímkování. Výzkumná plocha se nachází na vytěžené holině, jako nově založený porost je zde nezajištěná kultura smrku ztepilého. Porost byl založen v roce 2014. Pokryvnost podrostu je cca 20–30%, jedná se především o byliny; *Urtica dioica*, *Actaea spicata*, *Galium aparine*, *Fragaria vesca*, *Rubus fruticosus*, *Galium aparine*.

### **3.3 Vlastní aplikace tabletováných hnojiv na výzkumných plochách**

První aplikace hnojiv proběhla v roce 2014 a hnojení bylo opakováno v roce 2015. Aplikace hnojiv probíhala vždy v měsíci květnu, aby ošetřené sazenice v průběhu vegetačního období mohly využít v maximální míře ke své výživě látky, které se z pevných hnojivových prostředků uvolňují. K jedné sazenici se vždy aplikovalo 80 g hnojiva v případě pevných prostředků a 5 dcl čistého přípravku na 25 l vody (voda+V50).

Výzkumná plocha byla rozdělena na 11 částí, jedna z nich slouží pro kontrolu (K) a zbylých deset částí bylo ošetřeno různými hnojivovými variantami. Z toho polovina byla nahnojena již ve školce a druhá polovina byla ošetřena hnojivou přímo až na výzkumné ploše. Byla použita hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup> konkrétně Silvamix<sup>®</sup>R30, Silvamix<sup>®</sup>R30S a Agluform<sup>®</sup>90S, dále pak Vermaktiv a Vápnitý dolomit.

Použitá hnojiva byla aplikována ve formě plošného posypu v projekci korunky každé sazenice. Navrhovaná hnojiva jsou registrovaná a byla konzultována s akreditovaným výrobcem, který je současně i hlavní dodavatel pro LČR (ECOLAB Znojmo, spol. s r.o.).

Přehled zkratk hnojivových látek použitých v grafickém zobrazení statistického vyhodnocení:

Tab. 1: Zkratky aplikovaných hnojiv

Označení	Popis varianty (aplikované přípravky a jejich kombinace)
K	Kontrola
SA+S2	Agluform <sup>®</sup> 90S
SR	Silvamix <sup>®</sup> R30
SR+S2	Silvamix <sup>®</sup> R30S
V50	Vermaktiv
VD	Vápnitý dolomit

### 3.4 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu smrku ztepilého

#### 3.4.1 Metodika odběru vzorků jehličí

Odběry jehličí k posouzení výživy nahnojených kultur byly prováděny vždy na konci vegetačního období, když byly prýty již plně vyzrálé. Vzorky byly odebírány každoročně od 1. roku po aplikaci až do doby 2 let od aplikace. Vzorky jehličí byly odebrány z nejmladšího ročníku, tzn. poslední ročník jehličí z horní třetiny koruny daného jedince. Na každé variantě byly odebírány 3 plné sáčky prýtů, do jednoho sáčku se odebraly vzorky nejméně z deseti jedinců. Cílem bylo, aby byly eliminovány rozdíly ve výživě v rámci varianty, způsobené přírodními mikrostanošními faktory. Odebrané vzorky prýtů byly vysušeny ve školní laboratoři, prýty byly odstraněny a zbyly samotné vzorky jehličí. Jehlice se následně vážily a byla zaznamenávána hmotnost každých 100 kusů jehlic. Takto připravené vzorky jehličí byly odeslány do akreditované laboratoře společnosti Morava, s.r.o.. Na výzkumné ploše Rudice,

kde se nachází 11 jednotlivých plošek včetně kontroly, bylo odebráno 33 směsných vzorků jehličí, celkem zde byly odběry prováděny minimálně z 330 jedinců.

### **3.4.2 Metodika laboratorních analýz jehličí**

Vzorky jehličí byly zpracovány v akreditované laboratoři společnosti Morava, s.r.o. se sídlem ve Studénce. Vzorky jehličí byly vysušeny za laboratorních podmínek a dále byly extrahovány ve směsi kyseliny sírové a peroxidu vodíku. Tento postup je určen k přípravě mineralizátu rostlinného materiálu pro stanovení dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku. Po rozložení peroxidem vodíku a destilování vody je mineralizace dokončena varem s kyselinou sírovou.

Stanovení celkového dusíku bylo provedeno coulometricky. Dusík přítomný ve vzorku se mineralizací převede na amonné ionty. Ty jsou titrovány bromanem, který vzniká v alkalickém prostředí z elektrolyticky generovaného bromu. Velikost elektrického náboje potřebného k vytvoření ekvivalentního množství bromanu je úměrná koncentraci amonných iontů v roztoku. Bod ekvivalence je indikován biamperometricky.

Fosfor se z biomasy stanovil spektrofotometricky. Fosforečnany tvoří v kyselém prostředí v přítomnosti molybdenanu a vanadičnanu žlutavě zbarvenou heteropolykyselinu molybdátovanadátofosforečnou. Intenzita zbarvení se měří spektrofotometricky a vyhodnocení se provádí metodou kalibrační křivky.

Vápník a hořčík byly stanoveny metodou atomové absorpční spektrofotometrie v plameni acetylen – vzduch. Pro potlačení ionizace stanovených prvků byl přidán nadbytek draslíku. Vyhodnocení signálu se provádí metodou kalibrační křivky. Připravuje se směsná kalibrační křivka s modelováním matrice vzorků.

Stanovení draslíku bylo provedeno atomovou emisní spektrofotometrií (plamenovou fotometrií). Po termické excitaci v plameni acetylen – vzduch dochází k vyzáření charakteristického kvanta draslíku. Intenzita záření je úměrná koncentraci draslíku v optické ose přístroje (Zbiral, 1994).



### 3.4.3 Metodika statistického vyhodnocení

Statistické šetření bylo provedeno v programu Statistica Cz. Nejdříve se podle krabicových grafů hledaly extrémní hodnoty, které se vyřadily z šetření, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Pro analýzu vlivu hnojiv na výživu byly splněny podmínky pro využití Anovy s opakovanými měřeními. Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly dodatečně vyhodnocovány pomocí vícenásobného porovnání. Pro vícenásobné porovnání byl použit Tukeyův HSD test. Veškeré hypotézy byly ověřovány při hladině významnosti  $p = 0,05$ . Úroveň výživy byla hodnocena dle Bergmanna (1988), viz Tab. 2. Pro nedostatek dat v prvním roce měření, byla pro síru u varianty nahojené ze školky (Rudice Š – hnojivo) použita Kruskal – Wallisova Anova, u které nelze vyhodnotit interakce faktoru hnojivo a čas. Poměry jednotlivých prvků ve výživě byly hodnoceny dle Hüttla (1990), Tab. 3.

Tab. 2: Obsah živin v asimilačních orgánech dostatečný z hlediska výživy (Bergmann, 1988).

dřevina		%					(mg . kg <sup>-1</sup> )
		N	P	K	Ca	Mg	<u>Mn</u>
smrk	optimum	1,3 – 1,7	0,13 – 0,25	0,5 – 1,2	0,3 – 0,8	0,08 – 0,3	50 – 500
	karenční	1,0	0,1	0,2	0,05	0,06	30
buk	optimum	1,9 – 2,5	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100
	karenční	1,1	0,1	0,4	0,05	0,08 (0,1)	10
borovice		1,4 – 1,7	0,14 – 0,30	0,4 – 0,8	0,25 – 0,6	0,10 – 0,20	50 – 500
modřín		1,6 – 2,3	0,15 – 0,30	0,5 – 1,1	0,6 – 0,9	0,12 – 0,30	35 – 200
jedle		1,3 – 1,8	0,13 – 0,35	0,5 – 1,1	0,4 – 1,2	0,15 – 0,40	50 – 500
douglaska		1,1 – 1,7	0,12 – 0,30	0,6 – 1,1	0,2 – 0,6	0,10 – 0,25	50 – 500
tis		1,6 – 2,5	0,14 – 0,25	0,9 – 2,0	0,25 – 1,0	0,10 – 0,25	40 – 500
dub		2,0 – 3,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,30 – 1,5	0,15 – 0,30	35 – 100
javor		1,7 – 2,2	0,15 – 0,25	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100
bříza		2,5 – 4,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,3	30 – 100
jasan		1,7 – 2,2	0,15 – 0,30	1,1 – 1,5	0,3 – 1,5	0,2 – 0,4	30 – 100
lípa		2,3 – 2,8	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,2 – 1,2	0,15 – 0,30	35 – 100
topol		1,8 – 2,5	0,18 – 0,30	1,2 – 1,8	0,3 – 1,5	0,2 – 0,3	35 – 100

Tab. 3: Poměr prvků v 1. ročníku smrkového jehličí pro zajištění vyvážené výživy (podle Hüttla 1990). \* = kritické hodnoty

Poměr prvků	Hodnota
N/Ca	2-20
N/Mg	8-30
P/Zn	30-150
K/Ca	< 2*
K/Mg	2-15
S/Ca	< 0,4*
S/Mg	< 3*
S/N	0,03

### 3.5 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůst a zdravotní stav

#### 3.5.1 Měření výškového přírůstu

Provádělo se měření ročních přírůstů vrcholkových prýtů u šetřených kultur smrku ztepilého. Bylo prováděno každoročně na všech hnojivových variantách včetně těch kontrolních. Měření bylo provedeno u všech jedinců na šetřené lokalitě. Na výzkumné ploše Rudice s 11 ploškami včetně kontroly, bylo změřeno 558 sazenic smrku ztepilého. Jedinci byli změřeni vždy na konci vegetačního období, kdy byly již vrcholkové prýty plně vyztřelé.

#### 3.5.2 Hodnocení zdravotního stavu

Během experimentu na dané ploše probíhalo i hodnocení zdravotního stavu vysázených sazenic a zároveň se porovnával vliv hnojiva na zdravotní stav smrku ztepilého. V Tab. 4. jsou vysvětleny jednotlivé stupně pro hodnocení zdravotního stavu sazenic.

Tab. 4: Hodnocení zdravotního stavu sazenic.

Hodnocení	Morfologická kvalita nadzemní části a vitalita stromku
1	bez poškození, vitální
2	mírně poškozený a deformovaný, mírně snížená vitalita
3	středně poškozený a deformovaný, snížená vitalita
4	značně poškozený a deformovaný až odumírající
5	odumřelý

#### 3.5.3 Statistické hodnocení

Statistické šetření bylo provedeno v programu Statistica Cz. Nejdříve bylo pomocí krabicových grafů zjištěno, jestli se v naměřených datech nevyskytují extrémní hodnoty, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Pro vyhodnocení zdravotního stavu a vlivu hnojiv na přírůst byla použita Anova s opakovanými měřeními. Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly dodatečně vyhodnocovány pomocí vícenásobného porovnání. Pro vícenásobné porovnání byl použit Tukeyův HSD test. Veškeré hypotézy byly ověřovány při hladině významnosti  $p = 0,05$ . Vyhodnocení zdravotního stavu bylo provedeno dle Tab. 4.

### 3.6 Složení sledovaných hnojiv

Tab. 5: Jednotlivé komponenty, ze kterých se skládají použítá hnojiva. Hodnoty jsou uvedeny ve váhových procentech.

Oficiální název dle výrobce	Zkratky hnojiv	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Růst. stimulátor
AGLUFORM®90S	SA+S2	19	7	11	-	4	0,35 %; 3500 mg/kg
SILVAMIX®R30	SR	10	7	18	-	7	
SILVAMIX®R30S	SR+S2	10	7	18	-	7	0,35 %; 3500 mg/kg
VÁPŇNITÝ DOLOMIT	VD	-	-	-	32,3	18,7	

Jak je patrné z Tab. 5 přípravky Agluform®90S a Silvamix®R30S obsahují růstové stimulatory, složení těchto stimulatorů je uvedeno v Tab. 6. Posledním přípravkem, který byl použit na šetřené lokalitě a není uveden v tabulkách je Vermaktiv. Jedná se o speciální upravený extrakt z živočišných a rostlinných buněk obsahující organicky vázaný fosfor a dusík. Mimo tyto prvky je v tomto extraktu obsaženo několik skupin aminokyselin, enzymů, hormonů a dalších přírodních biostimulačně aktivních látek.

Tab. 6: Konkrétní složení růstových stimulatorů

<b>AGLUFORM®90S</b>	<b>SA+S2</b>
4- Nitrofenolát sodný	0,075%
2 - Diethylaminoethyl hexanoát (DA-6)	0,100 %
1- Naftyloctová kyselina	0,150 %
Indoly-3-máselná kyselina (K <sup>+</sup> )	0,025 %
<b>SILVAMIX®R30S</b>	<b>SR+S2</b>
4- Nitrofenolát sodný	0,075%
2 - Diethylaminoethyl hexanoát (DA-6)	0,100 %
1- Naftyloctová kyselina	0,150 %
Indoly-3-máselná kyselina (K <sup>+</sup> )	0,025 %

## 4. Výsledky

### 4.1 Charakteristika půdního prostředí

#### 4.1.1 Taxonomické zařazení: Hnědozem chromická



(0-1cm)

velmi kyprá vrstva, tvořená převážně opadem smrku ztepilého (jehličí, větvičky, šišky)

hor. L

(1 - 5cm)

velmi kyprá, středně vlhká, hnědo-černá směs, tvořená opadem smrku ztepilého ve značném stupni fermentace, původ organických zbytků stále patrný, místně se nachází mycelium hub.

hor. F<sub>m</sub>

(5 - 8cm)

černá, velmi kyprá, mírně vlhká, bezstrukturní měl, se zřetelným prokořeněním smrku ztepilého střední intenzity (90 ks  $\leq 2\text{mm}/\text{dm}^2$ ), s ostrým (2cm) barevným přechodem směrem do spodu.

hor. Hh

Obr. 1.: Půdní sonda

(8 - 13cm)

tmavě hnědá, tmavé zbarvení způsobeno akumulací organických látek směrem dospodu výrazně ubývá, mírně vlhká, kypré konzistence, drobivá, dobře vyvinutá polyedrická struktura (jemně až středně (4–12mm), hlinitá textura, bez skeletu, se středním prokořeněním (70 ks  $\leq 2\text{mm}/\text{dm}^2$ , 6ks  $\geq 2\text{mm}/\text{dm}^2$ ), bez přítomnosti karbonátů, se zřetelným (3cm) barevným přechodem směrem dospodu.

hor. Ah(Ev)

(13- 46cm)

okrově hnědá, mírně vlhká, mírně ulehlé konzistence, hlinité textury, drobivá, struktura dobře vyvinutá, polyedrická (jemně až středně (3–20mm)), středně skeletnatá (vápenec, 40%), převážně ve formě kamenů (40–120 mm), slabé prokořenění ( $30ks \leq 2mm/dm^2$ ,  $4ks \geq 2mm/dm^2$ ), se zřetelným (3cm) barevným přechodem směrem do spodu, s HCl nereaguje.

hor. Bt

(46 cm ↓)

rezivé zbarvení, středně vlhká, hlinité až jílovité textury, konzistence mírně ulehlá až ulehlá, hlinitá až jílovitohlinitá, struktura málo pevná, avšak hůře vyvinutá až slitá, polyedrická (jemně až středně, 2–15 mm), silně skeletnatá (60-70%), převážně ve formě kamenů (100–200 mm), velmi nízké prokořenění ( $15 ks \leq 2mm/dm^2$ ,  $2 ks \geq 2 mm/dm^2$ ), jedná se o půdní horizont fosilní povahy, který vznikl při lateritickém zvětrávání v období třetihor, díky tomu se jedná o půdu ze skupiny terra calcis – terra fusca.

hor. Btj

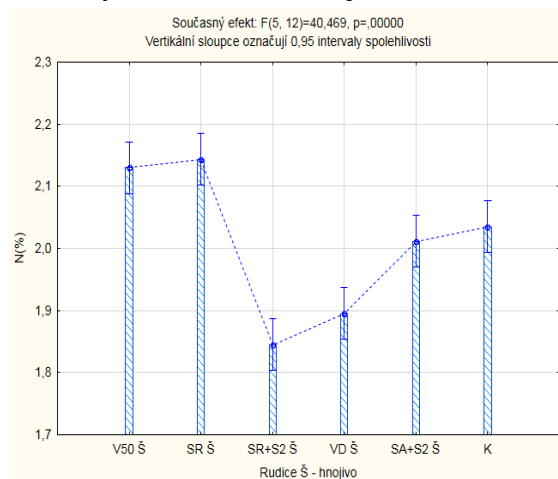
#### **4.1.2 Aplikované přípravky**

Výzkumná plocha je rozdělena na 11 dílčích plošek, pět z nich je nahnojeno ze školky, jedná se o varianty označené (Š). Dalších pět bylo nahnojeno až na šetřené lokalitě, tyto varianty jsou označovány (KL). Na poslední plošce byla kontrolní varianta sloužící k porovnání výsledků. Všechny hnojivové varianty byly statisticky vyhodnoceny a porovnávány zejména s kontrolní variantou.

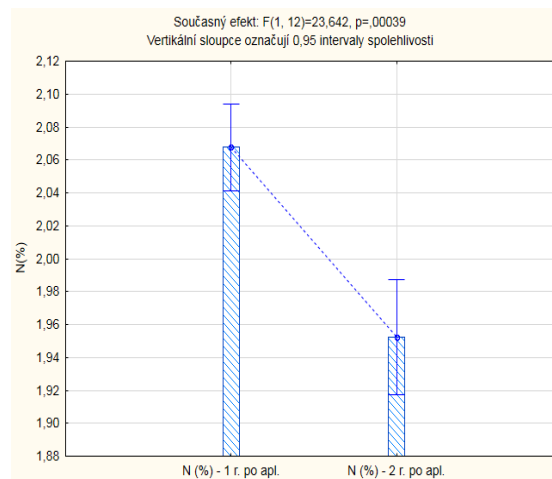
## 4.2 Vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu

### 4.2.1 Rudice Š – Dusík

#### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 2.: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci



Obr. 3.: Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého.

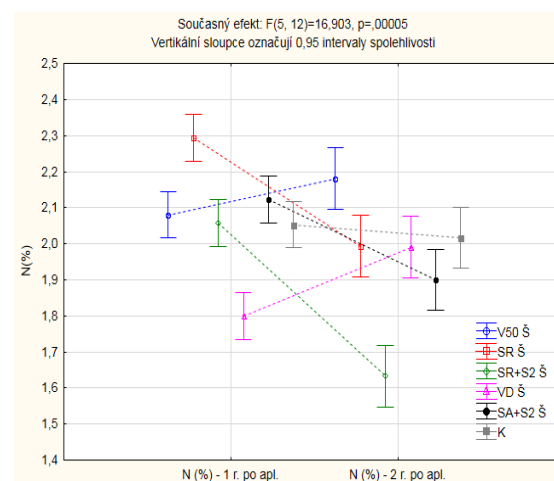
Výživa dusíkem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 2,02–2,05% (průměr  $\pm$  směrodatná chyba), (viz Obr. 2.), což můžeme dle klasifikace Bergmanna (1988) považovat za nadoptimum. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$  jak je patrné z Obr. 2 a Tab. 7. Nejvyšší průměrná koncentrace sledované živiny byla zaznamenána na variantě Silvamix<sup>®</sup>R30 (SR Š) a to 2,14%. Toto hnojivo má tedy na množství dusíku v sušině jehličí statisticky významný pozitivní vliv. Statisticky významný nárůst ve srovnání s kontrolou byl zaznamenán i na variantě, kde byl použit přípravek Vermaktiv (V50 Š), s průměrnou hodnotou koncentrace 2,13%. Významný pokles ve srovnání s kontrolou byl naopak zaznamenán u hnojivových variant Silvamix<sup>®</sup>R30S (SR+S2 Š) (průměrně 1,85%) a Vápnitého dolomitu (VD Š) (průměrně 1,90%). Mírný pokles koncentrace byl zjištěn i u přípravku Agluform<sup>®</sup>90S (SA+S2 Š), nicméně jedná se pouze o mírnou tendenci, tedy bez statistického významu.

Tab. 7: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00217, sv = 12,000						
Rudice Š - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V50 Š		1,00	0,00	0,00	0,01	0,04
SR Š	1,00		0,00	0,00	0,00	0,02
SR+S2 Š	0,00	0,00		0,47	0,00	0,00
VD Š	0,00	0,00	0,47		0,01	0,00
SA+S2 Š	0,01	0,00	0,00	0,01		0,95
K	0,04	0,02	0,00	0,00	0,95	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 3. dobře patrné, ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy dusíkem výrazný pokles. Z průměrných 2,07% v 1. roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu 1,95% ve druhém roce od aplikace, nicméně dusík je zde stále v dostatečné množství.



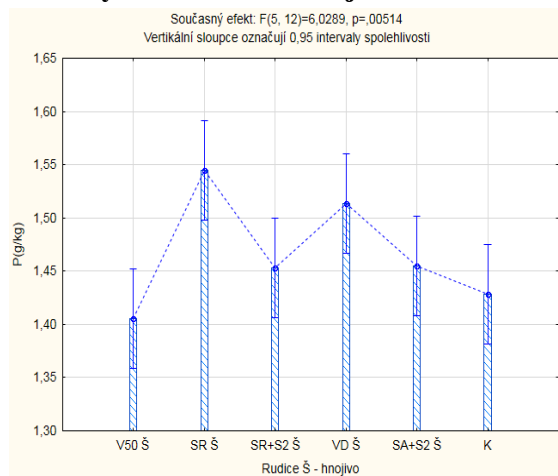
Obr. 4.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

### Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

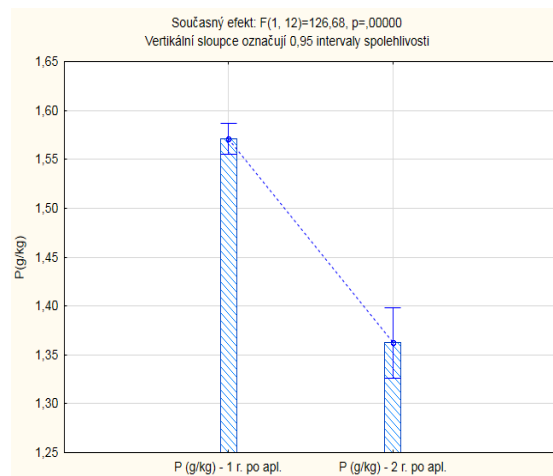
Statistického významu v tomto případě dosáhla interakce faktoru hnojivo a čas. To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se podstatně lišila. Jak je z Obr. 4. patrné, u třech variant došlo k významnému poklesu (SR+S2 Š, SA+S2 Š, SR Š). U dalších dvou variant byl zaznamenán rostoucí trend, jednalo se o hnojiva V50 Š a VD Š. Kontrolní varianta nevykazovala výrazné změny, pohybovala se kolem průměru 2,04%.

## 4.2.2 Rudice Š – Fosfor

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 5.: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 6.: Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého.

Výživa fosforem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 1,41–1,45 g P.kg<sup>-1</sup> (průměr ± směrodatná chyba), (viz Obr. 5.), což můžeme dle klasifikace Bergmanna (1988) považovat za optimální stav, respektive se jedná o spodní rozmezí optima. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,01$  jak je patrné z Obr. 5, Tab. 8. Nejvyšší průměrná koncentrace sledované živiny byla zaznamenána na variantě SR Š, a to 1,55 g P.kg<sup>-1</sup>. Toto hnojivo má tedy na množství fosforu v sušině jehličí statisticky významný pozitivní vliv. Výrazný avšak statisticky neprůkazný pozitivní nárůst ve srovnání s kontrolou byl zaznamenán i na variantě VD Š, kde průměrná hodnota dosahuje koncentrace 1,51 g P.kg<sup>-1</sup>. Mírný pozitivní vliv byl zaznamenán i u hnojiv SR+S2 Š a SA+S2 Š, avšak bez statistického významu. Naopak mírný negativní vliv na výživu fosforem v sušině jehličí smrku ztepilého byl zaznamenán u varianty V50 Š (průměrně 1,40 g P.kg<sup>-1</sup>). Toto ošetření tedy mělo za následek snížení koncentrace fosforu vzhledem ke kontrole, nicméně jedná se pouze o mírnou tendenci tedy bez statistického významu.

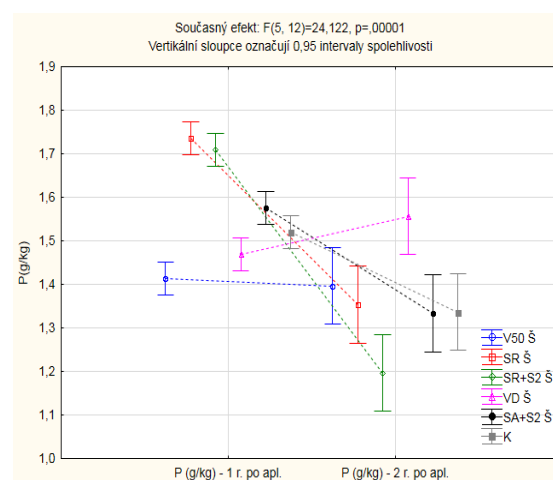


Tab. 8: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00277, sv = 12,000						
Rudice Š - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V50 Š		0,01	0,62	0,04	0,59	0,97
SR Š	0,01		0,09	0,89	0,10	0,02
SR+S2 Š	0,62	0,09		0,41	1,00	0,96
VD Š	0,04	0,89	0,41		0,44	0,13
SA+S2 Š	0,59	0,10	1,00	0,44		0,94
K	0,97	0,02	0,96	0,13	0,94	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 6. dobře patrné, ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy fosforem výrazný pokles. Z průměrných  $1,57 \text{ P.kg}^{-1}$  v prvním roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu  $1,36 \text{ P.kg}^{-1}$  ve druhém roce od aplikace, která se již blíží spodní hranici výživy fosforem, nicméně jde stále o dostatečné hodnoty.



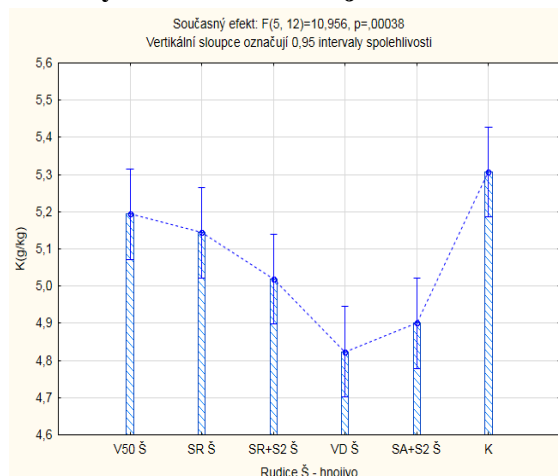
Obr. 7.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

### Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

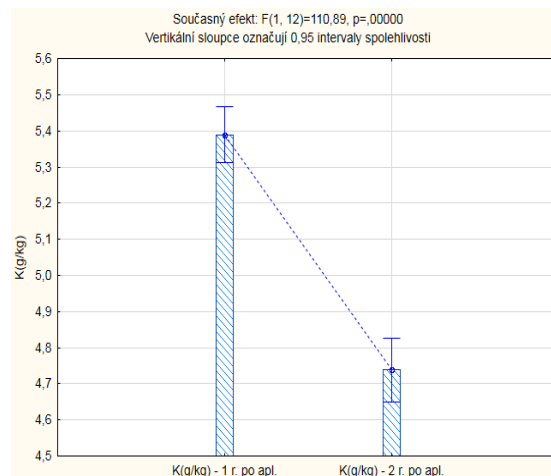
Statistického významu v tomto případě dosáhla interakce faktoru hnojivo a čas. To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se podstatně lišila. Z Obr. 7. je patrné, že pouze na variantě VD Š byl zaznamenán rostoucí trend, zatímco u ostatních variant (SR Š, SR+S2 Š, SA+S2 Š) byl zjištěn trend klesající. U varianty V50 nebyla zaznamenána meziroční změna ve výživě fosforem a v obou sledovaných letech zde oscilovala průměrná hodnota sledovaného parametru kolem hodnoty  $1,40 \text{ P.kg}^{-1}$ .

### 4.2.3 Rudice Š – Draslík

#### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 8.: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 9.: Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého.

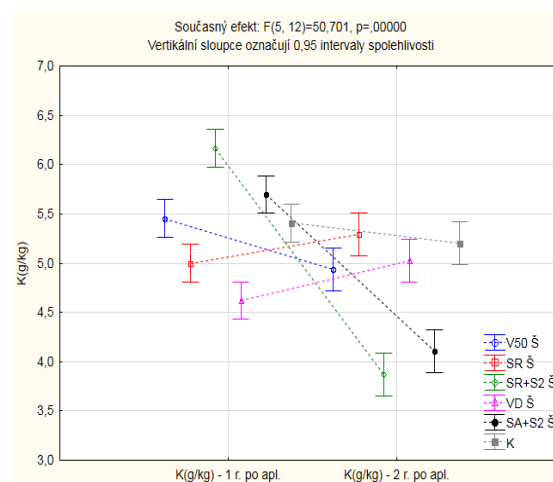
Výživa draslíkem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 5,25–5,36 g K.kg<sup>-1</sup> (viz Obr. 8.), což můžeme dle klasifikace Bergmanna (1988) považovat za optimální stav, respektive se jedná o spodní rozmezí optima. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při p=0,00 jak je patrné z Obr. 8, Tab. 9. Nejvyšší průměrná koncentrace sledované živiny byla zaznamenána na kontrolní variantě, a to 5,30 g K.kg<sup>-1</sup>. Výrazný statisticky významný pokles koncentrace ve srovnání s kontrolní variantou nastal u variant VD Š (průměrně 4,82 g K.kg<sup>-1</sup>) a SA+S2 Š (průměrně 4,9 g K.kg<sup>-1</sup>). U těchto variant byla zaznamenána nejnižší koncentrace sledované živiny. K dalšímu statisticky významnému poklesu průměrné koncentrace živiny došlo u hnojivové varianty SR+S2 Š, bylo naměřeno 5,02 g K.kg<sup>-1</sup>. U posledních dvou variant V50 Š a SR Š byl také zaznamenán pokles průměrné koncentrace živiny, jednalo se však o mírnou tendenci bez statistického významu.

Tab. 9: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,01849, sv = 12,000						
Rudice Š - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V50 Š		0,99	0,29	0,01	0,03	0,70
SR Š	0,99		0,62	0,01	0,08	0,36
SR+S2 Š	0,29	0,62		0,20	0,67	0,03
VD Š	0,01	0,01	0,20		0,92	0,00
SA+S2 Š	0,03	0,08	0,67	0,92		0,00
K	0,70	0,36	0,03	0,00	0,00	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 9. dobře patrné, ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy draslíkem výrazný pokles. Z průměrných  $5,39 \text{ g K.kg}^{-1}$  v prvním roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu  $4,73 \text{ g K.kg}^{-1}$  ve druhém roce od aplikace, která již překročila spodní hranici výživy draslíkem.



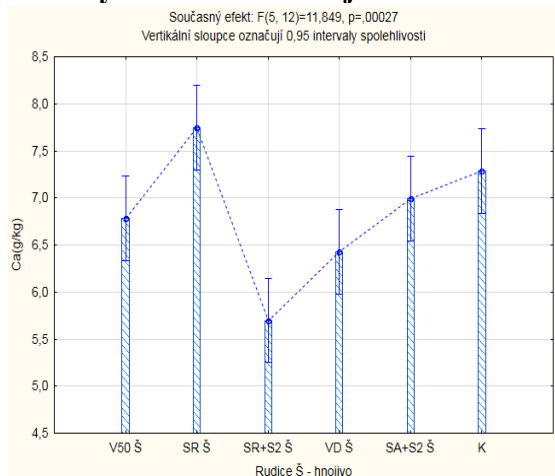
Obr. 10.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

### Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

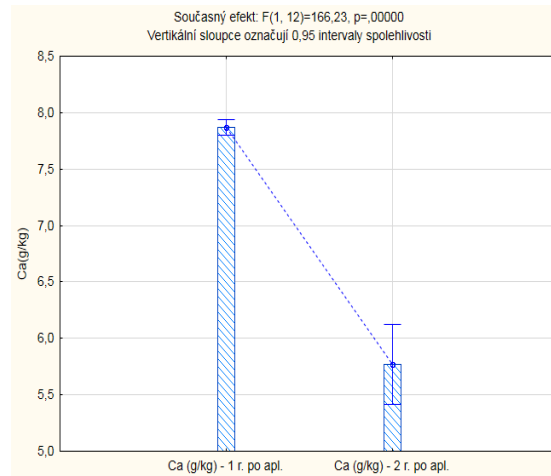
Statistického významu v tomto případě dosáhla interakce faktoru hnojivo a čas, při  $p=0,00$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se podstatně lišila. Z Obr. 10. je patrné, že na variantách VD Š a SR Š byl v průběhu sledování zaznamenán rostoucí trend. U hnojiv SR+S2 Š, SA+S2 Š a V50 Š byl zaznamenán výrazně klesající trend. Průměrná koncentrace živiny u kontrolní varianty klesla z  $5,40 \text{ g K.kg}^{-1}$  na  $5,20 \text{ g K.kg}^{-1}$ .

## 4.2.4 Rudice Š – Vápník

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 11.: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušíně jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 12.: Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku v sušíně jehličí smrku ztepilého.

Výživa vápníkem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 7,08–7,49 g Ca.kg<sup>-1</sup> (viz Obr. 11.). Podle klasifikace Bergmanna (1988), odpovídají tyto hodnoty optimálnímu stavu, nacházejí se v horním rozmezí této klasifikace. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný a to při p=0,00 jak je patrné z Obr. 11, Tab. 10. Výrazný statisticky významný pokles průměrné koncentrace živiny byl zaznamenán u varianty SR+S2 Š (průměrně 5,70 g Ca.kg<sup>-1</sup>). Nejvyšší průměrná koncentrace živiny byla sledována u hnojiva SR Š (průměrně 7,75 g Ca.kg<sup>-1</sup>). Mírný pokles průměrné koncentrace živiny byl zaznamenán i u dalších variant (V50 Š, VD Š, SA+S2 Š), u nich se však jednalo pouze o mírnou tendenci bez statistického významu.

Tab. 10: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství vápníku v sušíně jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

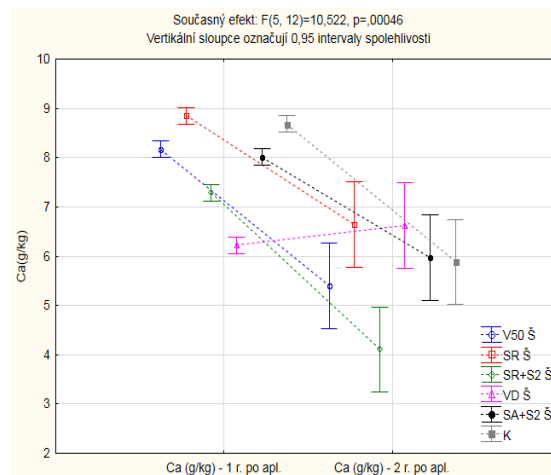
Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,25525, sv = 12,000						
Rudice Š - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V50 Š		0,06	0,03	0,82	0,98	0,55
SR Š	0,06		0,00	0,01	0,18	0,62
SR+S2 Š	0,03	0,00		0,20	0,01	0,00
VD Š	0,82	0,01	0,20		0,42	0,10
SA+S2 Š	0,98	0,18	0,01	0,42		0,91
K	0,55	0,62	0,00	0,10	0,91	

## Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Došlo k výraznému poklesu z hlediska celkové výživy vápníkem (viz Obr. 12.). Z průměrné koncentrace  $7,87 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  v prvním roce od aplikace, došlo k poklesu na průměrnou hodnotu  $5,77 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ . I přes výrazný pokles se zjištěné hodnoty pohybují v optimálním rozmezí klasifikace dle Bergmanna (1988)

## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

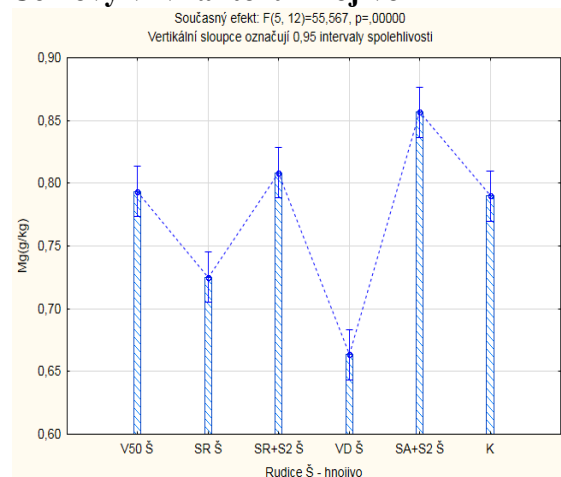
Statistického významu v tomto případě dosáhla interakce faktoru hnojivo a čas, při  $p=0,00$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se podstatně lišila. Jak můžeme vidět na Obr. 13, rostoucí trend byl zaznamenán jen u varianty VD Š, a to z průměrné koncentrace  $6,23 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  na  $6,62 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ . U ostatních hnojiv byl pozorován výrazně klesající trend včetně kontrolní varianty.



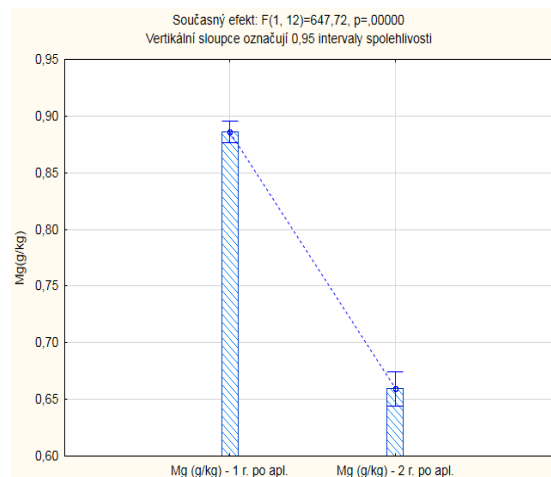
Obr. 13.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.2.5 Rudice Š – Hořčík

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 14.: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 15.: Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého.

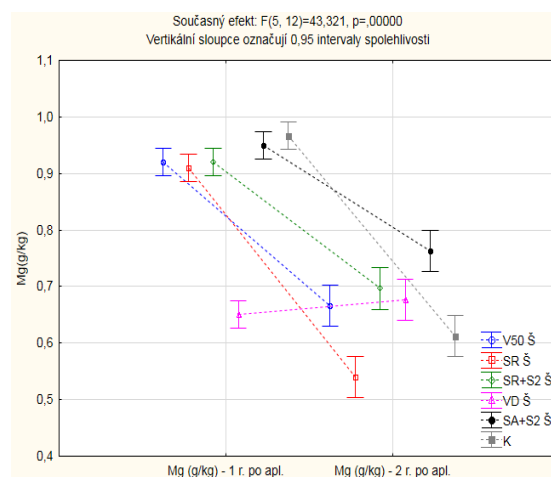
Na kontrolní variantě se výživa hořčíkem v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 0,78–0,80 g Mg.kg<sup>-1</sup> viz Obr. 14, což odpovídá spodní hranici optima dle klasifikace Bergmanna (1988). Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při p=0,00 jak je patrné z Obr. 14, Tab. 11. Nejvyšší statisticky významná průměrná koncentrace sledované živiny byla zaznamenána u varianty SA+S2 Š 0,86 g Mg.kg<sup>-1</sup>. Výrazný statisticky významný pokles koncentrace, ve srovnání s kontrolní variantou, nastal u variant VD Š (průměrně 0,66 g Mg.kg<sup>-1</sup>) a SR Š (průměrně 0,73 g Mg.kg<sup>-1</sup>). Takto nízké hodnoty se již nachází pod spodní hranicí optima. U těchto variant byla zaznamenána nejnižší koncentrace sledované živiny. Ostatní varianty (V50 Š a SR+S2 Š) se pohybovali v rozmezí kontrolní varianty, proto tyto hodnoty nemají statistický význam.

Tab. 11: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00050, sv = 12,000						
Rudice Š - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V50 Š		0,00	0,85	0,00	0,00	1,00
SR Š	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
SR+S2 Š	0,85	0,00		0,00	0,03	0,72
VD Š	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
SA+S2 Š	0,00	0,00	0,03	0,00		0,00
K	1,00	0,00	0,72	0,00	0,00	

### Celkový vliv faktoru čas

Statistická významnost faktoru čas v průběhu šetření byla p=0,00. Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. V prvním roce od aplikace byla průměrná koncentrace živiny 0,89 g Mg.kg<sup>-1</sup> poté došlo k výraznému poklesu z hlediska celkové výživy hořčíkem (viz Obr. 15.) na hodnotu 0,66 g Mg.kg<sup>-1</sup>. Hodnota na kterou klesla průměrná koncentrace živiny se již nachází pod spodní hranicí optima.



Obr. 16.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

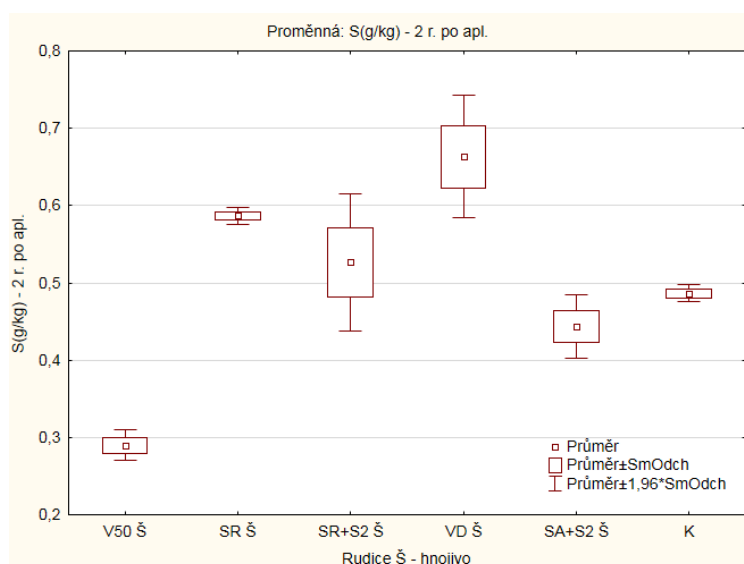
## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

Dynamika působení hnojiv se na jednotlivých variantách podstatně lišila, to je vyjádřeno tím, že interakce faktoru hnojivo a čas dosáhla statistického významu při  $p=0,00$ . Jak můžeme vidět, na Obr. 16. mírně rostoucí trend byl zaznamenán jen u varianty VD Š a to z průměrné koncentrace  $0,65 \text{ g Mg.kg}^{-1}$  na  $0,68 \text{ g Mg.kg}^{-1}$ . U ostatních hnojiv byl pozorován výrazně klesající trend včetně kontrolní varianty.

### 4.2.6 Rudice Š – Síra

#### Celkový vliv faktoru hnojivo

Pro nedostatek dat v prvním roce šetření byla u síry použita Kruskal–Wallisova ANOVA.



Obr. 17.: Výstup Kruskal–Wallisovy anovy – vliv hnojivových přípravků na výživu sírou v sušině jehličí smrku ztepilého ve druhém roce od aplikace

Vliv bodově aplikovaných hnojiv na obsah síry v sušině jehličí smrkových sazenic po 2 roce od aplikace znázorňuje Obr. 17. a Tab. 12. Stav výživy na kontrolní variantě je  $0,49 \text{ g S.kg}^{-1}$ , jedná o spodní optimum. Jak je patrné aplikovaná hnojiva měla na sledovaný parametr statisticky významný vliv, a to při hladině  $p=0,00$ . Ovšem je nutno podotknout, že skutečně statisticky průkazný rozdíl nebyl zaznamenán na hnojivových variantách vůči kontrole, ale mezi variantami VD Š a V50 Š.

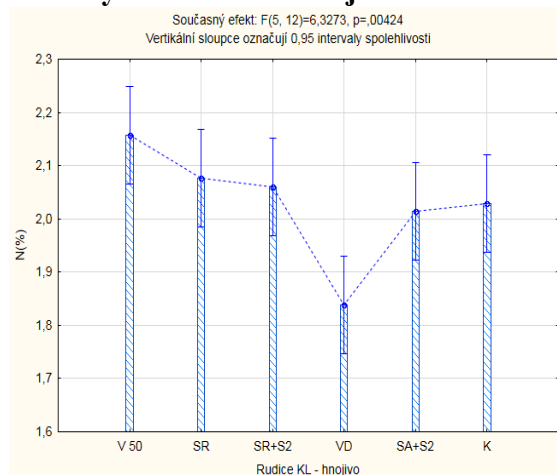
Výrazný pozitivní vliv byl zaznamenán u varianty VD Š s průměrnou koncentrací 0,66 g S.kg<sup>-1</sup>. Naopak nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty V50 Š a to 0,29 g S.kg<sup>-1</sup>. Varianta SR+S2 Š, kde je průměrná koncentrace živiny 0,53 g S.kg<sup>-1</sup>, je blízká hodnotě zjištěné na kontrole. Nicméně ze statistického hlediska je vliv této varianty neprokazatelný. Zbylé varianty SR Š a SA+S2 Š nebyly ze statistického hlediska významné.

Tab. 12: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, znázornění vlivu hnojiv na množství síry v sušině jehličí smrku ztepilého ve druhém roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

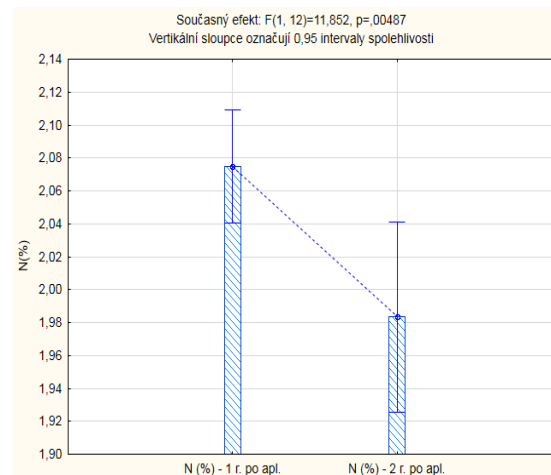
Vícenásobné porovnání z' hodnot; S(g/kg) - 2 r. po apl. (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Nezávislá (grupovací) proměnná : Rudice Š - hnojivo						
Kruskal-Wallisův test: H ( 5, N= 18) =16,24914 p =,0062						
Rudice Š - hnojivo	V50 Š	SR Š	SR+S2 Š	VD Š	SA+S2 Š	K
V50 Š		2,75	1,87	3,44	0,69	1,57
SR Š	2,75		0,88	0,69	2,06	1,19
SR+S2 Š	1,87	0,88		1,57	1,19	0,31
VD Š	3,44	0,69	1,57		2,75	1,87
SA+S2 Š	0,69	2,06	1,19	2,75		0,88
K	1,57	1,19	0,31	1,87	0,88	

#### 4.2.7 Rudice KL – Dusík

##### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 18.: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 19.: Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého.



Výživa dusíkem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 1,99–2,07% (průměr ± směrodatná chyba), (viz Obr. 18.), což můžeme dle klasifikace Bergmanna (1988) považovat za luxusní výživu. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky významný, a to při  $p = 0,00$  jak je patrné z Obr. 18 a Tab. 13. Nejvyšší průměrná koncentrace sledované živiny byla zaznamenána na variantě, kde byl aplikován Vermaktiv (V50), a to 2,16%. Toto hnojivo má tedy na množství dusíku v sušině jehličí pozitivní vliv. Negativní vliv byl zjištěn u varianty Vápnitý dolomit (VD) průměrně 1,84%, nicméně se jedná o mírnou tendenci bez statistického významu. Ostatní sledované varianty Silvamix<sup>®</sup>R30 (SR), Silvamix<sup>®</sup>R30S (SR+S2) a Agluform<sup>®</sup>90S (SA+S2) jsou také bez výrazného statistického významu.

Tab. 13: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

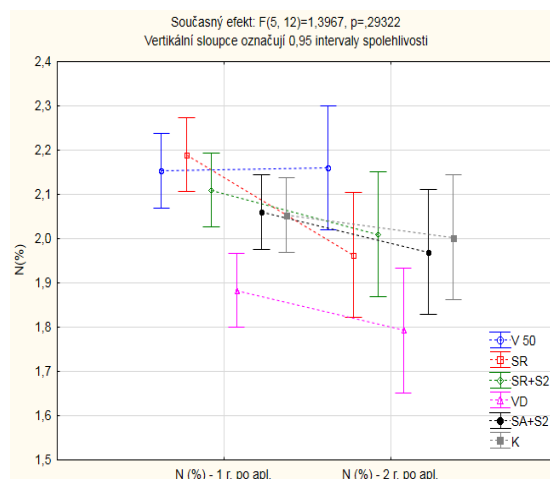
Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,01064, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,76	0,60	0,00	0,24	0,32
SR	0,76		1,00	0,02	0,90	0,96
SR+S2	0,60	1,00		0,03	0,97	0,99
VD	0,00	0,02	0,03		0,10	0,07
SA+S2	0,24	0,90	0,97	0,10		1,00
K	0,32	0,96	0,99	0,07	1,00	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 19, dobře patrné ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy dusíkem výrazný pokles. Z průměrných 2,08% v 1. roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu 1,98% ve druhém roce od aplikace, nicméně dusík je zde stále v dostatečné množství.

## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

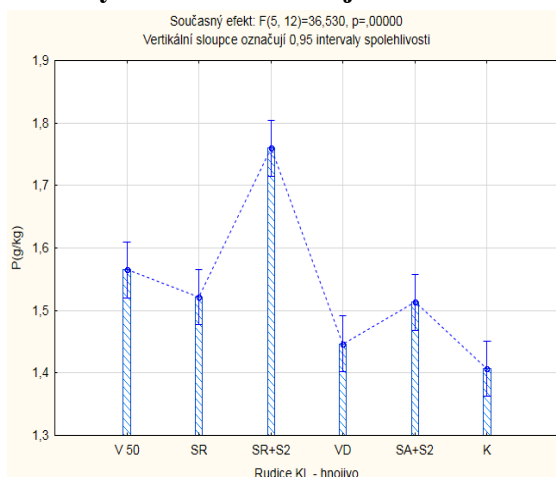
Porovnání faktoru hnojivo a čas, v tomto případě zde nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly, dle  $p=0,29$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách byla podobná. Z Obr. 20. je patrné, že varianty SR, SR+S2, VD, SA+S2 a K mají klesající tendenci. Oproti tomu varianta V50 je více méně konstantní a pohybuje se kolem průměru 2,15%.



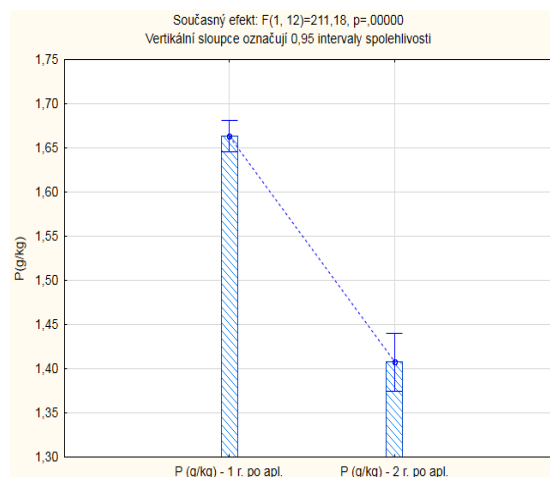
Obr. 20.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku v sušíně jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.2.8 Rudice KL – Fosfor

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 21.: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušíně jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 22.: Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu v sušíně jehličí smrku ztepilého

Výživa fosforem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí 1,39–1,43 g P.kg<sup>-1</sup> (průměr ± směrodatná chyba), (viz Obr. 21.). Podle klasifikace Bergmanna (1988) se tyto hodnoty pohybují ve spodním rozmezí optima. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$  jak je patrné z Obr. 21, Tab. 14. Na kontrolní variantě byla zaznamenána nejnižší průměrná koncentrace sledované živiny v množství 1,41 g P.kg<sup>-1</sup>. Podobně na tom byla varianta VD, průměrně 1,45 g P.kg<sup>-1</sup>.

Největší pozitivní vliv byl zjištěn u hnojiva SR+S2, kde byla průměrná koncentrace živiny 1,76 g P.kg<sup>-1</sup>. Tato varianta tedy dosáhla výrazného statistického významu. Další statisticky velmi výrazné rozdíly proti kontrolní variantě byly zaznamenány u hnojiv V50, SR a SA+S2. U všech hnojivových variant byl zaznamenán pozitivní vliv na množství sledované živiny.

Tab. 14: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

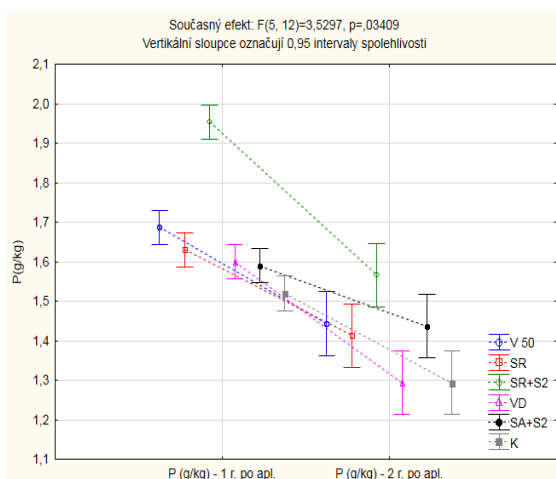
Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00251, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,67	0,00	0,01	0,51	0,00
SR	0,67		0,00	0,17	1,00	0,02
SR+S2	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
VD	0,01	0,17	0,00		0,26	0,74
SA+S2	0,51	1,00	0,00	0,26		0,03
K	0,00	0,02	0,00	0,74	0,03	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 22. dobře patrné ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy fosforem výrazný pokles. Z průměrných 1,66 g P.kg<sup>-1</sup> v prvním roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu 1,41 g P.kg<sup>-1</sup> ve druhém roce od aplikace, která se již blíží spodní hranici výživy fosforem, nicméně jde stále o dostatečné hodnoty.

### Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

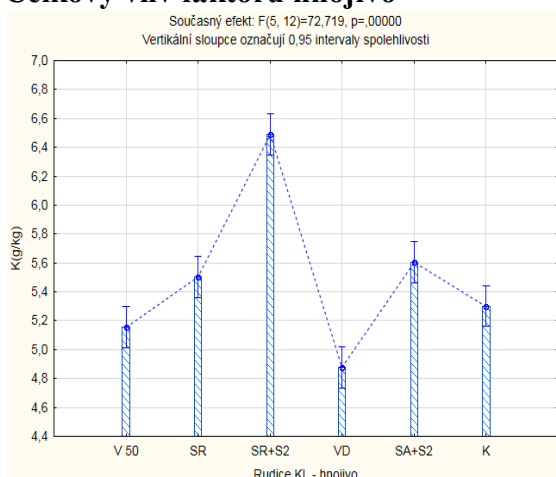
Interakce faktoru hnojivo a čas dosáhly statistického významu při  $p=0,03$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se lišila. Na grafu Obr. 23. je vidět klesající trend u všech sledovaných variant. Za zmínku stojí výrazný pokles koncentrace sledované živiny u hnojiva SR+S2 z 1,95 P.kg<sup>-1</sup> na 1,57 P.kg<sup>-1</sup>.



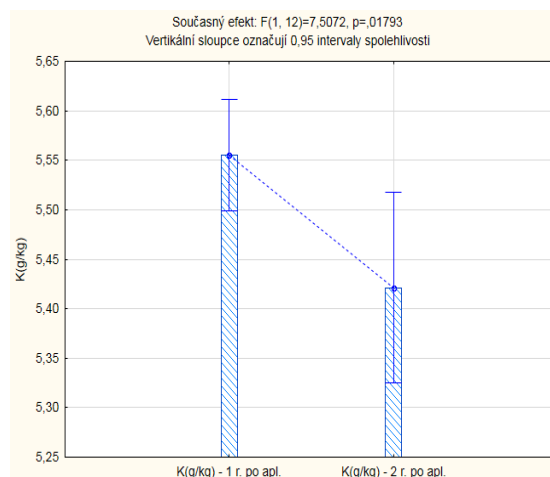
Obr. 23.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

#### 4.2.9 Rudice KL – Draslík

##### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 24.: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 25.: Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého.

Množství draslíku se na kontrolní variantě v průběhu sledování pohybovalo v rozmezí 5,24–5,37 g K.kg<sup>-1</sup> (viz Obr. 24.), což můžeme dle klasifikace Bergmanna (1988) považovat za optimální stav, respektive se jedná o spodní rozmezí optima. Dle hodnoty p=0,00 viz Obr. 24. je vliv aplikovaných hnojiv v tomto období statisticky vysoce významný. Největší statisticky významný rozdíl v průměrné koncentraci živiny byl zaznamenán u hnojiva SR+S2 6,49 g K.kg<sup>-1</sup>, byla zde naměřena nejvyšší hodnota ve výživě draslíkem.

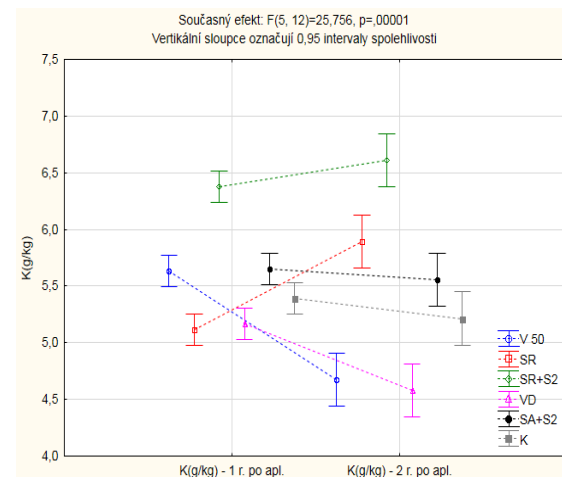
Naopak negativní vliv byl sledován u varianty VD, kde byl průměr 4,88 g K.kg<sup>-1</sup> i tento rozdíl byl proti kontrole statisticky významný. K mírnému pozitivnímu vlivu, ovšem bez statistického významu došlo u hnojiv SR a SA+S2. U varianty V50 došlo k mírnému negativnímu vlivu, nicméně také bez statisticky významných rozdílů.

Tab. 15: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,02547, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,02	0,00	0,09	0,00	0,61
SR	0,02		0,00	0,00	0,89	0,30
SR+S2	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
VD	0,09	0,00	0,00		0,00	0,01
SA+S2	0,00	0,89	0,00	0,00		0,06
K	0,61	0,30	0,00	0,01	0,06	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas nebyl v průběhu šetření tolik statisticky významný, to znázorňuje hodnota  $p=0,02$ . Vyšší hodnota znamená menší rozdíly mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 25. dobře patrné, ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy draslíkem mírnější pokles. Z průměrné koncentrace 5,56 g K.kg<sup>-1</sup> v prvním roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu 5,42 g K.kg<sup>-1</sup>, přesto jsou tyto hodnoty stále v rozmezí optima.



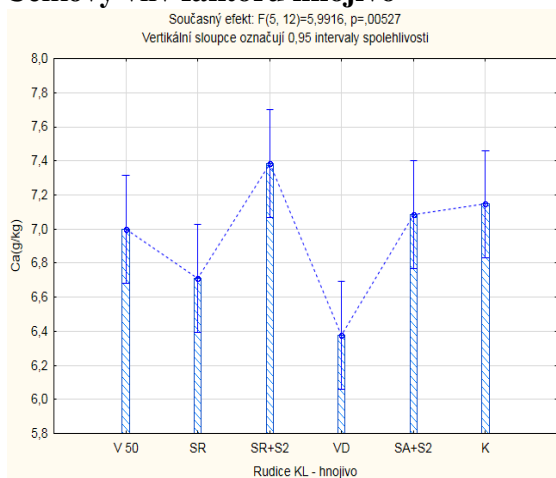
Obr. 26.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

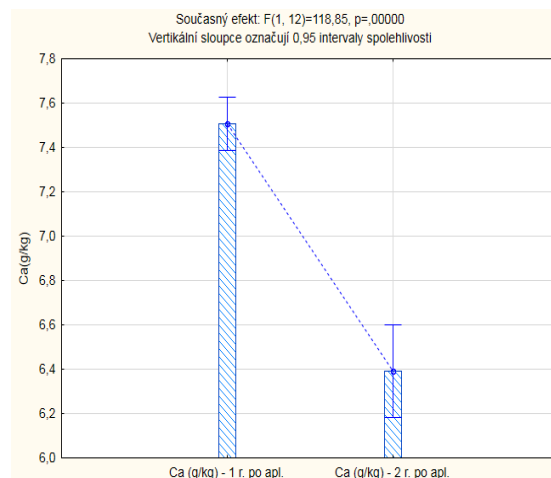
Jak je z Obr. 26. patrné, interakce faktoru hnojivo a čas jsou statisticky významné při  $p=0,00$ . Výrazně rostoucí trend byl zaznamenán u hnojiv SR z průměrných  $5,12 \text{ g K.kg}^{-1}$  na  $5,89 \text{ g K.kg}^{-1}$  a u SR+S2 z průměrných  $6,37 \text{ g K.kg}^{-1}$  na  $6,61 \text{ g K.kg}^{-1}$ . U ostatních variant je trend klesající, mírně klesá u kontroly a hnojiva SA+S2 výrazněji pak u varianty V50 a VD.

### 4.2.10 Rudice KL – Vápník

#### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 27.: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 28.: Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého.

Výživa vápníkem na kontrolní variantě se v průběhu celého experimentu pohybuje v rozmezí  $7,00\text{--}7,29 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  (viz Obr. 27.). Podle klasifikace Bergmanna (1988) odpovídají tyto hodnoty optimálnímu stavu, nacházejí se v horním rozmezí této klasifikace. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ , jak je patrné z Obr. 27, Tab. 16. Nejvíce statisticky významný proti kontrole byl výrazný pokles sledované živiny na variantě VD na průměrnou hodnotu  $6,38 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ . Pozitivní vliv hnojiva na množství živiny byl zjištěn u SR+S2, a to průměrně  $7,38 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ , nicméně tento trend není ve srovnání s kontrolou statisticky významný. Zbylé tři varianty (V50, SR, SA+S2) se pohybovali v rozmezí kontrolní varianty, rozdíly tedy nebyly statisticky významné.

Tab. 16: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

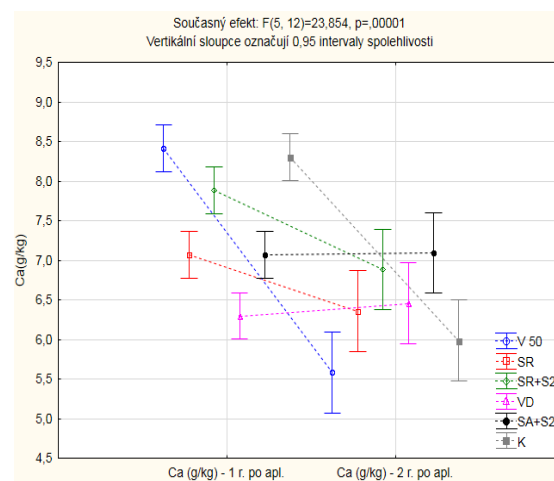
Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,12668, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,73	0,46	0,09	1,00	0,98
SR	0,73		0,06	0,60	0,49	0,34
SR+S2	0,46	0,06		0,00	0,70	0,85
VD	0,09	0,60	0,00		0,04	0,03
SA+S2	1,00	0,49	0,70	0,04		1,00
K	0,98	0,34	0,85	0,03	1,00	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při  $p=0,00$ . Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Došlo k výraznému poklesu z hlediska celkové výživy vápníkem (viz Obr. 28.). Z průměrné koncentrace  $7,51 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  v prvním roce od aplikace došlo k poklesu na průměrnou hodnotu  $6,39 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ . I přes výrazný pokles se zjištěné hodnoty pohybují v optimálním rozmezí klasifikace dle Bergmanna (1988), konkrétně v jejím horním rozmezí.

### Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

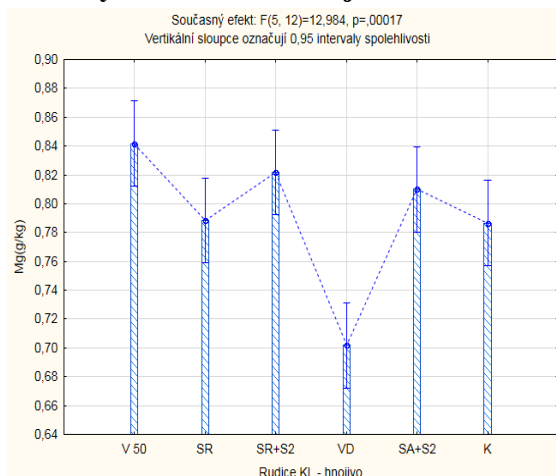
Statistického významu v tomto případě dosáhla interakce faktoru hnojivo a čas při  $p=0,00$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se podstatně lišila. Jak můžeme vidět na Obr. 29., u hnojiva SA+S2 a VD se průměrná koncentrace živiny během sledování téměř nezměnila. Výrazně klesající trend byl zaznamenán u variant V50 z průměrné hodnoty  $8,41 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  na  $5,58 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  a K z průměrných  $8,31 \text{ g Ca.kg}^{-1}$  na  $5,98 \text{ g Ca.kg}^{-1}$ . Hnojiva SR a SR+S2 měly také klesající tendenci.



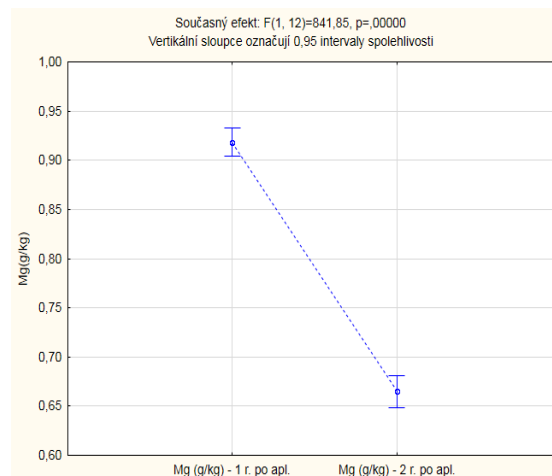
Obr. 29.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.2.11 Rudice KL – Hořčík

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 30.: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušíně jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 31.: Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku v sušíně jehličí smrku ztepilého.

Výživa hořčíkem se na kontrolní variantě pohybuje v rozmezí 0,77–0,80 g Mg.kg<sup>-1</sup> viz Obr. 30. Zjištěné hodnoty byly posouzeny podle klasifikace Bergmanna (1988). Naměřené hodnoty se pohybují kolem spodní hranice optima. Hladina významnosti je p=0,00, to znamená, že mezi zjištěnými hodnotami byly výrazné rozdíly, jak je patrné z Obr. 30, Tab. 17. Výrazný negativní vliv byl zaznamenán na variantě VD, zde byla průměrná koncentrace hořčíku 0,70 g Mg.kg<sup>-1</sup>, což je dle klasifikace Bergmana (1988) již pod hranicí optima. Mírný pozitivní vliv byl zjištěn u variant V50, SR+S2 a SA+S2, nicméně jde pouze o mírnou tendenci, která nemá statistický význam. Hnojivo SR s průměrnou koncentrací živiny 0,79 g Mg.kg<sup>-1</sup> je téměř totožné s kontrolní variantou.

Tab. 17: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství hořčíku v sušíně jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00110, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,13	0,89	0,00	0,58	0,11
SR	0,13		0,53	0,01	0,86	1,00
SR+S2	0,89	0,53		0,00	0,99	0,48
VD	0,00	0,01	0,00		0,00	0,01
SA+S2	0,58	0,86	0,99	0,00		0,82
K	0,11	1,00	0,48	0,01	0,82	

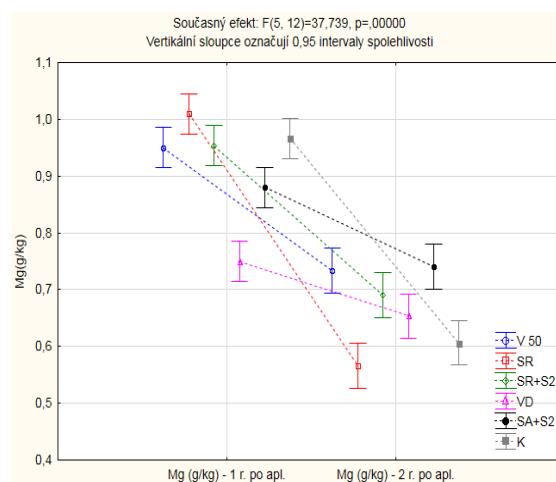


## Celkový vliv faktoru čas

Hladina významnosti  $p=0,00$  svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. V prvním roce od aplikace byla průměrná koncentrace živiny  $0,92 \text{ g Mg.kg}^{-1}$ , poté došlo k výraznému poklesu z hlediska celkové výživy hořčíkem (viz Obr. 31.) na hodnotu  $0,67 \text{ g Mg.kg}^{-1}$ . Hodnota, na kterou klesla průměrná koncentrace živiny, se již nachází pod spodní hranicí optima.

## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

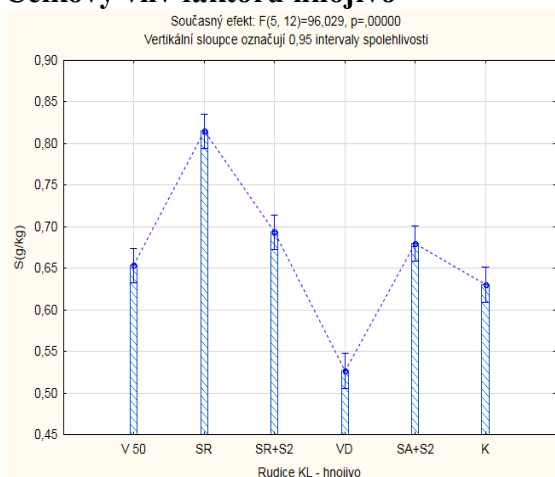
Dynamika působení hnojiv se na jednotlivých variantách podstatně lišila, to je vyjádřeno tím, že interakce faktoru hnojivo a čas dosáhla statistického významu při  $p=0,00$ . Jak můžeme vidět, na Obr. 32. mírně klesající trend byl zaznamenán jen u varianty VD, a to z průměrné koncentrace  $0,75 \text{ g Mg.kg}^{-1}$  na  $0,65 \text{ g Mg.kg}^{-1}$ . U ostatních hnojiv byl pozorován výrazně klesající trend, včetně kontrolní varianty.



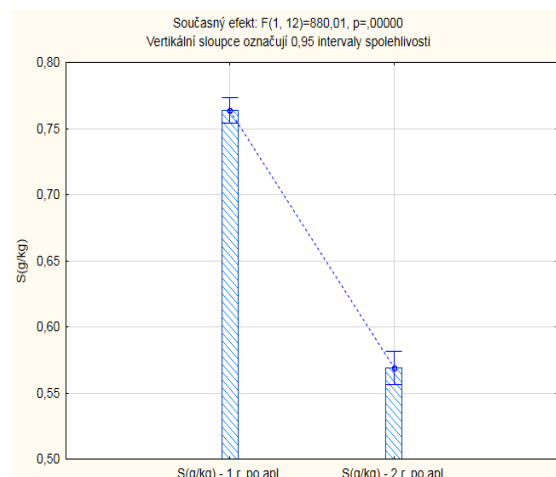
Obr. 32.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.2.12 Rudice KL – Síra

### Celkový vliv faktoru hnojivo



Obr. 33.: Celkový vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 34.: Celkový vliv faktoru čas na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého.

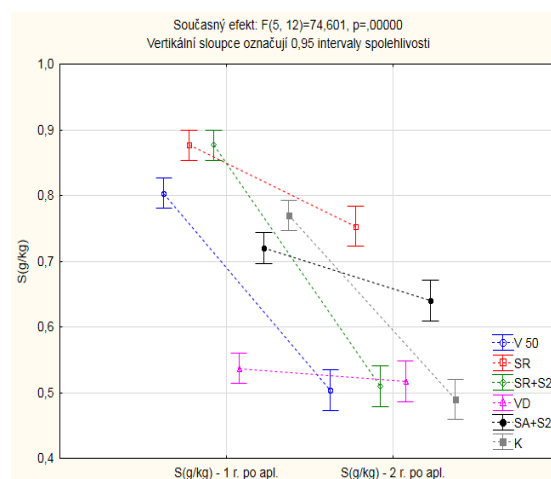
Během sledování se výživa sírou pohybovala v rozmezí 0,62–0,64 g S.kg<sup>-1</sup>, což odpovídá optimálnímu stavu. Vliv aplikovaných hnojiv byl v tomto období statisticky vysoce významný, a to při p=0,00, jak je patrné z Obr. 33, Tab. 18. Nevyšší pozitivní vliv byl zaznamenán na variantě SR s průměrnou koncentrací 0,82 g S.kg<sup>-1</sup>. Negativní vliv byl zjištěn u varianty VD průměrně 0,53 g S.kg<sup>-1</sup>, zde byl rozdíl proti kontrole výrazně statisticky významný. Pozitivní vliv byl dále zaznamenán u hnojiv SR+S2 a SA+S2, tato tendence byla také statisticky významná. Bez výrazných statistických rozdílů zůstala varianta V50, která se průměrnou koncentrací živiny blíží ke kontrolní variantě.

Tab. 18: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství síry v sušině jehličí smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; proměnná ZP_1 (jehl.-stat-Rudice-20142015)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = ,00055, sv = 12,000						
Rudice KL - hnojivo	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
V 50		0,00	0,10	0,00	0,41	0,54
SR	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
SR+S2	0,10	0,00		0,00	0,91	0,01
VD	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
SA+S2	0,41	0,00	0,91	0,00		0,03
K	0,54	0,00	0,01	0,00	0,03	

### Celkový vliv faktoru čas

Vliv faktoru čas byl v průběhu šetření statisticky vysoce významný, a to při p=0,00. Takto nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Jak je tedy z Obr. 34. dobře patrné, ve druhém roce od aplikace byl zaznamenán z hlediska celkové výživy fosforem výrazný pokles. Z průměrných 0,76 g S.kg<sup>-1</sup> v prvním roce od aplikace tedy došlo k poklesu na průměrnou hodnotu 0,57 g S.kg<sup>-1</sup> ve druhém roce od aplikace, i přes to se výživa sírou pohybuje v optimálním rozmezí.



Obr. 35.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

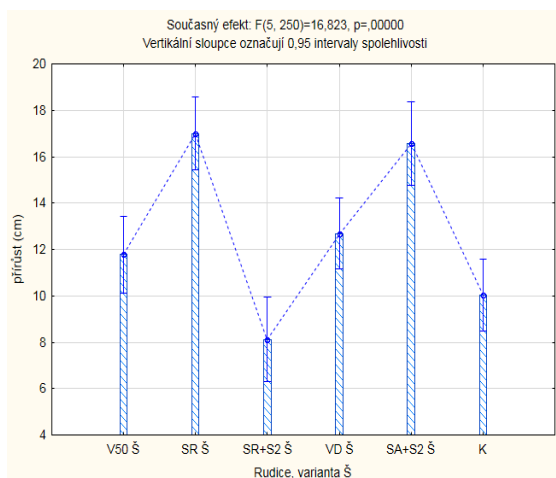
## Vliv interakce faktoru hnojivo a čas

Interakce faktoru hnojivo a čas dosáhly statistického významu při  $p=0,00$ . To znamená, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se výrazně lišila. Na grafu Obr. 35. je vidět klesající trend u všech sledovaných variant. U varianty VD není pokles tak výrazný z  $0,54 \text{ g S.kg}^{-1}$  na  $0,52 \text{ g S.kg}^{-1}$ .

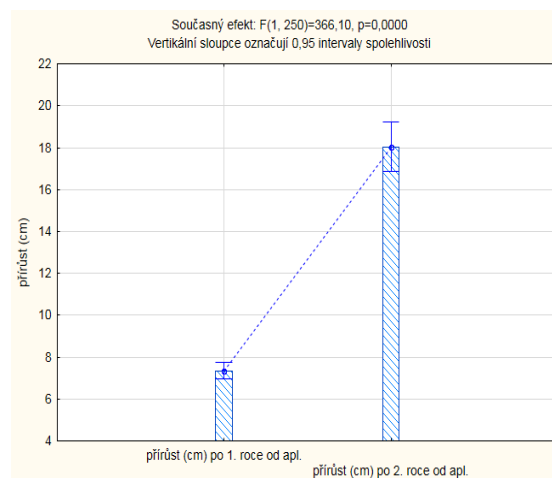
## 4.3 Vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůsty

### 4.3.1 Rudice Š – přírůsty

#### Vliv hnojiv na výškový přírůst



Obr. 36.: Vliv hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 37.: Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst smrku ztepilého.

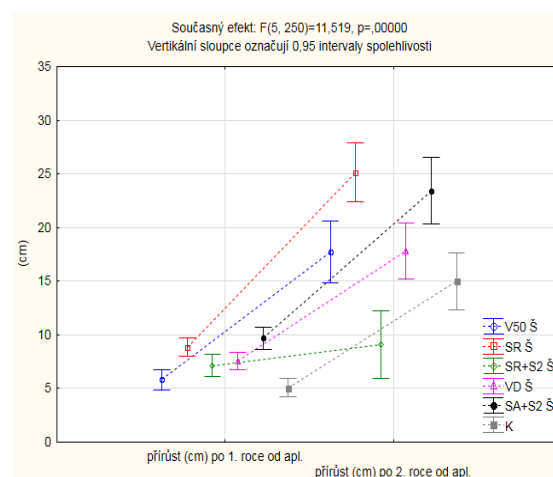
Průměrný přírůst kontrolní varianty za sledované období je 10 cm. Nejvyšší naměřená hodnota výškového přírůstu byla zaznamenána u varianty SR Š, průměrně 17 cm, tato varianta byla také výrazně statisticky významná, jak je patrné z Obr. 36. a Tab. 19. Další výrazný pozitivní vliv byl zjištěn u hnojiva SA+S2 Š s hodnotou 16,6 cm. Vyšší průměrné hodnoty přírůstů byly zaznamenány i u variant VD Š a V50, nicméně se jednalo pouze o mírnou tendenci bez statistického významu. Mírný pokles byl zaznamenán u hnojiva SR+S2 Š.

Tab. 19: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = 58,941, sv = 250,00						
Rudice, varianta Š	V50 Š	SR Š	SR+S2 Š	VD Š	SA+S2 Š	K
V50 Š		0,00	0,04	0,97	0,00	0,65
SR Š	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00
SR+S2 Š	0,04	0,00		0,00	0,00	0,61
VD Š	0,97	0,00	0,00		0,02	0,15
SA+S2 Š	0,00	1,00	0,00	0,02		0,00
K	0,65	0,00	0,61	0,15	0,00	

### Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst

Hodnota  $p=0,00$  znamená, že faktor čas byl v průběhu šetření výrazně statisticky významný. Nízká hodnota svědčí o výrazném rozdílu mezi sledovanými obdobími. Z Obr. 37. je patrné, že v prvním roce po aplikaci byla hodnota průměrného přírůstu 7,4 cm a v druhém roce stoupla na 18 cm.



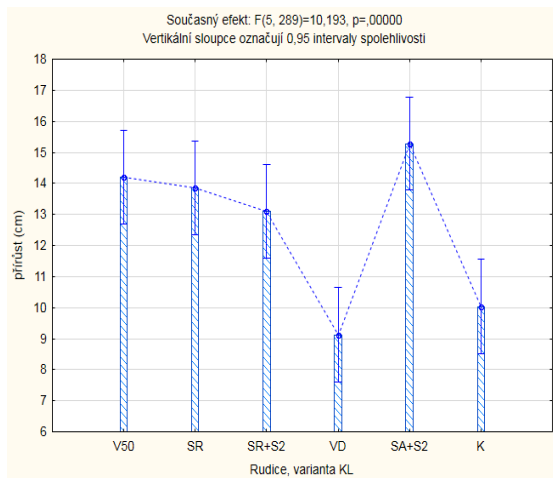
### Vliv interakce hnojivo a čas

Na Obr. 38. je vidět, že u všech variant byl zaznamenán vzestupný trend během šetřené období. Mírnější vzestup byl zjištěn jen u varianty SR+S2 Š z průměrných 7,2 cm na 9,1 cm. Z tohoto důvodu byla také prokázána odlišná dynamika na jednotlivých hnojivových variantách dle  $p=0,00$ , a to v průběhu trvání experimentu.

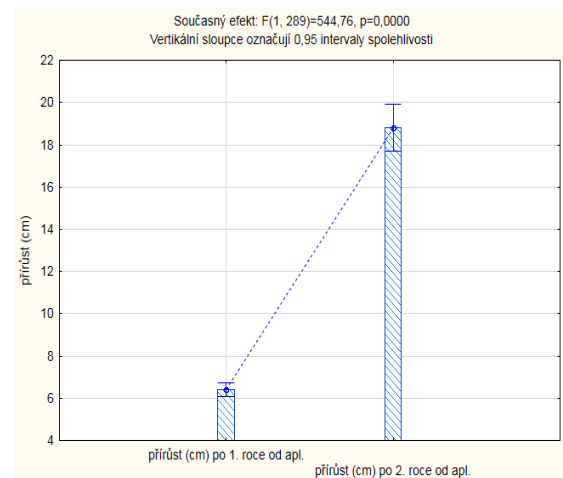
Obr. 38.: Dynamika vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

### 4.3.2 Rudice KL – přírůsty

#### Vliv hnojiv na výškový přírůst



Obr. 39.: Vliv hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 40.: Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst smrku ztepilého.

Na kontrolní variantě byla naměřena průměrná hodnota přírůstu 10 cm. Hladina významnosti  $p=0,00$  svědčí o tom, že v šetřeném období byly zaznamenány výrazné statistické rozdíly na sledovaných variantách, viz Obr. 39. a Tab. 20. Výrazný pozitivní vliv byl zaznamenán na variantě SA+S2 s hodnotou 15,3 cm. Další hnojiva, která měla ve srovnání s kontrolou významný efekt, jsou V50 (průměrný přírůst 14,2 cm) a SR (průměrný přírůst 13,9). Mírné snížení výškového přírůstu bylo zaznamenáno u varianty VD, jde však o mírnou tendenci bez statistického významu. U hnojiva SR+S2 byl zaznamenán naopak mírný pozitivní vliv ve srovnání s kontrolní variantou.

Tab. 20: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

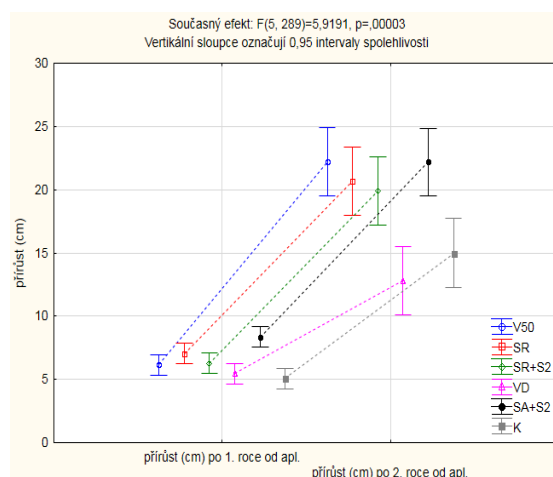
Tukeyův HSD test; Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = 58,249, sv = 289,00						
Rudice, varianta KL	V50	SR	SR+S2	VD	SA+S2	K
V50		1,00	0,91	0,00	0,92	0,00
SR	1,00		0,98	0,00	0,78	0,01
SR+S2	0,91	0,98		0,00	0,33	0,06
VD	0,00	0,00	0,00		0,00	0,96
SA+S2	0,92	0,78	0,33	0,00		0,00
K	0,00	0,01	0,06	0,96	0,00	

## Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst

Z Obr. 40. je patrné, že se sledovaný parametr během šetření zvýšil. Hodnota  $p=0,00$  značí výrazné statistické rozdíly v naměřených hodnotách. V prvním roce od aplikace byl přírůst průměrně 6,4 cm a ve druhém roce stoupl na 18,8 cm.

### Vliv interakce hnojivo a čas

U všech variant došlo ke zvýšení přírůstu během šetřeného období (viz Obr. 41.). Mírnější tendence byla zaznamenána u varianty VD z průměrné hodnoty 5,5 cm na 12,8 cm. Z tohoto důvodu také testované statistiky dle  $p<0,05$  prokázaly, že dynamika sledovaného parametru v průběhu experimentu byla u jednotlivých variant odlišná.

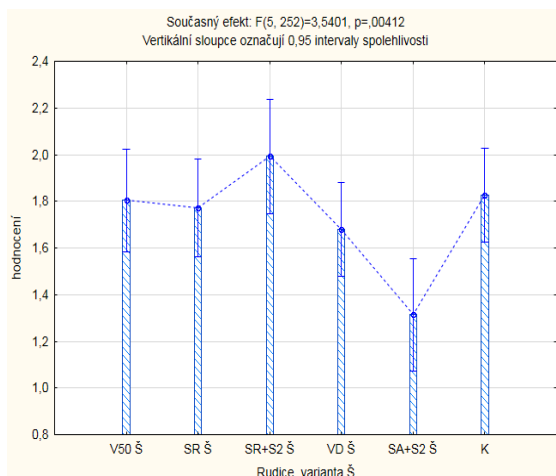


Obr. 41.: Dynamika vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

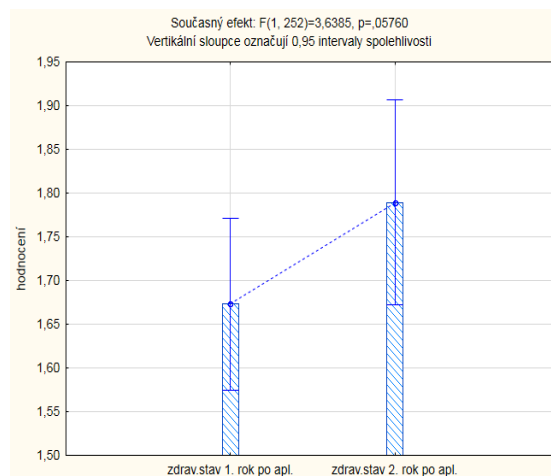
## 4.4 Vyhodnocení zdravotního stavu

### 4.4.1 Rudice Š – zdravotní stav

#### Hodnocení zdravotního stavu



Obr. 42.: Vliv hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 43.: Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav smrku ztepilého.

Hladina významnosti je  $p=0,00$ , takto nízká hodnota vyjadřuje významné statistické rozdíly mezi sledovanými hnojivy (viz Obr. 42. Tab. 21). Zdravotní stav na kontrolní variantě se pohyboval v rozmezí 1–2, přičemž jednička odpovídá stromku vitálnímu bez poškození a dvojka znamená stromek mírně poškozený a deformovaný s mírně sníženou vitalitou. Výrazně statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u varianty SA+S2 Š, zde bylo nejvíce stromků vitálních bez poškození. Stromky s nejhorším zdravotním stavem byly u varianty SR+S2 Š, kde byla většina hodnocena 2, nicméně oproti kontrolní variantě tato tendence nemá statistický význam.

Tab. 21: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,0471, sv = 252,00						
Rudice, varianta Š	V50 Š	SR Š	SR+S2 Š	VD Š	SA+S2 Š	K
V50 Š		1,00	0,87	0,96	0,04	1,00
SR Š	1,00		0,75	0,99	0,05	1,00
SR+S2 Š	0,87	0,75		0,38	0,00	0,90
VD Š	0,96	0,99	0,38		0,20	0,92
SA+S2 Š	0,04	0,05	0,00	0,20		0,02
K	1,00	1,00	0,90	0,92	0,02	

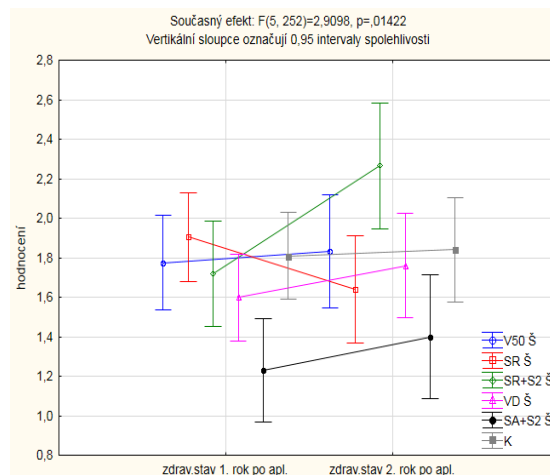
### Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav

Na Obr. 43. je vidět mírný pokles zdravotního stavu během šetřeného období, ale vysoká hodnota  $p=0,05$  značí pouze mírnou tendenci bez výrazného statistického významu.

### Vliv interakce hnojivo a čas

V průběhu šetření bylo zaznamenáno výraznější zhoršení zdravotního stavu u hnojiva SR+S2 Š z průměrné hodnoty 1,7 na 2,3 (viz Obr. 44.). Pozitivní vliv

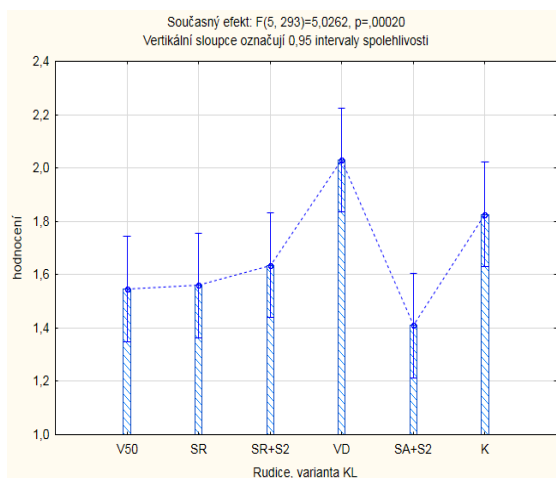
byl naopak zjištěn u varianty SR Š, kde z průměrné hodnoty 1,9 došlo ke zlepšení zdravotního stavu na průměrnou hodnotu 1,6. Hladina významnosti  $p=0,01$  svědčí o tom, že interakce faktorů hnojivo a čas byla významná.



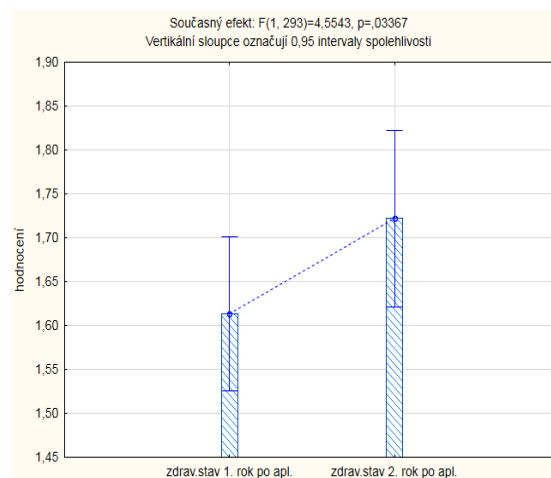
Obr. 44.: Dynamika vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.4.2 Rudice KL – zdravotní stav

### Hodnocení zdravotního stavu



Obr. 45.: Vliv hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého za období 1. a 2. rok po aplikaci.



Obr. 46.: Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav smrku ztepilého.

Zdravotní stav na kontrolní variantě se blíží hodnotě 2, to znamená, že stromky na této variantě mají mírně sníženou vitalitu, jsou mírně poškozené a deformované. Během šetřeného období byly zaznamenány výrazné statistické rozdíly na jednotlivých variantách dle  $p=0,00$  (viz. Obr. 45. a Tab. 22). Pozitivní vliv byl zaznamenán u varianty SA+S2 (průměrná hodnota 1,4), tato tendence byla i výrazně statisticky významná. Mírné zhoršení zdravotního stavu bylo zjištěno u varianty VD, ovšem bez statistického významu. Hodnota vitality na ostatních variantách se pohybovala v rozmezí kontrolní varianty, to znamená bez statistického významu.

Tab. 22: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého po jednom roce od aplikace. Statisticky významně odlišné hodnoty jsou znázorněny červeně.

Tukeyův HSD test; Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,99325, sv = 293,00						
Rudice, varianta KL	V50	SR	SR+S2	VD	SA+S2	K
V50		1,00	0,99	0,01	0,93	0,36
SR	1,00		0,99	0,01	0,90	0,41
SR+S2	0,99	0,99		0,06	0,60	0,76
VD	0,01	0,01	0,06		0,00	0,69
SA+S2	0,93	0,90	0,60	0,00		0,04
K	0,36	0,41	0,76	0,69	0,04	

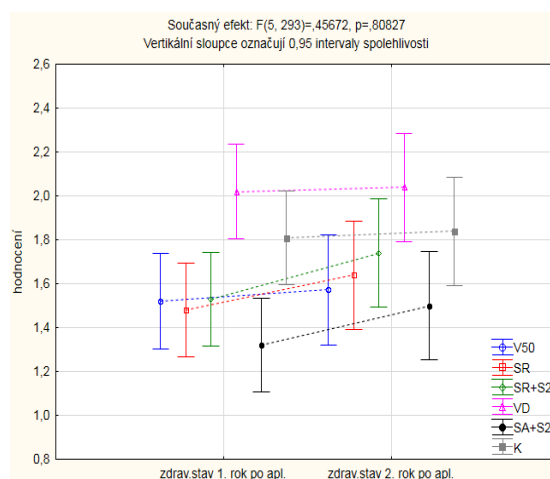


## Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav

V průběhu šetření došlo ke zhoršení zdravotního stavu (viz Obr. 46.). Hladina významnosti  $p=0,03$  znamená, že rozdíly ve zdravotním stavu během šetřené období nebyly tak výrazné. V prvním roce od aplikace z průměrné hodnoty 1,6 na 1,7 ve druhém roce od aplikace.

## Vliv interakce hnojivo a čas

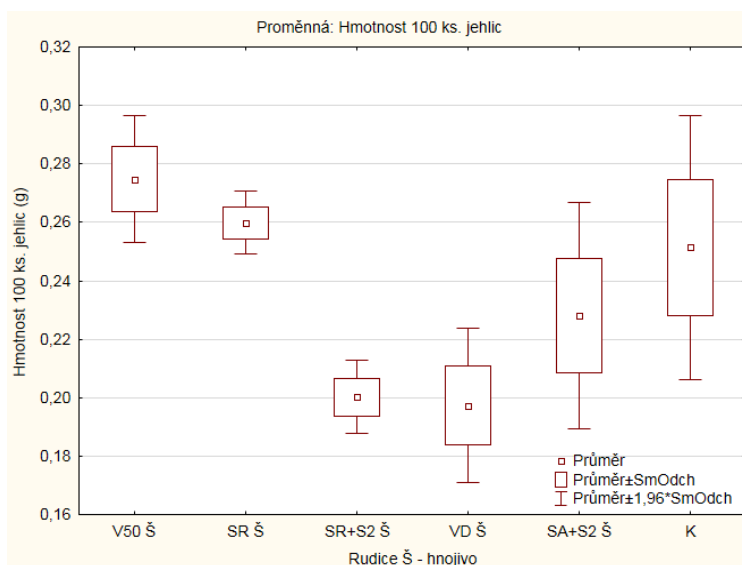
Jak je z Obr. 47. patrné vliv interakce hnojivo a čas je bez statistického významu při  $p=0,80$ .



Obr. 47.: Dynamika vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

## 4.5 Vyhodnocení vlivu hnojiv na hmotnost biomasy

### 4.5.1 Rudice Š – hnojivo



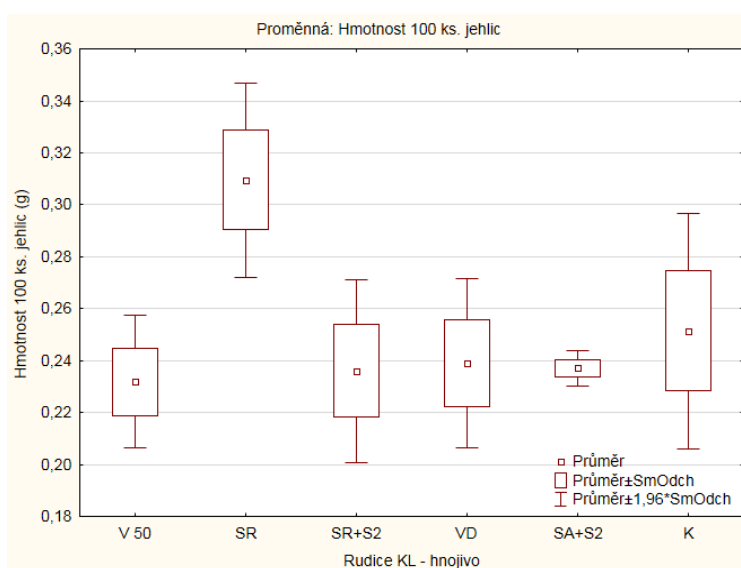
Obr. 48.: Výstup Kruskal-Wallisovy anovy vliv hnojiv na hmotnost biomasy.

Na kontrolní variantě byla zjištěna průměrná hmotnost 100 ks jehlic 0,25 g. Hladina významnosti  $p=0,01$ , to znamená, že rozdíly naměřených hodnot jsou statisticky významné. Pokles hmotnosti byl zaznamenán, u varianty VD Š na průměrných 0,19 g, podobně na tom byla i varianta SR+S2 Š. Mírná klesající tendence byla zjištěna i u varianty SA+S2 Š s 0,23 g jde ale o rozdíl bez statistického významu. Naopak větší hmotnost, oproti kontrole byla naměřena u hnojiv V50 Š (průměrně 0,27 g) a SR Š (průměrně 0,26 g).

Tab. 23: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, znázornění vlivu hnojiv na hmotnost biomasy.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; Hmotnost 100 ks. jehlic						
Nezávislá (grupovací) proměnná : Rudice Š - hnojivo						
Kruskal-Wallisův test: H ( 5, N= 18) =14,26316 p =,0140						
Rudice Š - hnojivo	V50 Š	SR Š	SR+S2 Š	VD Š	SA+S2 Š	K
V50 Š		0,69	2,91	2,91	1,84	1,07
SR Š	0,69		2,22	2,22	1,15	0,38
SR+S2 Š	2,91	2,22		0,00	1,07	1,84
VD Š	2,91	2,22	0,00		1,07	1,84
SA+S2 Š	1,84	1,15	1,07	1,07		0,76
K	1,07	0,38	1,84	1,84	0,76	

#### 4.5.2 Rudice KL – hnojivo



Obr. 49.: Výstup Kruskal-Wallisovy anovy vliv hnojiv na hmotnost biomasy.

Na kontrolní variantě byla naměřena hodnota 0,25 g/100 ks jehlic. Hladina významnosti je  $p=0,16$ , takto vysoká hodnota značí, že rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou bez výrazného statistického významu. Na Obr. 47. je patrná mírná stoupající tendence u varianty SR s průměrnou hodnotou 0,31 g. Ostatní sledované varianty se pohybují v rozmezí kontrolní varianty.

Tab. 24: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, znázornění vlivu hnojiv na hmotnost biomasy.

Vícenásobné porovnání z' hodnot; Hmotnost 100 ks. jehlic						
Nezávislá (grupovací) proměnná : Rudice KL - hnojivo						
Kruskal-Wallisův test: H ( 5, N= 18) =7,923977 p =,1605						
Rudice KL - hnojivo	V 50	SR	SR+S2	VD	SA+S2	K
V 50		2,37	0,23	0,15	0,31	0,84
SR	2,37		2,14	2,22	2,06	1,53
SR+S2	0,23	2,14		0,08	0,08	0,61
VD	0,15	2,22	0,08		0,15	0,69
SA+S2	0,31	2,06	0,08	0,15		0,54
K	0,84	1,53	0,61	0,69	0,54	

## 5. Diskuze

Z výsledků zjištěných během šetřeného období na výzkumné ploše jsou patrné výrazné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Každá varianta je rozdělena na dvě části, jedna z nich byla nahnojena ve školce dále označovaná jako (Š) a druhá byla hnojena až na výzkumné ploše (KL). Výsledky se zjišťovaly v 1. a 2. roce od aplikace vždy na konci vegetačního období.

Jako první se zaměříme na hnojivový přípravek **Vermaktiv**, který byl z hlediska výživy hodnocen jako efektivní. Lepší výsledky byly zjištěny na variantě KL, u které byla nejvyšší koncentrace dusíku v jehličí, a byl zde pozorován výrazný pozitivní vliv ve srovnání s kontrolní variantou. Koncentrace fosforu byla také vyšší po aplikaci tohoto přípravku. Výživa draslíkem mírně poklesla a množství vápníku se pohybovalo v rozmezí kontrolní varianty. Došlo zde k významnému navýšení hořčíku. Obsah síry zůstal bez výrazných rozdílů a blíží se kontrole. Na této variantě byl zároveň zaznamenán vyšší výškový přírůst. Ošetření typu Š již nebylo tak příznivé, byl zde zjištěn také pozitivní vliv na výživu dusíkem, avšak jeho koncentrace v porovnání s variantou Kl byla nižší. U subvarianty Š byl též zaznamenán mírný pokles ve výživě fosforem, který se během sledování ustálil na dostatečné hodnotě. K mírnému poklesu hodnot došlo i u výživy draslíkem a vápníkem. Výživa hořčíkem se u tohoto hnojiva pohybovala v rozmezí kontrolní varianty. U výživy sírou došlo k výraznému poklesu v porovnání s kontrolou. Z hlediska zajištění výživy lze přípravek Vermaktiv doporučit. Nevýhodou je nedostatek experimentů, které by se zabývaly aplikací tohoto přípravku, a proto nemůžeme porovnávat zjištěné výsledky s ostatními výzkumy. Zmíněný nedostatek materiálů je způsoben tím, že aplikovaný přípravek je poměrně nový.

Dalším sledovaným hnojivem byl **Silvamix<sup>®</sup>R30**. U subvarianty Š byla zjištěna nejvyšší koncentrace dusíku a fosforu ve srovnání s ostatními variantami nahnojenými ve školce, během sledování však došlo k mírnému poklesu obou živin. Negativní vliv byl zaznamenán na množství draslíku a hořčíku. Vavříček et al. (2011) ve své práci potvrzuje, že na variantách ošetřených hnojivem Silvamix<sup>®</sup>R byla pozorována nižší úroveň výživy hořčíkem než na kontrole. Pozitivní vliv tohoto hnojiva můžeme sledovat u množství vápníku a síry. Naproti tomu varianta KL neměla na výživu dusíkem a vápníkem výrazný vliv, hodnoty se pohybovaly v rozmezí kontrolní varianty. Toto hnojivo mělo mírný pozitivní vliv na obsah fosforu a draslíku v jehličí. Obsah hořčíku byl u této varianty podobný jako u kontroly.

Výrazný pozitivní vliv hnojiva byl zaznamenán ve výživě sírou, kde byly naměřeny nejvyšší hodnoty ze všech sledovaných variant. U obou variant bylo zaznamenáno statisticky významné zvýšení výškového přírůstu ve srovnání s kontrolní variantou.

Přípravek **Silvamic<sup>®</sup>R30S** je na dané lokalitě nejlépe komplexně působícím hnojivem. Na variantě KL bylo zjištěno průkazné navýšení ve výživě fosforem a draslíkem. Pozitivní vliv byl zaznamenán i při zjišťování obsahu vápníku, síry a problematického hořčíku. Ve výživě dusíkem nedocházelo k navyšování jeho koncentrace, což bylo vyhovující, další navýšení této živiny na šetřené lokalitě by bylo nežádoucí. Dále na této variantě došlo ke zvýšení výškového přírůstu v kontrastu s kontrolou. Na subvariantě Š došlo během sledovaného období ke snížení koncentrace dusíku a draslíku, během sledování se jejich koncentrace dále snižovala. Mírné zvýšení koncentrace bylo zaznamenáno u fosforu. Další výrazný pokles byl zjištěn ve výživě vápníkem. Výživa hořčíkem a sírou se pohybovala v rozmezí kontrolní varianty.

Aplikace **Vápnitého dolomitu** zde nesplnila své očekávání. Po aplikaci Vápnitého dolomitu KL byl zaznamenán mírný negativní vliv na výživu dusíkem. Obsah fosforu se pohyboval v rozmezí kontrolní varianty. Dále došlo ke snížení koncentrace draslíku, vápníku a síry. Množství hořčíku dokonce kleslo pod spodní hranici optima. Výškový přírůst na variantě KL není významný. U subvarianty Š byl zaznamenán výrazný pokles výživy dusíkem, draslíkem a hořčíkem. Koncentrace fosforu se zvýšila a během sledovaného období byl dále pozorován rostoucí trend této živiny. Množství vápníku ve srovnání s kontrolou pokleslo jen mírně, naopak v průběhu sledování došlo k zvýšení jeho množství v jehličí. Výrazný pozitivní vliv měla tato varianta na množství síry. Samek et al. (2011) při kontrolách účinnosti vápnění v lesích také zjistil, že po aplikaci vápnitého dolomitu dochází k přetrvávajícímu zvýšení obsahu vápníku.

Přípravek **Agluform<sup>®</sup>90S** se na šetřené lokalitě ukazuje jako vhodný prostředek ke zvýšení problematického hořčíku, jehož obsahy navyšuje k hranici spodního optima. U varianty KL byl naměřen podobný obsah dusíku a vápníku jako u kontrolní varianty. Ve výživě fosforem a draslíkem byl zaznamenán mírný pozitivní vliv. Při vyhodnocení bylo zjištěno výrazné zvýšení obsahu síry po aplikaci tohoto hnojivového přípravku. Na variantě, která byla hnojena ve školce, byl zaznamenán mírný pokles koncentrace dusíku a vápníku. U fosforu byl naopak zjištěn mírný pozitivní vliv tohoto hnojiva. Množství draslíku výrazně pokleslo a během šetřeného období dále klesalo. Tato varianta měla mírný pozitivní vliv na zvýšení množství hořčíku. Množství síry se

pohybovalo v rozmezí kontrolní varianty. Vyšší výškový přírůst byl zaznamenán na obou variantách ve srovnání s kontrolou.

Přírůsty na jednotlivých hnojivových variantách se vzájemně lišily. Porovnáním naměřených výsledků u variant hnojených na ploše (KL) byl zjištěn nejvyšší přírůst po aplikaci hnojiva Agluform<sup>®</sup>90S, o něco nižší u přípravků Vermaktiv a Silvamix<sup>®</sup>R30. Po aplikaci Vápnitého dolomitu došlo ke snížení přírůstu ve srovnání s kontrolní variantou. Hnojivo Silvamix<sup>®</sup>R30S mělo pozitivní vliv na přírůst oproti kontrole. Nejvyšší přírůsty variant hnojených ve školce (Š) byly naměřeny u přípravků Silvamix<sup>®</sup>R30 a Agluform<sup>®</sup>90S. Mírný pozitivní vliv v porovnání s kontrolní variantou byl zaznamenán u Vápnitého dolomitu a u hnojivového přípravku Vermaktiv. Nižší přírůst byl zjištěn po aplikaci přípravku Silvamix<sup>®</sup>R30S. Vavříček et al. (2011) také uvádí, že největší výškový přírůst byl zaznamenán na variantách ošetřených hnojivem Silvamix<sup>®</sup>R. Kuneš et al. (2008) potvrzuje, že výsadby v rámci varianty Silvamix<sup>®</sup> na přihnojení reagovaly hned během první vegetační sezóny po aplikaci hnojivového přípravku.

Dále byly vyhodnocovány poměry mezi jednotlivými prvky ve výživě podle Hüttla (1990) Tab. 3. Z výsledků zjištěných na variantách (Š) je dobře patrný nepoměr množství vápníku a draslíku na šetřené lokalitě, kdy na velké množství vápníku je zde málo draslíku. Mezi sírou a vápníkem je také nepoměr, je zde malé množství síry. Síry je málo i v poměru s hořčíkem. Ostatní prvky výživy byly ve vyhovujícím stavu. Tyto popsané trendy byly zjištěny u všech aplikovaných přípravků. Poměry prvků ve výživě u části, která byla hnojena na výzkumné ploše (KL), jsou velmi podobné jako u části, která byla hnojena ve školce (Š). U variant (KL) bylo opět zjištěno, že je zde nedostatek draslíku v poměru draslíku s vápníkem. Poměr vápníku a síry je také nevyhovující, je zde nedostatek síry. Málo síry je i v poměru s hořčíkem. Po vyhodnocení bylo zjištěno, že na šetřené lokalitě je potřeba navýšit množství draslíku a síry. K mírnému zlepšení poměru mezi draslíkem a vápníkem proti kontrole došlo u variant hnojených ve školce (Š) po aplikaci přípravků Vermaktiv, Silvamix<sup>®</sup>R30S a Vápnitého dolomitu. Na variantách hnojených až na šetřené ploše (KL) byl pozorován pozitivní vliv na množství draslíku po aplikaci přípravků Silvamix<sup>®</sup>R30 a Silvamix<sup>®</sup>R30S. I přes mírné navýšení je na lokalitě draslíku nedostatek, který si můžeme vysvětlit především tím, že je porovnáván v poměru s vápníkem, kterého je na šetřené lokalitě dostatek. Podloží lokality je tvořeno vápencem, proto je zde velké množství vápníku, který je antagonistický vzhledem k draslíku a vytěsňuje ho z povrchu koloidů a tento vztah se

přenáší do výživy jako nedostatečný příjem draslíku. Bazické podklady jako vápence jsou typické nedostatkem draslíku, to je způsobené nedostatečným zastoupením silikátové složky ve zvětrávající hornině. Nedostatek síry je opět v poměru s vápníkem, kterého je na šetřené lokalitě luxusní množství.

Tab. 25: Výsledné hodnoty poměrů mezi prvky pro varianty Rudice Š - hnojivo (červené poměry nesplňující požadavky)

Rudice Š - hnojivo						
Poměr prvků	V50 Š	SR Š	SR+S2 Š	VD Š	SA +S2 Š	K
N/Ca	3,14	2,76	3,25	2,95	2,88	2,80
N/Mg	26,96	29,32	22,84	28,79	23,37	25,82
K/Ca	0,77	0,66	0,88	0,75	0,70	0,73
K/Mg	6,57	7,04	6,20	7,30	5,70	6,72
S/Ca	0,04	0,08	0,09	0,10	0,06	0,07
S/Mg	0,37	0,81	0,65	1,00	0,51	0,62
S/N	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02

Tab. 26: Výsledné hodnoty poměrů mezi prvky pro varianty Rudice KL - hnojivo (červené poměry nesplňující požadavky)

Rudice KL - hnojivo						
Poměr prvků	V50	SR	SR+S2	VD	SA +S2	K
N/Ca	3,09	3,10	2,79	2,88	2,85	2,84
N/Mg	25,71	26,33	25,12	26,29	24,94	25,70
K/Ca	0,74	0,82	0,88	0,76	0,79	0,74
K/Mg	6,13	6,97	7,91	6,97	6,91	6,71
S/Ca	0,09	0,12	0,09	0,08	0,10	0,09
S/Mg	0,77	1,04	0,84	0,76	0,84	0,80
S/N	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03

### Závěrečné vyhodnocení vlivu hnojiv

Hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup> mají vysoký obsah základních živin – dusíku, fosforu, draslíku a hořčíku, tyto živiny jsou v pomalu rozpustných formách. Výhodou je jejich snadná aplikace ve formě drti bez většího rizika poškození mladých dřevin. Malá rozpustnost živin zabraňuje také jejich nadměrnému vyplavování do půdy a povrchových vod. Současně umožňuje optimální využití živin rostlinami po celou dobu vegetace (Salaš et al. 2000). Hlavní a rozhodující přednost hnojiva Silvamix<sup>®</sup> je především v jeho nesrovnatelně jednodušší a levnější dopravě a aplikaci (Kuneš et al. 2008). Hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup> ve srovnání s podobnými výrobky se projevila takřka vždy jako nejvýhodnější, navíc s možností variabilní formulace obsahu účinných živin, makro- i mikroelementů. U hnojiva Cererit, které bylo porovnáváno se Silvamixem byl zaznamenán nepříznivý vliv na dynamiku dusíku (Podrázský, Slabejová 2012).

## 6. Závěr

Cílem této práce bylo vyhodnotit efekt bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků na růst a vývoj smrkových kultur na šetřené lokalitě, která se nacházela nedaleko obce Rudice u Blanska. Výzkumná plocha byla rozdělena na několik dílčích částí, na kterých byla aplikována hnojiva řady Silvamix<sup>®</sup>. Jednalo se o přípravky Silvamix<sup>®</sup>R30, Silvamix<sup>®</sup>R30S a Agluform<sup>®</sup>90S. Na dalších částech šetřené lokality byl aplikován Vápnitý dolomit a kapalný organominerální stimulační přípravek Vermaktiv. Každý z aplikovaných přípravků byl rozdělen na dvě varianty, jedna byla nahnojena již ve školce a druhá byla hnojena až na šetřené lokalitě. Byla zde umístěna i kontrolní varianta sloužící k porovnávání zjištěných hodnot. Jmenované varianty aplikovaných přípravků byly v této práci dále vyhodnocovány z hlediska vlivu na množství jednotlivých prvků ve výživě smrku ztepilého. Dalšími sledovanými parametry byly výškový přírůst, zdravotní stav a vliv na hmotnost biomasy.

Vliv přípravků na výživu na této lokalitě byl v řadě případů statisticky významný. Zde lze doporučit zejména hnojivo Silvamix<sup>®</sup>R30S, které stimuluje příjem fosforu, draslíku, vápníku a zejména na této lokalitě deficitního hořčíku. Nedostatek tohoto prvku významně stimuluje i použití přípravků Agluform<sup>®</sup>90S a Vermaktiv. Poslední z jmenovaných přípravků stimuluje příjem i u dusíku a fosforu. Aplikace vápnitého dolomitu se zde neosvědčila.

Z hlediska hodnocení zdravotního stavu sazenic bylo zaznamenáno výrazné zlepšení po aplikaci přípravku Agluform<sup>®</sup>90S, a to u obou hodnocených variant. Naopak ke zhoršení zdravotního stavu došlo po aplikaci Vápnitého dolomitu, který byl aplikován až na výzkumné ploše. Největší výškový přírůst v porovnání s kontrolní variantou byl naměřen na variantách Agluform<sup>®</sup>90S a Silvamix<sup>®</sup>R30. Pozitivní vliv byl zjištěn i u přípravku Vermaktiv.

Celkově bych experiment považoval za zdařilý. Po celkovém vyhodnocení aplikovaných přípravků bylo zjištěno, že nejlepších výsledků na dané lokalitě bylo dosaženo aplikací hnojiva Agluform<sup>®</sup>90S. Efekty jednotlivých hnojiv se však mohou lišit v závislosti na ekologických podmínkách stanovišť. Pozorované parametry mohou být ovlivňovány i dalšími faktory, například klimatem. V praxi se tento druh hnojení ukazuje jako přínosný v oblastech ohrožených imisemi, nebo jiným způsobem poškozených.

## Summary

The aim of this study was to evaluate the effect of point application of fertilizer and organo stimulus for plant growth and development of spruce cultures on the surveyed area, which was located near the village Rudice Blansko. The research area was divided into several sub-parts, at which the applied fertilizers Silvamix<sup>®</sup> series. There were used the preparations as Silvamix<sup>®</sup>R30 Silvamix<sup>®</sup>R30S and Agluform<sup>®</sup>90S. On the other side of the investigation site was applied calcareous dolomite and liquid organo the stimulus Vermaktiv. Each of the products used were divided into two variants, one nahnojena was already in kindergarten and the second was fertilized until the investigation area. There were housed and control variant is used for comparing the detected values. Named variants of pesticides used in this work were further evaluated for their impact on the amount of each element in the diet of spruce. Other parameters were monitored height increment, state of health and the effect on weight biomass.

Overall, I would experiment considered successful. After an overall evaluation of pesticides was found that the best results for a given locality achieved by the application of fertilizer Agluform<sup>®</sup>90S. The effects of various fertilizers, however, may vary depending on the environmental conditions of habitats. The observed parameters may be influenced by other factors, such as climate. In practice, this type of fertilization proves to be beneficial in areas threatened by pollution, or otherwise damaged.



## Seznam použité literatury

- BERGMANN, W., 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, G. Fischer, 762s. (In German)
- BÍNA, J., DEMEK, J. 2012 *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Vyd. 1. Praha, Academia, 343 s. ISBN 978-80-200-2026-0.
- CULEK, M., 1996. *Biogeografické členění České republiky*. Praha, Enigma, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.
- DEMEK, J., 1965. *Geomorfologie Českých zemí*. Praha, Československá akademie věd, 336 s.
- FISHER, R.F., BINKLEY, D., 2000. *Ecology and management of forest soils*. 3rd ed., New York, John Wiley, 489 s. ISBN 0-471-19426-3.
- HRUŠKA, J., CIENCIALA, E., (eds.). 2005. *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. Praha, Česká geologická služba, 153 s. ISBN 80-7075-655-1.
- HÜTTL, R. F., 1990. *Nutrient supply and fertilizer experiments in view of N saturation*. Plant Soil, 128: 45–48.
- KLIMO, E., 2003. *Lesnická pedologie*. Dotisk 2. nezměn. vyd. Brno VŠZ, 259 s. ISBN 80-7157-007-9.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., BALÁŠ, M., 2008. *Porovnání účinků Silvamixu s účinky mletého amfibolitu*. Lesnická práce, 4: 257–259.
- KUNEŠ, I., ET AL., 2007. *Vliv jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v Jizerských horách*. Zpráva lesnického výzkumu, 52: 316–327.
- MATERNA, J., 1963. *Výživa a hnojení lesních porostů*. SZN, Praha, 227 s.
- MATULA, J., 1977. *Výživa rostlin*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, 182 s.
- NÁROVCOVÁ, J., JURÁSEK, A., 2007. *Vliv intenzity hnojení na růst krytokořených semenáčků buku lesního*. Zpráva z lesnického výzkumu, 4: 298–301.
- Němeček, J., ET AL., 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. uprav. vyd., ČZU Praha., 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.
- PELÍŠEK, J., 1964. *Lesnické půdoznalství*. SZN, Praha, 568 s.
- PELÍŠEK, J., 1966. *Výšková půdní pásmitost střední Evropy*. 1. vyd. Praha, Academia, 366 s.
- PODRÁZKÝ, V., SLABEJOVÁ, K., 2012. *Možnosti využití hnojení v lesním hospodářství*. Lesnická práce, 2: 17–19.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., KRATOCHVÍL, J., 1999. *Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix*. Lesnická práce, 2: 35–39.
- REMEŠ, J., VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S., 2004. *Výsledky aplikace hnojiv hnojiv SILVAMIX v lesních porostech*. Lesnická práce, 2: 25–73.

- SALAŠ, P., 1997. *Využití ekologicky šetrných tabletových hnojiv řady Silvamix v lesnictví*. Lesnická práce, 4: 146–147.
- SALAŠ, P., ŘEZNÍČEK, V., 2000. *Využití hnojiv Silvamix R v lesních školkách*. Lesnická práce, 3: 122–124.
- SAMEK, T., ET AL., 2011. *Kontrola účinnosti vápnění v lesích*. Lesnická práce, 10: 16–18.
- ŠÁLY, R., 1978. *Poda základ lesnej produkcie*. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, Bratislava., 235 s.
- TOMÁŠEK, M., 2007. *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha, Česká geologická služba, 67 s. ISBN 978-80-7075-688-1.
- ÚRADNÍČEK, L. ET AL., 2009. *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 367 s. ISBN 978-80-87154-62-5.
- VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A. 2011. *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně*. 184 s.
- VAVŘÍČEK, D., PECHÁČEK, J., BALÁŽ, G., 2011. *Vliv hnojení na výživu a růst smrku ztepilého (Picea abies /L./Karsten) na lokalitě Špičák v oblasti Krušných hor*. Zpráva z lesnického výzkumu, 2: 130–136.
- VOKOUN, J., ET AL., 2002. *Příručka pro průzkum lesních půd: Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Jan Němeček a kol.) v lesnické praxi*. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 43 s.
- ZBÍRAL, J., 1994. *Analýza rostlinného materiálu. Jednotné metodické postupy*. Brno, SKZÚZ, 170 s

# Seznam použitých zkratek

## Půdní horizonty

L	horizont opadanky
F <sub>m</sub>	mykogenní horizont drti
Hh	humusový horizont měli
Ah (Ev)	humózní lesní horizont (plavohnědý ochuzený)
Bt	luvický horizont
Btj	luvický chromický horizont

## Živiny

C	uhlík
N	dusík
P	fosfor
S	síra
K	draslík
Ca	vápník
Fe	železo
Mn	mangan
Zn	zinek
Cu	měď
Mg	hořčík
B	bor
O	kyslík
H	vodík
Mo	molybden
HCL	kyselina chlorovodíková

## Ostatní

LH	lesní hospodářství
SSV	severo-severovýchod
LČR	Lesy České republiky

## Seznam tabulek

Tab. 1: Zkratky aplikovaných hnojiv .....	23
Tab. 2: Obsah živin v asimilačních orgánech. ....	25
Tab. 3: Poměr prvků v 1. ročníku smrkového jehličí pro zajištění vyvážené výživy .....	25
Tab. 4: Hodnocení zdravotního stavu sazenic. ....	26
Tab. 5: Jednotlivé komponenty, ze kterých se skládají použítá hnojiva. ....	27
Tab. 6: Konkrétní složení růstových stimulatorů .....	27
Tab. 7: Tukeyho vícenásobné porovnání, Dusík (Š).....	31
Tab. 8: Tukeyho vícenásobné porovnání, Fosfor (Š).....	33
Tab. 9: Tukeyho vícenásobné porovnání, Draslík (Š).....	35
Tab. 10: Tukeyho vícenásobné porovnání, Vápník (Š).....	36
Tab. 11: Tukeyho vícenásobné porovnání, Hořčík (Š) .....	38
Tab. 12: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, Síra (Š) .....	40
Tab. 13: Tukeyho vícenásobné porovnání, Dusík (KL) .....	41
Tab. 14: Tukeyho vícenásobné porovnání, Fosfor (KL) .....	43
Tab. 15: Tukeyho vícenásobné porovnání, Draslík (KL).....	45
Tab. 16: Tukeyho vícenásobné porovnání, Vápník (KL).....	47
Tab. 17: Tukeyho vícenásobné porovnání, Hořčík (KL) .....	48
Tab. 18: Tukeyho vícenásobné porovnání, Síra (KL) .....	50
Tab. 19: Tukeyho vícenásobné porovnání, Výškový přírůst (Š) .....	52
Tab. 20: Tukeyho vícenásobné porovnání, Výškový přírůst (KL) .....	53
Tab. 21: Tukeyho vícenásobné porovnání, Zdravotní stav (Š).....	55
Tab. 22: Tukeyho vícenásobné porovnání, Zdravotní stav (KL).....	56
Tab. 23: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, znázornění vlivu hnojiv na hmotnost biomasy (Š) .....	58
Tab. 24: Vícenásobné porovnání jako výstup Kruskal- Wallisovy anovy, znázornění vlivu hnojiv na hmotnost biomasy (KL) .....	58
Tab. 25: Výsledné hodnoty poměrů mezi prvky pro varianty Rudice Š - hnojivo .....	62
Tab. 26: Výsledné hodnoty poměrů mezi prvky pro varianty Rudice KL - hnojivo .....	62

## Seznam obrázků

Obr. 1.: Půdní sonda .....	28
Obr. 2.: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku .....	30
Obr. 3.: Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku .....	30
Obr. 4.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku .....	31
Obr. 5.: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu.....	32
Obr. 6.: Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu .....	32
Obr. 7.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu.....	33
Obr. 8.: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku .....	34
Obr. 9.: Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku .....	34
Obr. 10.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku .....	35
Obr. 11.: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku .....	36
Obr. 12.: Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku .....	36
Obr. 13.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku .....	37
Obr. 14.: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku .....	37
Obr. 15.: Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku.....	37
Obr. 16.: Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku .....	38
Obr. 17.: Kruskal–Wallisova anova vliv hnojivových přípravků na výživu sírou .....	39
Obr. 18.: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku .....	40

Obr. 19.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku .....	40
Obr. 20.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku.....	42
Obr. 21.:	Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu.....	42
Obr. 22.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu .....	42
Obr. 23.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu.....	44
Obr. 24.:	Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku .....	44
Obr. 25.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku .....	44
Obr. 26.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku .....	45
Obr. 27.:	Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku .....	46
Obr. 28.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku .....	46
Obr. 29.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku .....	47
Obr. 30.:	Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku .....	48
Obr. 31.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku.....	48
Obr. 32.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku .....	49
Obr. 33.:	Celkový vliv hnojiv na obsah síry .....	49
Obr. 34.:	Celkový vliv faktoru čas na obsah síry.....	49
Obr. 35.:	Dynamika vlivu hnojiv na obsah síry .....	50
Obr. 36.:	Vliv hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého .....	51
Obr. 37.:	Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst smrku ztepilého.....	51
Obr. 38.:	Dynamika vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého .....	52
Obr. 39.:	Vliv hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého .....	53
Obr. 40.:	Celkový vliv faktoru čas na výškový přírůst smrku ztepilého.....	53
Obr. 41.:	Dynamika vlivu hnojiv na výškový přírůst smrku ztepilého .....	54
Obr. 42.:	Vliv hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého .....	54
Obr. 43.:	Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav smrku ztepilého.....	54
Obr. 44.:	Dynamika vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého .....	55
Obr. 45.:	Vliv hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého .....	56
Obr. 46.:	Celkový vliv faktoru čas na zdravotní stav smrku ztepilého.....	56
Obr. 47.:	Dynamika vlivu hnojiv na zdravotní stav smrku ztepilého .....	57
Obr. 48.:	Výstup Kruskal-Wallisovy anovy vliv hnojiv na hmotnost biomasy.....	58
Obr. 49.:	Výstup Kruskal-Wallisovy anovy vliv hnojiv na hmotnost biomasy .....	59

## **Přílohy**

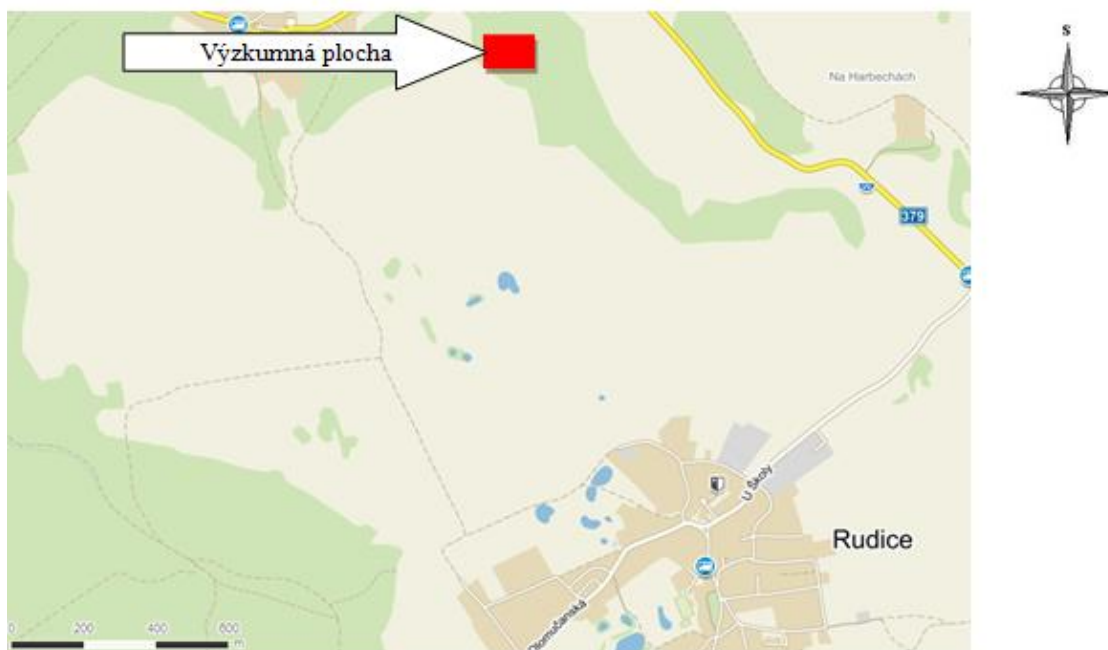
### **Seznam použitých příloh**

Obr. 1.: Přehledová mapa umístění výzkumné plochy

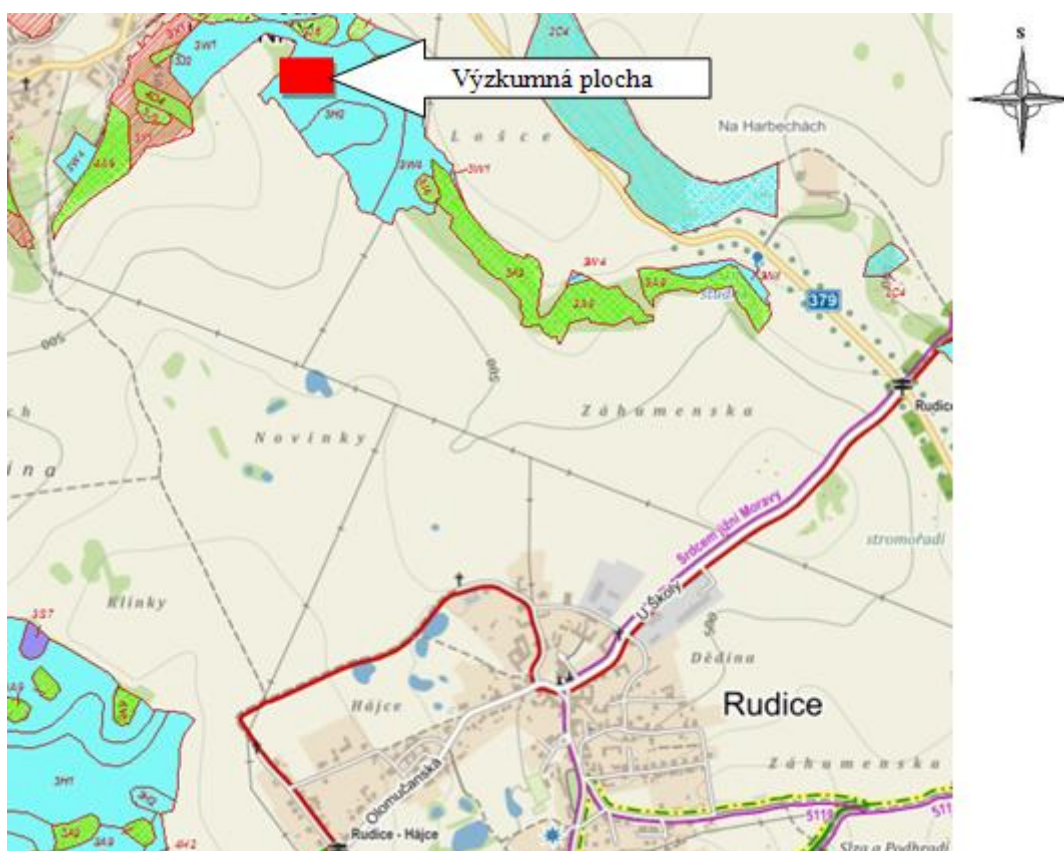
Obr. 2.: Podrobná mapa (PLO 30, CHS 35, SLT 3W1)

Obr. 3.: Výzkumná plocha, okolí v místě výkopu půdní sondy.

Obr. 4.: Pohled na výzkumnou plochu.



Obr. 1.: Přehledová mapa umístění výzkumné plochy



Obr. 2.: Podrobná mapa (M 1:18000) (PLO 30, CHS 35, SLT 3W – vápencový dubo-bukový)





Obr. 3.: Výzkumná plocha, okolí v místě výkopu půdní sondy.



Obr. 4.: Pohled na výzkumnou plochu.