

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

**Možnosti využití bodové aplikace hnojivových
a organominerálních stimulačních přípravků při obnově
horského lesa**

Bakalářská práce

2015/2016

Ondřej Paták

Zadání bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou prací na téma: Možnosti využití bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků při obnově horského lesa 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 nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 20. 4. 2016

Ondřej Paták

Poděkování

Rád bych poděkoval především Ing. Janu Pecháčkovi, Ph. D. za vedení mé práce, za získané cenné rady a poskytnuté materiály. Dále děkuji také doc. Dr. Ing. Dušanu Vavříčkovi, Ing. Aleši Kučerovi, Ph. D. a Ing. Peteru Dundekovi za pomoc při získávání podkladů pro zpracování výsledků práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu a důvěru při studiu a zpracovávání bakalářské práce.

Ondřej Paták

Ondřej Paták

Možnosti využití bodové aplikace hnojivových a organominerálních stimulačních přípravků při obnově horského lesa

Possibilities of Using Point Application of Fertilizer and Organomineral Stimulant Preparations to Regeneration the Mountain Forest

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá sledováním vlivu hnojiv použitých v nepříznivých stanovištních podmínkách při obnově horského lesa. Na výzkumné ploše „Vřesovské sedlo“ v 8. LVS v Hrubém Jeseníku byla při výsadbě použita hnojiva SILVAMIX[®] R 30, SILVAMIX[®] R 30 S, AGLUFORM[®] 90 S, VÁPŇITÝ DOLOMIT a SILVAMIX[®] R 50 S, kde byl navíc aplikován přípravek VERMAKTIV Stimul. Cílem práce je vyhodnotit efekt jednotlivých použitých variant, provést srovnání s nepřihnojenou kontrolní variantou a posoudit možnosti využití této chemické meliorace půd. Po 1. roce od aplikace hnojiv se již projevily některé účinky. Výškové přírůsty ovlivněny nebyly, ale ve výživě změny zjištěny byly. Dobrého výsledku bylo dosaženo u varianty SILVAMIX[®] R 50 S + VERMAKTIV Stimul.

Klíčová slova

hnojení, horský les, obnova, podzolové půdy, smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karsten)

Abstract

This thesis engages with assessing the impact of fertilizers used in adverse habitat conditions in the mountain forest regeneration. On the research area "Vřesovské sedlo" in the 8th FVZ in Hrubý Jeseník Mts. was applied at planting fertilizers SILVAMIX[®] R 30, SILVAMIX[®] R 30 S, AGLUFORM[®] 90 S, calcareous dolomite and SILVAMIX[®] R 50 S where was also applied preparation VERMAKTIV Stimul. The aim is to evaluate the effect of each of the individual variants, make comparison with the unfertilized control variant and assess the possibility of using this chemical amelioration of soils. After the first year of application of fertilizer is already shown some effects. Height increments were not affected, but the nutritional changes were detected. Useful result was achieved in variant SILVAMIX[®] R 50 S + VERMAKTIV Stimul.

Key words

fertilization, mountain forest, regeneration, podzolic soil, Norway Spruce (*Picea abies* /L./ Karsten)

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled	9
2.1. Všeobecné přírodní podmínky zájmové oblasti.....	9
2.1.1. Lokalizace	9
2.1.2. Geomorfologie	9
2.1.3. Geologické poměry	10
2.1.4. Pedologické poměry	10
2.1.5. Klimatické poměry	11
2.1.6. Hydrologické poměry	11
2.2. Půdní prostředí horských poloh	11
2.2.1. Geologické substráty horských poloh Českého masivu	11
2.2.2. Půdní prostředí	14
2.2.3. Zonální půdní typy horských poloh	14
2.2.4. Azonální půdní typy horských poloh.....	17
2.2.5. Specifika půdního prostředí vyšších poloh a rizik z toho vyplývajících	18
2.2.6. Biotopy horských poloh – smrčiny	20
2.3. Typy hnojení	21
2.4. Klasifikace hnojiv	22
2.5. Výsledky experimentů s hnojením v tuzemsku i zahraničí	23
3. Metodika	29
3.1. Výzkumná plocha	29
3.2. Pedologický průzkum	29
3.3. Sadební materiálu a jeho sadba.....	29
3.4. Aplikace hnojiv na výzkumné ploše	30
3.5. Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu	32
3.5.1. Metodika odběru vzorků jehličí	32
3.5.2. Metodika laboratorních analýz jehličí	32
3.5.3. Metodika statistického vyhodnocení	33
3.6. Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výškový přírůst, tloušťku kořenového krčku a vitalitu	35
3.6.1. Metodika měření výškového přírůstu	35
3.6.2. Metodika měření tloušťky kořenového krčku.....	35
3.6.3. Metodika hodnocení vitality sazenic	36
3.6.4. Metodika statistického vyhodnocení	36
4. Výsledky	37
4.1. Výsledky půdního průzkumu	37

4.2. Vliv hnojení na výživu.....	39
4.2.1. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah dusíku.....	39
4.2.2. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah fosforu.....	40
4.2.3. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah draslíku.....	41
4.2.4. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah vápníku.....	42
4.2.5. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah hořčíku.....	44
4.2.6. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah síry.....	45
4.3. Vliv hnojiv na výškový přírůst, tloušťku kořenového krčku a vitalitu.....	46
4.3.1. Vliv aplikovaných hnojiv na výškové přírůsty.....	46
4.3.2. Vliv aplikovaných hnojiv na tloušťku kořenového krčku.....	47
4.3.3. Vliv aplikovaných hnojiv na vitalitu sazenic.....	48
5. Diskuze.....	49
6. Závěr.....	55
7. Summary.....	57
8. Seznam citované literatury.....	58
Seznam použitých zkratk.....	63
Seznam tabulek.....	64
Seznam obrázků.....	64
Přílohy.....	65

1. Úvod

Půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěná, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů (Bičík a kol., 2009). Horské půdy 7. a 8. LVS jsou zpravidla charakterizovány silně kyselou až velmi silně kyselou půdní reakcí s převažujícími podzolizačními procesy, redukovanou fyziologickou hloubkou, často omezenou pouze na holorganické horizonty, nepříznivou strukturou, náchylností k introskeletové erozi a sníženým až minimálním obsahem živin, případně jejich nepřístupností pro dřeviny (Vavříček a Šimková in Albrechtová, 2014).

Zátěž půd kontaminanty je problém, který se dostává do popředí v průběhu několika posledních desetiletí. Kontaminace půdy může vážně poškodit základní funkce půdy a znamená vážná rizika pro všechny další složky ekosystému (Vopravil, 2010). K nejvýraznějším škodám na lesních porostech docházelo zejména v oblasti Krušných hor, kde odumřely lesní porosty na téměř 40 tisících hektarech. Silně imisně zatížené byly také Jizerské hory, Orlické hory, Jeseníky, Moravskoslezské Beskydy i další pohoří (Šrámek a kol., 2014). Hnojením navracíme do půdy odčerpané živiny tehdy, když jejich odběr je intenzivní a rostlinná hmota se sběrem z půdy buď celkově, nebo převážně odstraňuje, resp. vyrovnáváme či doplňujeme zásoby živin těch půd, které jsou jimi přirozeně málo zásobeny (Šály, 1978).

Cílem této práce je porovnat vliv a účinek vybraných hnojivových, organominerálních a stimulačních přípravků na výživu a biometrické parametry sazenic smrku ztepilého z výsadby na výzkumné ploše „Vřesovské sedlo“ ve vrcholové části Hrubého Jeseníku. Pro posouzení vlivu aplikovaných přípravků jsou jednotlivé hnojené varianty porovnány s kontrolní variantou, na které nedošlo k chemické melioraci. Z pohledu výživy sazenic je díky statisticky zpracovaným výsledkům (získaných na základě terénního měření a odběru vzorků) posuzován vliv jednotlivých variant ve vztahu k obsahu hlavních makroelementů (N, P, Ca, K, Mg, S) v sušině jehlic, u biometrických parametrů je posuzován výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku a celková vitalita jedince. Dále je cílem zhodnotit přírodní podmínky daného stanoviště a posoudit možnosti využití bodové aplikace těchto meliorujících prostředků při obnově lesa zejména na klimaticky extrémních, nebo jinak nepříznivých stanovištích.

2. Literární přehled

2.1. Všeobecné přírodní podmínky zájmové oblasti

2.1.1. Lokalizace

Zájmová lokalita výzkumné plochy se nachází v přírodní lesní oblasti 27 - Hrubý Jeseník. Z hlediska biogeografického členění se podle Culka (1996) jedná o bioregion 1.70 – Jesenický. Na tomto místě je vhodné uvést vysvětlení pojmu bioregion. Bioregion je definován jako individuální jednotka biogeografického členění krajiny na regionální úrovni. V rámci bioregionu se vyskytuje identická vegetační stupňovitost. Biocenózy bioregionu jsou ovlivněny jeho polohou a mají charakteristické chorologické rysy, dané zvláštními podmínkami pro postglaciální migraci druhů rostlin a živočichů (Culek, 1996).

Geograficky tvoří Hrubý Jeseník mohutný masív v oblasti severní Moravy a dosahuje vrcholem Praděd největší výšky 1492 m (Pelíšek, 1966). V Jesenické části bioregionu byla zřízena CHKO Jeseníky, na jejímž území leží maloplošná chráněná území. K nejvýznamnějším patří NPR Šerák a Keprník, NPR Praděd, NPR Rejvíz a NPR Rašeliniště Skřítek. Mnoho dalších menších lokalit je chráněno na úrovni přírodních rezervací nebo přírodních památek (Culek, 1996).

2.1.2. Geomorfologie

Z pohledu geomorfologického členění podle Bíny a Demka (2012) náleží zájmová lokalita do provincie Česká vysočina, soustavy Krkonoško-jesenické, podsoustavy Jesenické, celku Hrubý Jeseník a podcelku Keprnická hornatina. Východní část (Jesenická podsoustava) patří geologicky moravosilesiku, v němž Hrubý Jeseník, Králický Sněžník a Rychlebské hory buduje složitá stavba metamorfovaných starohorních a prvohorních hornin (Bína a Demek, 2012). Průša (2001) uvádí, že Hrubý Jeseník byl ve třetihorách horotvornými pochody vyzdvižen vysoko nad Hornomoravský úval.

Hrubý Jeseník díky velké výškové členitosti má jednoznačně horský, místy velehorský charakter. Horské hřbety jsou oblé s hluboce zaříznutými erozními údolními s občasnými kaskádami a menšími vodopády na vodních tocích. Najdeme tu rozsáhlá kamenná pole na některých svazích, významné izolované skalní útvary v hřebenových partiích (Petrovy kameny, Vozka) i v některých nižších polohách. Výrazná ledovcová modelace se nachází především v masivu Vysoké Hole (Velká a Malá kotlina),

i na úbočí Keprníku (Šafář a kol., 2003). Hrubý Jeseník má ve svých vrcholových částech výrazně zachovaný parovinný reliéf (AOPK ČR, 2012).

2.1.3. Geologické poměry

Geologicky je oblast součástí Českého masivu, ve kterém proběhly poslední mohutné horotvorné pohyby koncem prvohor (Vacek a kol., 2003). Území budují velmi složité komplexy krystalinika, tvořené úzkými pruhy hornin, protažené ve směru od severovýchodu k jihozápadu. Převládají v nich horniny kyselé, většinou chudé živinami (ruly, svory, fylity, méně granitoidy), charakteristické jsou ostrůvkovité výskyty minerálně bohatších substrátů (grafitické fylity, krystalické vápence, v Rychlebských horách také amfibolity a serpentinity). Rašeliny s výjimkou Rejvízu a Skřítku mají jen malý rozsah a nacházejí se především na oblých hřbetech (Culek, 1996).

Červenohorské sedlo (1010m) dělí Hrubý Jeseník na dvě části: klenbu keprnickou a desenskou (Demek a kol., 1987). Předdevonské jádro keprnické klenby je tvořeno mnoha druhy mezozonálně metamorfovaných hornin – biotitickými pararulami, staurolitickými svory, migmatity a ortorulami. Desenská klenba tvoří východní část Hrubého Jeseníku. Je rozdělena mladými příčnými poruchami do několika segmentů seskupených ve dvou větších krátech. Základními horninami předdevonského jádra desenské klenby jsou biotitické a dvojslídne ruly slabě migmatizované (AOPK ČR, 2016). Podle Vacka a kol. (2003) se v oblasti vyskytují ložiska železné rudy, zlata, stříbra, mědi a olova.

2.1.4. Pedologické poměry

V oblasti převládají na živiny chudé, kyselé, kamenité svahové půdy, které v rovinatějším terénu a na spodních okrajích svahů přecházejí v hlubší, hlinité a na živiny středně bohaté půdy (Pruša, 2001). V nejnižších polohách převládají kambizemě, výše se nacházejí kryptopodzoly a nejvyšší polohy pokrývají podzoly (Vacek a kol., 2003). Tuto výškovou půdní stupňovitost potvrzuje Culek (1996). Zcela podružně se vyskytují víceméně nasycené typické kambizemě, nepatrné ostrůvky hnědých rendzin na vápencích a půdy nevyvinuté – litozemě na strmých srázech se skalními výchozy (Vel. Kotlina, Břidličná aj.). Na rašelinistích na Rejvízu a na Skřítku (omezeně i jinde) jsou vyvinuty organozemě (Culek, 1996).

Výskyt nejkyselějších půd s hodnotami aktivní půdní reakce od 3,8 do 4,0 pH je zjištěn v oblasti Rychlebských hor a v okolí Javorníka. Vyšší nasycení minerálního

horizontu dusíkem je zjištěno především ve vyšších nadmořských výškách. Jeho obsah prudce klesá do spodin profilu, což zřejmě souvisí s množstvím a kvalitou organické půdní příměsi. Rostlinám přístupný fosfor je na nízké úrovni, a to zejména ve vyšších polohách a na severu při státní hranici. Zde jsou rovněž nejnižší hodnoty přístupného draslíku, vápníku a hořčíku (Fiala a Reininger, 2010).

2.1.5. Klimatické poměry

Dle Quitta leží převažující nižší část v klimatické oblasti chladné CH 7, vyšší části nad 900 m v oblasti CH 6 a hřbety nad 1200 m v CH 4, která je v České republice nejchladnější. Klima na úpatí Jeseníků je mírně teplé a pouze průměrné vlhké, na rozdíl od západních Sudet a především Jizerských hor. Na hřbetech panuje drsné, vlhké a větrné klima. Králický Sněžník tak má průměrnou roční teplotu, 1,7 °C, Praděd 0,9 °C a cca 1400 mm srážek. Na vrcholech a vyšších hřbetech se uplatňuje vrcholový fenomén. Významným jevem jsou anemoorografické systémy, které se výrazně uplatnily zejména při vzniku ledovcových karů a jejich floristické bohatosti (Velká Kotlina) (Culek, 1996).

Zařazení do klimatické oblasti chladné potvrzují i další autoři (Plíva a Žlábek in Vacek a kol., 2003). Uvádějí, že roční průměrná teplota se v přírodní lesní oblasti Hrubý Jeseník pohybuje od 0,9 do 6,3 °C a roční úhrn srážek od 1048 do 1377 mm.

2.1.6. Hydrologické poměry

Oblast náleží do pomoří Baltského a Černého moře. K nejvýznamnějším vodním tokům zde patří Bělá, Moravice, Morava a Desná. Jedná se o bohatou pramennou oblast – Chráněné oblasti přirozené akumulace vod Jeseníky a Žamberk – Králíky. Hojné jsou i prameny minerálních vod, u nichž vznikly lázně Jeseník, Karlova Studánka a Lipová – Lázně (Vacek a kol., 2003).

2.2. Půdní prostředí horských poloh

2.2.1. Geologické substráty horských poloh Českého masivu

Moldanubikum

Moldanubikum je nejstarší stavební jednotkou Českého masivu a přísluší mu území zaplňující prostor mezi tokem Vltavy a Dunaje; výrazně přesahuje do Horní Falce a do Rakouska k Dunaji. Do moldanubika patří Český les, Šumava, Novohradské hory, větší části jihočeské vysočiny a Českomoravské vrchoviny (URL[1]).

Oblast moldanubická (moldanubikum) tvoří j. a jz. část Českého masivu. Budují ji silně přeměněné (metamorfované) horniny prekambriického a paleozoického stáří, které jsou prostoupeny intruzivními tělesy hlubinných granitoidních hornin, jež tvoří dva velké plutonické komplexy (středočeský a moldanubický) a některá další tělesa, z nichž je největší třebíčský pluton (Chlupáč a kol., 2011). Základními horninami moldanubika jsou silné metamorfity, a to pararuly (přeměněné sedimenty), které převažují, a dále ortoruly (přeměněné vyvřeliny), granulity, amfibolity, serpentinity aj. V oblasti Královského hvozdu na Šumavě a v Českém lese nalezneme méně metamorfované horniny – svory (URL[1]).

Bohemikum

Patří sem klasický areál Barrandienu se slabě metamorfovanými horninami svrchního proterozoika a nepřeměněnými sledy staršího paleozoika (Chlupáč a kol., 2011). Nejstarší barrandienské horniny jsou kambrické a nalezneme je v Brdech a brdských Hřebenech a Skryjsko-týřovickém kambriu (mezi Rokycany a Křivoklátem). Tato kambrická zóna je tvořena jílovci, prachovci a slepenci (URL[1]).

Saxothuringikum

U nás je zastoupena metamorfovanými horninami a převážně variskými granitoidními plutony v Krušných horách a v jejich okolí. Patří sem krušnohorské krystalinikum, krušnohorský pluton, durynsko-vogtlandské paleozoikum (metamorfované) a výskyty krystalinických hornin v areálu oherského riftu. Ten je zčásti vyplněn terciárními sedimenty podkrušnohorských pánví a produkty neoidního vulkanismu (Chlupáč a kol., 2011). V České republice vytváří saxothuringikum Krušné hory, Chebsko a nejsevernější část Českého lesa. Pro celé saxothuringikum platí, že je tvořeno prvohorními nepřeměněnými sedimenty, přičemž směrem ze Saska do Čech se nepřeměněné sedimenty mění v přeměněné, a to jak slabě (fylity a kvarcity na Chebsku, Ašsku a Kraslicku), tak středně a někde dokonce i silně. Směrem od Kraslicka na východ k Telnici u Ústí nad Labem je výrazné zastoupení středně až silně metamorfovaných hornin - svorů a pararul. Pro krušnohorskou část saxothuringika je typické proniknutí řadou hlubinných těles, např. smrčinský pluton a karlovarsko-nejdecký pluton (URL[1]).

Lugikum

Nachází se převážně v oblasti Lužice a vybíhá na území České republiky, kde do lugika řadíme krkonošsko-jizerskou oblast včetně Frýdlantského a Šluknovského výběžku. Lugikum dále pokračuje Broumovským mezihorím, Orlickými horami, Králickým Sněžníkem a Rychlebskými horami. V Ramzovském sedle je lugikum tektonicky omezeno vůči moravosilesiku (URL[1]). Bína a Demek (2012) uvádějí, že do lugika z Krkonošsko-jesenické soustavy patří území pohoří Krkonoš a Orlických hor s jejich podhůřím, které je vyplněno permokarbonskými sedimenty. Lugikum pak charakterizují jako složitý komplex proterozoických a paleozoických krystalinických břidlic prostoupených předhercynskými a hercynskými plutony.

Lugikum se skládá ze silně metamorfovaných hornin (pararuly a ortoruly), místy je tvořeno svory a fylity. Významné je zastoupení těles hlubinných vyvřelin; jedná se hlavně o lužický pluton ve Šluknovském výběžku a krkonošsko-jizerský pluton (URL[1]). Metamorfované sedimentární horniny jsou proniknuty granitovými intruzemi, které byly přeměněny v krkonošské (= kowarské) ortoruly (Chlupáč a kol., 2011).

Moravosilesikum

V rámci moravosilesika vyčleňujeme moravikum a silesikum. Silesikum (jesenické krystalinikum) je krystalinický komplex silně přeměněných hornin (pararul a ortorul) v Hrubém Jeseníku. Nalezneme zde i hlubinné vyvřeliny, a to žulovský pluton na jeho slezském úpatí. Východní část Dražanské vrchoviny, převážná část Nízkého Jeseníku a Oderské vrchy jsou tvořeny kulmskými sedimenty, které směrem k Ostravské pánvi přecházejí v horniny svrchního karbonu (URL[1]).

V metamorfikách silesika v Hrubém Jeseníku nepochybně patří k proterozoiku varisky silně přepracované horniny v jádrech klenbových struktur či příkrovů. Ve východněji položené desenské klenbě je to desenská skupina – monotónní, hlavně biotitické pararuly s ložiskem páskovaných magnetitových rud a snad mladší pestřejší sled s metamorfovanými intermediálními i kyselými vulkanity a ortorulami. V západněji položené keprnické klenbě jsou hojně tlakem silně porušené ortoruly s mikroklinem, pararuly i svory různých typů (Chlupáč a kol., 2011).

2.2.2. Půdní prostředí

Šály (1978) uvádí lesní půdu jako kyprou, vodou, vzduchem a organizmy proniknutou vrchní vrstvou zemské kůry, která se vyvíjí působením půdotvorných faktorů a vzhledem na svoji úrodnost může být podkladem a nositelkou lesních porostů. Němeček a kol. (2011) definují půdní typy jako hlavní oporné jednotky klasifikačního systému, charakterizované určitými diagnostickými horizonty a jejich sekvencemi anebo diagnostickými znaky. Jednotlivé půdní typy zařazují do patnácti referenčních tříd. Tomášek (2007) uvádí, že rozšíření velké části našich půd je určováno nadmořskou výškou a rázem klimatu. Půdy, které jsou svým výskytem spjaté s určitým výškovým pásmem, jsou nazývány půdami zonálními. Méně závislé půdy na nadmořské výšce jsou označovány jako půdy azonální.

2.2.3. Zonální půdní typy horských poloh

Podzosoly

Skupina čili série podzolů je charakteristická kyselou reakcí, která je podmínkou pro průběh podzolového procesu a tvorby podzolů. V podzolových půdách probíhá tvorba kyselého humusu (Pelíšek, 1966). Pelíšek (1964) uvádí, že podzolový proces je charakterizován vertikálním vyplavováním a přemísťováním (translokací) půdních koloidů a rostlinných živin ze svrchních půdních vrstev do půdních spodin. To je způsobováno hlavně koloidním humusem a prosakujícími atmosférickými srážkami. Svrchní horizonty v půdním profilu jsou ochuzené a vyluhované (bělavé až šedavé, nebo nažloutlé barvy). Pod nimi se nalézají rezivé až hnědé horizonty, které jsou vyplavenými koloidy obohacené. To potvrzuje i Šály (1978). Dále popisuje tři podmínky procesu podzolizace – zakyselení půdy (vlivem chudé podložní horniny nebo již vymytých bází), s ním související tvorbu surového humusu a promyvný vodní režim půdy. Dále uvádí, že obsažené prvky v půdě se liší různou pohyblivostí a rozpustností ve vodě. Nejméně pohyblivým prvkem je železo a hliník. Pojmem podzolizace podle Šályho lze rozumět právě pohyb hliníku, železa a organických látek z vrchních částí profilu do spodních částí.

Kryptopodzol – KP

Vokoun a kol. (2002) uvádějí, že se kryptopodzol vyznačuje nízkou objemovou hmotností a vysokou kyprostí v důsledku tvory zaoblených mikroagregátů. Humusovou formou je nejčastěji mor s přechody k moderu. Jedná se o půdy silně kyselé, s velmi výrazným uvolněním volných oxidů Fe a Al a s vysokou nasyceností Al. Typickým znakem je seskvioxidický spodický horizont rezivé barvy. Stratigrafie je O – Ah nebo Ap – Bvs – C. V horských podmínkách se vytvářejí v souvrství přemístěných zvětralin lehčího zrnitostního složení – žul, pískovců apod. Autor dále uvádí celkem šest subtypů a dvě variety. Nejtypičtějším je subtyp modální (m), vzniklý právě z lehčích přemístěných zvětralin hornin. Subtyp rankerový (s) se vyznačuje silně skeletovitým substrátem (skeletnatost přesahuje 50 %). Dále se jedná o subtyp oglejený, glejový, litický a arenický. Podle Tomáška (2007) představují kryptopodzoly začátek podzolizačního procesu, při kterém ještě nejsou volné seskvioxidy v profilu přemísťovány. Vyskytují se především v polohách nad 800 m n. m.

Podzol – PZ

Podle Pelíška (1964) byl podzolový proces v minulosti spojován převážně v souvislosti s humidním klimatem. Výsledky dalších výzkumů poukazují na to, že teprve nejvyšší horské lesní oblasti od nadmořských výšek nad 1000 m jsou kryty na silikátových horninách humusovými podzoly. Němeček a kol. (2011) uvádějí, že podzoly mají stratigrafii půdního profilu O – Ah nebo Ap – Ep – Bhs – Bs – C. Horizont Ep je výrazně vybělený, pod ním se nachází iluviální seskvioxidický až humusoseskvioxidický spodický horizont. Humusovou formou je převážně surový humus. Sorpční komplex u podzolů je silně nenasycený, zato jsou vysoce nasyceny hliníkovými ionty. Autor uvádí devět subtypů podzolu. Typickým humusoželezitým podzolem vyšších horských poloh je podzol modální (m). Na silně skeletovitých substrátech se vyskytuje subtyp rankerový. Na chudých písčích se vyskytuje subtyp humusový, který je charakteristický hlubokým horizontem Bh. Dalšími subtypy jsou oglejený, glejový, litický, histický a arenický podzol.

Tomášek (2007) blíže specifikuje vlastnosti stanovišť s výskytem podzolů. Kromě nížinných podzolů na extrémně chudých písčítých substrátech se horské podzoly vyskytují zejména ve výškách nad 800 m n. m. s členitým terénem, ročním úhrnem srážek přesahujícím 800 mm a průměrnou roční teplotou v rozmezí 0 až 6 °C. Půdotvorným substrátem jsou nejčastěji méně bohaté horniny – žuly, ruly, svory

a pískovce. Autor rozděluje vybělený eluviální horizont na dvě vrstvy – svrchní (méně mocnou, tmavohnědou, s nahromaděnými humusovými látkami) a druhou vrstvu, která je mocnější, rezivého zbarvení vyznačující nenahromaděním sloučenin trojmocného železa a hliníku. Dále uvádí, že podzoly se nejvíce vyskytují pod lesním porostem, který může být u horských podzolů relativně produktivní.

Organozem – OR

Půdy charakterizované holorganickým horizontem T o mocnosti $> 0,50$ m s výjimkou případů tvorby horizontu T nad pevnou skálou. Jsou dále klasifikovány podle převládající rozloženosti horizontu T (Němeček a kol., 2011). Tomášek (2007) rozděluje organozemě na půdy vrchovištní, půdy přechodových rašelinišť a půdy slatinné. Pro horské prostředí jsou typické organozemě vrchovištní, které jsou zásadně kyselé a vznikly pod porosty rašeliníku. Půdotvorným procesem je zde rašelinění (ulmifikace). Půdy jsou prosycené vodou s nedostatkem minerálních látek a vznikají intenzivní akumulací slabě rozložených rostlinných zbytků. Pelíšek (1964) uvádí, že vzhledem k vysoké hladině spodní vody u rašelinistních půd mají kořeny dřevin jen malou fyziologickou hloubku. Dále potvrzuje silnou kyselost rašelinistních půd horského vrchovištního typu.

Němeček a kol. (2011) popisují sedm subtypů organozemě. Pro horské polohy je nejvýznamnější organozem fibrická (fi), která je charakterizována nízkou rozložeností organických látek, jejíž hranice nepřesahuje 1/3 objemu. Dále autor uvádí subtypy organozemě mesické (subtyp se střední rozložeností organických látek), saprické (subtyp s vysokou rozložeností organických látek), litické (vyskytující se nad kompaktní skálou, rašelinný horizont dosahující mocnosti 0,20 m), glejové, sulfidické, a humolitové. Výskyt fibrického subtypu organozemě v oblasti CHKO Jeseníky je potvrzen i Agenturou ochrany přírody a krajiny (AOPK ČR, 2016). Klimo (2003) uvádí, že organozem fibrická byla dříve nazývána jako rašelinná půda vrchovištní, z čehož lze odvodit oblasti výskytu a její charakter.

Kambizem – KA

Půdy s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem Bv, vyvinutým převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a zpevněných sedimentárních hornin, ale i jim odpovídajících souvrstvích, např. v nezpevněných lehčích až středně těžkých sedimentech (Vokoun a kol., 2002). Na našem území jsou

nejrozšířenějším půdním typem. Hnědé půdy jsou nejvíce rozšířeny mezi 450 až 800 m n. m. a vázány většinou na členitý reliéf: svahy, vrcholy, hřbety apod. Klima převažuje humidnější, mírně teplé, roční úhrn srážek se obvykle pohybuje mezi 500 až 900 mm, průměrná roční teplota mezi 4 až 9 °C (Tomášek, 2007). Němeček a kol. (2011) dále uvádějí, že díky pestrému spektru substrátů je u kambizemí velká rozmanitost z hlediska trofismu, zrnitosti a skeletovitosti. Na kambizemích se vyskytují všechny humusové formy. Kambizem je zastoupena sedmnácti subtypy. Kambizem modální (m) vzniká na lehčích až středně těžkých substrátech, rankerová (s) se vyvíjí ze silně skeletovitých svahovin a v profilu obsahuje více než 50 % skeletu. Dalšími subtypy je kambizem luvická (l), melanická (n), umbrická (u), andická (an), chromická (j), oglejená (g), glejová (q), fluvická (f), vyluhovaná (v), dystrická (d), litická (t), arenická (r), pelická (p), psefitická (y) a antropická (a).

Charakteristické pro kambizemě je postupný (pozdvolný) přechod jednoho horizontu ve druhý (Klimo, 2003). Pelíšek (1964) s Tomáškem (2007) se shodují, že kambizemě přechází na půdy podzolované až v podzoly. V horských oblastech probíhá degradace rezivých nebo hnědých lesních půd na humusové podzoly při malých změnách pH (Pelíšek, 1964).

2.2.4. Azonální půdní typy horských poloh

Litozem – LI

K typu litozem patří půdy s hloubkou do 10 cm, kde již nastupuje pevná, nebo zvětráváním slabě narušená hornina (Klimo, 2003). Němeček a kol. (2011) popisují stratigrafii půdního profilu takto: O – Ah – (Cr) – R. Dále uvádějí tři subtypy. Modální (m) litozem se vyskytuje se na silikátových horninách, karbonátová (c) na karbonátových horninách) a posledním subtypem je hořečnatá litozem. Autoři Němeček a kol. (2011) a Tomášek (2007) se shodují, že se litozemě vyskytují na malých plochách zejména ve středních a vyšších polohách (pahorkatinách a hornatinách). Tomášek (2007) dále uvádí, že klimatické poměry nejsou pro jejich tvorbu směrodatné. Jedná se o extrémně nepříznivé půdy, mimořádně vodopropustné a skeletovité, pro lesnickou produkci méněcenné.

Ranker - RN

Podle Němečka a kol. (2011) se rankerové půdní typy vyznačují vysokým obsahem skeletu, převyšujícím 50 % objemu. Stratigrafie půdního profilu je:

O – Ah (Am, Au)/Ap – Cr – R. Vyvinuté jsou ze skeletovitých rozpadů hornin. Rozšířeny jsou rozptýleně po celém území pahorkatin a hornatin. Rozlišen může být v osm půdních subtypů. Modální subtyp se vyznačuje u lesních půd nasyceností sorpčního komplexu větší než 20%. Podzolový ranker je charakteristický rezivým Bs horizontem, případně i vyběleným horizontem. Suťový subtyp obsahuje více než 80 % skeletu v horizontu o větší mocnosti než 0,5 m. Další subtypy rankeru jsou umbrický, melanický, kambický, districký a litický. Podle chemismu patří rankerové půdy k půdám kyselým (pH 4,5 – 5,5), s nenasyceným sorpčním komplexem (Klimo, 2003).

2.2.5. Specifika půdního prostředí vyšších poloh a rizik z toho vyplývajících

Se stoupající nadmořskou výškou z nížin do horských oblastí zvyšuje se i množství atmosférických srážek, relativní vlhkost vzdušná a snižují se teploty a výpar vody z půd (Pelíšek, 1964). Horské půdy 7. a 8. LVS jsou zpravidla charakterizovány silně kyselou až velmi silně kyselou půdní reakcí s převažujícími podzolizačními procesy, redukovanou fyziologickou hloubkou, často omezenou pouze na holorganické horizonty, nepříznivou strukturou, náchylností k introskeletové erozi a sníženým až minimálním obsahem živin, případně jejich nepřístupností pro dřeviny (Vavříček a Šimková in Albrechtová, 2014).

Nedostatkem živin u podsadeb smrku ztepilého v hřebenové části Hrubého Jeseníku se ve své studii zabývali Pecháček a kol. (2011). Hlavním cílem práce bylo zjistit příčiny žloutnutí jehlic a snížení vitality jedinců. U 19 výzkumných ploch byly popsány půdní podmínky a stupeň poškození podsadeb, hodnocena byla i celková vitalita porostu. Půdní vzorky (z horizontů H, Ae/Ep a Bs/Bv) a vzorky jehličí byly laboratorně zpracovány. Statisticky byly porovnány vzorky jehlic poškozených a zdravých stromů. Půdy byly vyhodnoceny jako silně kyselé, extrémně nenasycené. U vzorků jehlic z poškozených stromů byl prokázán statisticky významný pokles obsahu prvků Mg, P, Ca, K a N (u Ca mohlo být důvodem rulové podloží, které má obecně malý obsah Ca – pokles je znatelný v půdě, ve zdravých i poškozených jehlicích). Naopak zjištěno bylo velké množství obsahu toxických prvků Al a S. Bylo potvrzeno, že nízký až velmi nízký obsah živin může negativně ovlivnit vývoj a růst lesních dřevin, vést ke zbarvení jehlic a snížení celkové vitality.

V přírodních podmínkách, ve kterých se nacházejí lesy ve střední Evropě, dochází k přirozené acidifikaci půd (Hruška, Cienciala a kol., 2005). Proces přirozené acidifikace je umocněn acidifikací v důsledku antropogenní činnosti (Binkley a kol.

in Hruška, Cienciala a kol., 2005). Acidifikace (okyselení) se výrazně projevuje v horských oblastech s vysokými úhrny srážek (VÚLHM, 2016). Pufrovací schopnost půd na těchto stanovištích je podmíněna zejména vysokým obsahem slabých organických kyselin a jejich solí, pufrovacím procesem Al^{3+} a Fe^{3+} . Jsou to stanoviště, která mohou odolávat jak acidifikačním procesům, tak i procesům eliminace jejich acidity (Vavříček in Hruška, Cienciala a kol., 2005).

Všechna pohoří Českého masivu jsou prokazatelně zatížena znečištěním ovzduší (Hladík a kol., 1993). Oxid siřičitý (SO_2), který vzniká zejména spalováním hnědého uhlí, a oxidy dusíku (NO_x), vznikající hlavně vysokoteplotním spalováním v automobilových motorech, jsou v atmosféře a na povrchu vegetace oxidovány za vzniku kyseliny sírové a kyseliny dusičné. Přítomnost těchto kyselin ve srážkové vodě snižuje pH srážek. Po dopadu na zem startuje kyselá srážková voda řetěz reakcí vedoucích k okyselení půd a povrchových vod, tedy ke stavu zvanému acidifikace (Hruška, Krám a Schwarz, 1999). V Hrubém Jeseníku se první známky poškození porostů imisemi projevily v polovině 70. let minulého století (Kolektiv in Albrechtová a kol., 2010).

Klimo (2003) uvádí, že bezprostředně ovlivňovat stabilitu půdy může i reliéf terénu, který je v horských podmínkách charakterizován prudkými svahy. Půdy horských poloh jsou velmi často ohrožovány agresivní travní buření (*Calamagrostis*) a introskeletovou erozí, které znesnadňují úspěšnost obnovy (Kriegel, 2002). Zde je vhodné vysvětlit pojem introskeletová eroze. Introskeletová eroze (ISE) je definována jako postupné, převážně vertikální propadávání a proplavování organických i anorganických půdních částic skeletem do spodin půdního pláště (Šach; MZe in Souček a kol., 2010). Procesem ISE jsou ohrožovány zejména silně skeletnaté a balvanité lokality na horských svazích. Riziko výskytu ISE je nejvyšší na kyselých až intermediálních vyvěřelinách s kvádrovou odlučností (žuly, granodiority, diority a syenity) (Souček a kol., 2010). V oblasti Hrubého Jeseníku a masivu Králického Sněžníku je ISE potenciálně ohroženo 9 057 ha, tj. 16,6 % plochy lesů PLO, což je 19 % ploch ISE potenciálně ohrožených v horských lesích ČR (Vacek, Podrázský a Mikeska, 2003).

S narůstající nadmořskou výškou pomalu mizí sporadický výskyt nejodolnějších jedinců či skupinek smrku ztepilého a poměrně rozsáhlé pláně s travnatým krytem jsou pouze místy protkány porosty borovice kleče, která lépe odolává zdejšímu drsnému klimatu (LČR, 2016). Musil (2010) uvádí, že nad horní hranicí lesa chybí pásmo

fungující symbiotické mykorrhizy, která může být dlouhodobým stabilizujícím faktorem porostů. Horské lesy v důsledku jejich rozvolnění nejen těžbou ztrácejí humusový potenciál a výrazně se snižuje i retenční vodní kapacita (Samec, Vavříček a Macků, 2008).

2.2.6. Biotopy horských poloh – smrčiny

V horách jsou smrčiny převládajícím typem lesa na svazích a plošinách horských hřbetů s podzolovými a kamenitými půdami, vzácněji se vyskytují i na rankerech a v extrémních případech na skalních výchozech a blokových sutích. Smrčiny se člení zejména podle nadmořské výšky a míry zamokření půdy (Kučera in Chytrý, 2010). Zájmová lokalita je z pohledu lesnické typologie podle typologického klasifikačního systému ÚHÚL zařazena do souboru lesních typů 8Z – zakrslá jeřábová smrčina (ÚHÚL, 2016). Z toho důvodu se nejvíce vztahuje k biotopu L9.1 – horské třtinové smrčiny, které podle autora zahrnují právě i soubor lesních typů 8Z. Uvedeny jsou v této kapitole i další biotopy smrčin, které se vyskytují v Hrubém Jeseníku a v dalších horských oblastech ČR.

Horské třtinové smrčiny

Třtinové smrčiny rostou na svazích a vrcholech kopců v nadmořské výšce (950–) 1100–1350 m. Na horní hranici lesa jsou porosty kvůli extrémním klimatickým poměrům rozvolněnější. Půdy jsou kamenité podzoly na minerálně chudých silikátových horninách. Na skalních výchozech a vrcholech kopců se mohou třtinové smrčiny maloplošně vyskytovat i v nižších nadmořských výškách (Kučera in Chytrý, 2010). Autor dále uvádí, že tyto biotopy jsou ohroženy především imisemi, větrnými polomy a acidifikací půd, která vede k jejich chřadnutí. Vyskytují se v oblastech Šumavy, Krušných hor, Krkonoš, Jizerských hor, Rychlebských hor, Králického Sněžníku, Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd, vzácně i Brd a Adršpašsko-teplických skal.

Rašelinné a podmáčené smrčiny

Rašelinné a podmáčené smrčiny rostou na silně zamokřených rašelinných nebo glejových půdách od 500 m n. m. až do alpské hranice lesa, a to v okolí pramenišť, rašelinišť a v zamokřených terénních sníženinách. Ve vyšších polohách se vyskytují

na obvodech horských vrchovišť (Kučera in Chytrý, 2010). Autor uvádí výskyt kromě dalších horských i nižších poloh i v oblasti Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku.

Horské papratkové smrčiny

Vlhké a hluboké kamenité půdy na konkávních tvarech reliéfu, jako jsou okolí svahových pramenišť, závěry horských údolí, kary a strmé svahy. Půdy jsou celoročně dobře zásobeny vodou z tajícího sněhu nebo srážek. Nedochozí však k jejich dlouhodobému zamokřování, a proto je mineralizace opadu a stařiny relativně dobrá. Papratkové smrčiny se typicky vyskytují v rozsahu nadmořských výšek 1150–1250 m (Kučera in Chytrý, 2010). Podle autora je výskyt omezen na horské polohy Šumavy, Krkonoš, Králického Sněžníku, Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd.

2.3. Typy hnojení

Hnojení představuje cílenou činnost prováděnou za účelem dodávání hnojivých látek a zahrnuje dva typy přístupů: (1) úpravu zásoby živin v půdě (jejich množství a poměr); (2) přímou úpravu výživy bezprostředně dřevinám pomocí aplikace živných roztoků nebo rychle působících vodorozpustných hnojiv na asimilační aparát (tzv. hnojení na list) (Vavříček a Kučera, 2015). V našich současných lesnických poměrech je použití hnojiv nejrozšířenější při obnově lesních porostů v imisních oblastech (Nárovec a Jurásek, 2000).

Na hnojení lze nahlížet z více hledisek. Materna (1963) uvádí, že v lesním hospodářství je nutné rozlišovat tři základní způsoby a postupy hnojení v lesních porostech. Jedním je použití vápenatých hnojiv. Toto hnojení je podle autora označováno jako nepřímé – má odlišné postavení oproti ostatním hnojivům. Vápnění je lesopěstebním zásahem, řazeným do oboru chemické meliorace. Výrazným způsobem ovlivňuje stav lesních půd a porostů, ať jsou tyto efekty považovány za přínos, nebo uvažovány jako negativní (Kuneš a kol., 2003).

Hnojení ostatními živinami, především dusíkem, draslíkem, fosforem a hořčíkem, je hnojením přímým. Technikou provedení, používaným materiálem, vlivem i způsobem vyhodnocování je pak nutné rozlišit ještě hnojení při výsadbě a hnojení ve starších porostech (Materna, 1963). Z hlediska ovlivnění lesního prostředí a lesního porostu je možno zásah hodnotit ze dvou základních hledisek. Je-li cílem úprava produkční schopnosti půd, resp. jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastností (tj. podmínek výživy), jedná se o hnojení základní, je-li ovlivňován přímo

stav výživy porostů, jde o hnojení operativní (URL[2]). Při operativním hnojení jde především o stimulaci růstu lesních kultur a o zlepšení jejich zdravotního stavu. Používají se zpravidla vícesložková hnojiva s obsahem dusíku. U operativního hnojení kultur převládají lokální aplikace práškových či granulovaných průmyslových hnojiv na povrch půdy k jednotlivým stromkům. Uplatňují se zde i tvarovaná hnojiva včetně různých typů hnojivých tablet, které se buď pokládají na povrch půdy, nebo se zapravují do blízkosti kořenového systému dřevin (Nárovec a Jurásek, 2000). Vavříček a Kučera (2015) potvrzují lokální (případně bodovou) aplikaci hnojení u mladých porostů a dále dodávají, že se operativní hnojení provádí prakticky ve všech věkových stádiích porostů (kromě výše uvedeného způsobu lze plošně hnojit střední a starší porosty s normálním vývojem, včetně již zmíněných mlazin). Operativní hnojení lesních výsadeb hnojivými tabletami bylo v průběhu 90. let minulého století nejrozšířenější v imisních oblastech ČR a Polska (Nárovec, 2004).

Lze se setkat i s jiným pojmenováním těchto dvou základních pohledů na hnojiva. Klimo (2003) podle cílů označuje hnojení jako meliorační a doplňkové. Cíl melioračního hnojení popisuje jako zvýšení nebo obnovu půdní úrodnosti. To je tedy srovnatelné s výše zmíněným základním hnojením. Doplňkové hnojení podle autora doplňuje chybějící elementy pro výživu porostu, lze ho tedy stavět na úroveň operativního hnojení. Dle způsobu aplikace se hnojení dělí na pozemní a letecké (Vavříček a Kučera, 2015).

Mauer (2009) uvádí, že hnojení minerálními hnojivy se realizuje pouze na základě exaktních rozborů půdy. Rozlišuje a popisuje pět druhů hnojení podle účelu:

- meliorační – realizováno před sadbou celoplošně a s cílem dodat chybějící živiny
- startovací – aplikováno hned po sadbě, doplňuje živiny a pomáhá rostlině po výsadbě
- udržovací – celoplošně, po uplynutí účinnosti melioračního hnojení
- vitální - užívá se v případě, že rostliny vykazují barevné změny nebo odchylky v růstu
- hnojení pro podporu fruktifikace – využívá se před očekávanou úrodou

2.4. Klasifikace hnojiv

Spektrum hnojiv používaných nebo použitých v lesnictví je velmi široké (Materna, 1963). Klimo (2003) zmiňuje tři druhy hnojiv – organické, minerální

a bakteriální. Do minerálních hnojiv řadí průmyslově vyráběná hnojiva a také mleté karbonátové nebo bazické horniny. Podle převládajících živin autor rozeznává hnojiva dusíkatá, fosforečná, draselná a hořečnato-vápenatá. Šály (1978) do organických (přirozených) hnojiv počítá hnůj, kompost, močůvku, rašelinu a zelené hnojení. Materna (1963) ale uvádí, že pro použití v lesních porostech z finančního hlediska přichází v úvahu pouze rašelina. Odlišný pohled na rozdělení hnojiv oproti Klimovi (2003) má Materna (1963), který řadí moučky bazických hornin do dlouhodobých přirozených hnojiv. Dále rozlišuje umělá hnojiva jednoduchá (obsahující pouze jednu hlavní živinu) a umělá hnojiva kombinovaná (obsahující dvě nebo více hlavních živin).

Nejčastěji se k přihnojování používají minerální hnojiva jednosložková a vícesložková ve formě práškové, granulované či tzv. tvarované (tablety, brikety, kolíky). Prášková forma splňuje při ruční aplikaci požadavek na rovnoměrnost a rychlost rozpouštění, tvarovaná pak na snadnost dávkování a techniku aplikace. Optimální se jeví forma granulovaná, spojující rychlost rozpouštění se snadností aplikace (i při mechanizovaném způsobu a letecky) a hygienickými požadavky (snížení prašivosti) (URL[2]).

2.5. Výsledky experimentů s hnojením v tuzemsku i zahraničí

Kuneš, Balcar a Baláš (2008) popisují experiment, při kterém byly porovnávány účinky hnojiva Silvamix a horninové moučky z amfibolitu na smrkové kultuře v Jizerských horách, založené v roce 1994. Amfibolit byl aplikován při výsadbě (2 kg moučky na 1 jamku), Silvamix Forte po třech letech (4 ks 10g tablet). Třetí varianta byla kontrolní, bez chemické meliorační úpravy. Měření a kontrola stavu probíhaly každoročně. Podle hodnocených charakteristik měla chemická meliorace pozitivní účinek. Porovnání účinnosti hnojiva Silvamix a amfibolitu bylo obtížnější, jelikož aplikace neproběhla ve stejnou dobu. U dříve aplikovaného amfibolitu byla výrazně snížena mortalita v době šoku po přesazení. U obou meliorovaných variant se zvýšil přírůst na sazenicích, náskok oproti kontrole nebyl v absolutních hodnotách velký. V závěru autoři uvádějí hlavní přednost hnojiva Silvamix, která spočívá v nesrovnatelně jednodušší a levnější aplikaci a dopravě.

Remeš a kol. (2005) uvádějí experiment, jehož cílem bylo otestovat praktickou účinnost pomalu rozpustných tabletových hnojiv tuzemské i zahraniční výroby. Experimentální plochy byly založeny a přihnojeny v roce 2001 na území LS Horní Blatná. Testování probíhalo na dvou dřevinách – smrku ztepilém a buku lesním. Pro

každou dřevinu vzniklo 5 opakování pokusu (vždy 7 nahnojených ploch a 1 plocha bez aplikace – kontrolní). Kontrolní měření probíhalo v letech 2001 – 2004. Měřena byla celková výška nadzemní části, výškový přírůst v běžném roce a tloušťka kořenového krčku. Pozitivní vliv přihnojení na výškový přírůst byl prokazatelný u obou dřevin oproti kontrole i po roce 2003 (kromě hnojiv Agriform a Agpro u buku lesního). Obdobně byly vyhodnoceny výsledky u tloušťek kořenového krčku. Po čtyřletém sledování výsadeb byla tedy prokázána účinnost testovaných tabletových hnojiv na výškový a tloušťkový růst sazenic.

Podrázský, Ulbrichová a Remeš (2001) hodnotí ve své zprávě efekt vápnění dolomitickým vápencem v Jizerských horách, které probíhalo zejména v 80. letech. Výzkum proběhl na 14 plochách založených v roce 1986 se smrkem ztepilým a smrkem pichlavým. K porovnání byly ponechány i kontrolní plochy bez aplikace vápence. K aplikaci byl využit velmi hrubozrnný vápenec (letecky) i jemný vápenec (pozemní aplikace). K posouzení účinnosti vápence byly odebrány půdní vzorky (rok 1986 a 1999), v roce 1999 byl zkoumán i vliv na výživu – analýzou vzorků prvních ročníků jehličí. Autoři ve výsledcích uvádí, že nebyl prokázán příliš výrazný vliv aplikace na stav lesních ekosystémů. Hodnota pH aktivní byla v roce 1986 na vápněných lokalitách vyšší, v roce 1999 se pak již neodlišovala. U potenciální pH nebyl vliv ani v jednom roce patrný. Pozitivní vliv byl prokázán v případě nasycení sorpčního komplexu bázemi. Negativní vliv se projevil snížením celkového obsahu dusíku na vápněných plochách. Z pohledu vlivu na výživu je patrné mírné zvýšení (statisticky nevýznamné) živin v jehlicích.

Kuneš a kol. (2003) popisují experiment s vápněním na extrémních imisních holinách Orlických hor, který probíhal v období let 1988 – 2002. Výzkumné plochy se nacházely poblíž vrcholu Velká Deštná. Pokus byl zahájen v roce 1988, kdy ve sledované oblasti byl aplikován dolomitický vápenec ve 4 variantách (3H, 3J, 9H a 9J - 3 a 9 t.ha⁻¹, hrubý H a jemný J vápenec), jedna varianta byla kontrolní bez jeho aplikace. Vápnění bylo provedeno ručně na povrch půdy na celé ploše jednotlivých variant o velikosti 100 m² (10 x 10 m). Vyhodnocení proběhlo díky vykopaným sondám a odebraným půdním vzorkům. V porovnání s provozní aplikací vápnění, prováděnou do konce 80. let minulého století, byl prokázán pozitivní efekt vápnění z hlediska chemismu půdy na pokusné ploše. Podle autorů má na tento výsledek vliv hlavně ručně prováděná aplikace přesně definované dávky jemného vápence. Dále uvádí, že se začal projevovat i negativní vliv vápnění na cyklus dusíku.

Vavříček (2000) popisuje experiment, při kterém byl testován vliv tabletových hnojiv Strom-Konifer a Strom-Folixyl na krytokořenné sazenice smrku ztepilého a buku lesního v lesních školkách Brno – Řečkovice a Beskydy – Ostravice. Cílem práce bylo zejména prokázání intenzivnějšího rozvoje kořenového systému u krytokořenné sadby po aplikaci hnojiv. Testováno bylo hnojivo Strom-Konifer (pro smrk) a Strom-Folixyl (pro buk), vždy ve dvou variantách (s nižším a vyšším obsahem stimulační látky). Tato hnojiva byla porovnávána oproti kontrolní variantě, variantě s hnojivem Cererit, příp. variantě s nadstandardním hnojivem Kristalon. Při zjišťování účinnosti byl měřen výškový přírůst, tloušťkový přírůst kořenového krčku, objem kořenového systému, objem nadzemní části a jemných kořenů. Při podzimních odběrech byly u vybraných sazenic a variant na základě analýzy asimilačního aparátu vyhodnoceny poměry výživy jednotlivými makroživinami (P, K, Ca, Mg, N). Oproti kontrolní variantě bez aplikace hnojiv byly rozdíly vysoce významné. Velmi výrazný nárůst kořenové biomasy byl u obou dřevin patrný již v první polovině vegetačního období. Pozitivní vliv se projevil i ve vyšším poměru jemných a hrubých kořenů. Průkazný byl i rozdíl v rámci hnojiva Strom-Konifer a Strom-Folixyl, kde u dvou variant byl rozdílný podíl stimulatoru. Varianta hnojená Kristalonem měla nárůst kořenů dokonce vyšší než u Strom-Konifer, ale opačně tomu bylo u poměru jemných a hrubých kořenů. Podobně tomu bylo i u buku a hnojiva Strom-Folixyl. Při zjišťování vlivu hnojiv na výškové přírůsty nejlépe dopadla hnojiva Strom-Konifer II a Strom-Folixyl II, která obsahovala nejvíce stimulační látky. U buku lesního se hnojivo Strom-Folixyl osvědčilo ještě lépe, protože oproti nadstandardnímu hnojivu Kristalon nedocházelo k prodloužení vegetační doby a ohrožení sazenic.

Švédsko má poměrně rozsáhlé zkušenosti s provozním vápněním lesních půd, které se místně aplikovalo od 80. let minulého století. Pokusy s vápněním byly započaty již počátkem 20. století a společně s Finskem bylo za tímto účelem založeno na 150 ploch. Tyto pokusy ukázaly, že vápnění velkými dávkami (nad 5 t.ha⁻¹) často vede k dlouhodobému mírnému zvýšení půdního pH a bazické saturace a snížení obsahu volného hliníku. Tyto výsledky jsou silně závislé na dávce, typu půd a časovém horizontu (Hruška, Cienciala a kol., 2005).

V roce 1991 byl založen experiment v Jizerských horách, který měl za cíl sledovat vliv aplikace jemné moučky dolomitického vápence na prosperitu mladé výsadby smrku ztepilého v nepříznivých růstových podmínkách imisní oblasti a posouzení dopadů použitého způsobu chemické meliorace na stanoviště. Tento experiment popisují autoři

Kuneš a kol. (2007). Vznikly 2 vápněné varianty, které se lišily způsobem aplikace stejného vápence o stejném množství (u první promísení s půdou, u druhé aplikace na povrch půdy), porovnány byly s kontrolní variantou bez aplikace. U povrchové aplikace byl pozitivní vliv pozorován zejména u horizontů F a H (vzrostla aktivní i výměnná pH, obsah bází, sorpční výměnná kapacita), v některých případech však jen mírně. Negativní vliv mělo vápnění na obsah dusíku, který poklesl důsledkem imobilizace. Mírně negativní byl i výsledek půdních rozborů u horizontu A. Jamková aplikace je hodnocena v práci Kuneš a kol. (2006). V září 2004 bylo sondýrkou odebráno 60 směsných vzorků, 15 z nich z kontrolní varianty, zbylých 45 vzorků z hnojené varianty. Vzorky byly odebírány ze svrchní vrstvy půdy. Hnojené vzorky byly složeny ze tří sad, každá z nich po 15 vzorcích podle místa odběru (sada A = přímo z jamky, sada B = 40 cm od středu jamky, sada C = 80 cm od středu jamky). Experiment byl zaměřen hlavně na zjištění, do jaké míry působí vápenec aplikovaný do jamky na okolí sazenic. Nejpriznivěji působilo vápnění v sadě A, kde došlo ke zvýšení aktivní i výměnné půdní reakce (a to i po 13 letech od aplikace), obsahu výměnných bází (trojnásobně větší oproti sadě K a C), sorpční výměnné kapacity a k poklesu hydrolytické acidity. Snížil se i obsah oxidovatelného humusu a dusíku, což působí negativně. Pokles byl významně prokázán i u obsahu draslíku, a to u všech sad A, B i C oproti sadě K. Překvapivým zjištěním byl prakticky vyrovnaný obsah tohoto prvku u sad A, B a C. Autoři uvádějí, že bodová (jamková) aplikace moučky má vliv na půdní prostředí zejména v místě přímé aplikace.

Vavříček a kol. (2010) ve své studii řeší stav půdního prostředí a vliv hnojiv na pedochemické vlastnosti půdy v imisní oblasti Krušných hor (lokality Špičák a Suchdol), kde byla pro přípravu půdy použita buldozerová technologie, při níž byly svrchní horizonty půdy shrnuty do valů. Ty byly při revitalizaci zpětně rozhrnuty a navíc byla použita v experimentu hnojiva řady Silvamix (bodová aplikace v roce 2005) na nové výsadby smrku ztepilého. Další variantou byla kontrola, na které nebyla chemická meliorace aplikována. Porovnávány byly vzorky půdy před hnojením (2004) a následně 3 roky po aplikaci (2007). Celkem bylo odebráno 90 vzorků, které byly laboratorně vyhodnoceny a statisticky porovnány. Z výsledků vyplývá, že hnojiva Silvamix výrazně zvýšily zásoby prvků P, K, Ca a Mg v půdě oproti kontrolní variantě. Na variantě s aplikovaným vápnitým dolomitem došlo pouze ke zvýšení obsahu Ca a Mg. Hnojivo Silvamix Forte se osvědčilo jako nejkompaktnější (nejvyváženější), největší účinek na zvýšení obsahu draslíku mělo hnojivo Silvamix R.

Účinky a vlivem přihnojení smrkových výsadeb na rozhrnutých valech se zabývali ve své studii i Podrázský a Slabejová (2012). Jeden rok před výsadbou byly valy na experimentální ploše Boleboř rozhrnuty pomocí buldozerů. Ihned po výsadbě bylo aplikováno hnojení. Autoři uvádí, že bylo založeno celkem 16 ploch, 4 varianty ve 4 opakováních, každé opakování jednotlivých variant zahrnovalo 40–50 jedinců smrku ztepilého. Jednotlivé varianty zahrnovaly: C – variantu kontrolní, bez jakýchkoli opatření chemické meliorace, Ce – aplikaci komplexního hnojiva Cererit (50 g na sazenici), T – aplikaci 4 ks 5g tablet hnojiva SILVAMIX Forte a P – aplikaci 20 g SILVAMIX Forte na povrch půdy v práškové formě. Z výsledků experimentu vyplývá stále se zvyšující rozdíl mezi hnojivy Cererit a Silvamix. Hnojivo Cererit podle autorů vykazovalo negativní vliv na sazenice z hlediska vývoje celkových výšek a běžného ročního výškového přírůstu sazenic, dokonce byla nápadná velmi vysoká mortalita, zatímco hnojivo Silvamix působilo ve stejném smyslu pozitivně. Při porovnání obou forem hnojiva Silvamix nebyly prakticky patrné rozdíly v účinnosti.

V sousedním Německu byla na lesních půdách s bazickou saturací nižší než 30 % provedena plošně rozsáhlá aplikace dolomitického vápence ($3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ v 17 % lesních porostů), která vedla k zvýšení zásoby bazických kationtů ve svrchních půdních horizontech (Puhe a Ulrich in Hruška, Cienciala a kol., 2005).

Vápnění ke zlepšení stavu lesních porostů se v Německu používalo v průběhu 50. a 60. let. Cílem těchto aplikací byla zejména meliorace stanovišť s nepříznivou formou humusu a stanovišť narušených antropogenní činností. Vápnění bylo zaměřeno na aktivaci rozkladu humusové vrstvy a uvolnění živin akumulovaných v humusových vrstvách typu mor a obecně na zvýšení přírůstu lesních porostů (Hruška, Cienciala a kol., 2005). V roce 1982 bylo v oblasti Schwarzwaldu šetřeno 50 smrkových a jedlových porostů, které byly dříve povápněny. Byly zde zjištěny pozitivní změny pH a lepší vývoj humusových forem než v porostech nevápněných. Avšak tyto změny neměly vliv na rozsah defoliace smrkových ani jedlových porostů. V čistých smrkových porostech vápněných před 10–15 lety byly zjištěny jen nepatrné změny zdravotního stavu (Kreutzer in Hruška, Cienciala a kol., 2005). Podrobnější výzkum provedl Aldinger (1987). Ve smíšených smrko-jedlových porostech vápněných před 15–23 lety byly zjištěny vyšší hodnoty pH a snížení zásoby nadložního humusu. Ve svrchním horizontu minerální půdy vápněných ploch byla zjištěna větší výměnná kationová kapacita, nasycení bázemi, obsah výměnného vápníku a výměnného hořčíku. Na vápněných plochách byl zjištěn také vyšší obsah vápníku v jehlicích. Spolu s tím byl

však v jehlicích zjištěn nižší obsah draslíku, pravděpodobně v důsledku antagonismu obou prvků. V porostech, kde byl aplikován dolomitický vápenec, byl v jehlicích nalezen také zvýšený obsah hořčíku. To se projevilo v nižším výskytu žloutnutí starších ročníků jehličí ve srovnání s kontrolními nevápněnými porosty (Hruška, Cienciala a kol., 2005).

3. Metodika

3.1. Výzkumná plocha

Výzkumná plocha „Vřesovské sedlo“ se nachází v mírném svahu s J-JZ expozicí ve vrcholové části Hrubého Jeseníku (8. lesní vegetační stupeň), přímo hraničí s rozcestím turistických tras „Sedlo pod Vřesovkou“ (spodní hrana plochy je lemována zelenou turistickou značkou, nad horní hranou plochy je vyznačena červená turistická značka a místní naučná stezka), cca 2,3 km J-JV směrem od vrcholu „Keprník“ a cca 1,1 km S-SV směrem od vrcholu „Červená hora“. Plocha náleží do LHC Loučná nad Desnou, porostu 102D/1. GPS souřadnice jsou 5009'11.6"N; 1707'51.8"E. Založena byla v roce 2015, kdy došlo k výsadbě sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karsten). Nadmořská výška zájmové oblasti se pohybuje okolo 1180 m n. m. Z pohledu lesnické typologie podle typologického klasifikačního systému ÚHÚL se jedná o soubor lesních typů 8Z – zakrslá jeřábová smrčina (ÚHÚL, 2016). Fytocenózu tvoří zejména *Vaccinium myrtillus* L., *Nardus stricta* L., *Avenella flexuosa* (L.) Drejer s pokryvností 50 %, 40 % a 1 %.

3.2. Pedologický průzkum

Pro získání informací pro vyhodnocení charakteru stanoviště byla na výzkumné ploše vykopána půdní sonda zasahující do hloubky po horizont C. K popisu horizontů a určení půdního typu a subtypu byl využit Taxonomický klasifikační systém půd České republiky (Němeček a kol., 2011). U jednotlivých horizontů byla sledována jejich hloubka, struktura, prokořenění, barva, skeletnatost, vlhkost, konzistence a přechod k dalšímu horizontu.

3.3. Sadební materiálů a jeho sadba

Na výzkumné ploše proběhla výsadba čtyřletých sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karsten) na jaře v roce 2015. Jednalo se o školkované sazenice s pěstebním vzorcem 2+2. Z důvodů vysoké hladiny spodní vody a výrazného zabuřnění, což jsou zde limitující faktory pro odrůstání jedinců, byla použita modifikovaná vyvýšená jamková sadba, jakou LS LČR Loučná nad Desnou využívá na vodou ovlivněných stanovištích. Technologii této výsadby popisuje ve své práci Dvořák (2006). Jednalo se o kombinaci sadby lívancové a kopečkové. Prakticky bylo pracováno s drnem o rozměrech cca 70 x 30 cm, který byl vyseknut, převrácen podél delší strany a zhutněn. Na připraveném drnu byl vytvořen a kopeček zeminy nakopané z plochy po drnu, který

byl průběžně hutněn. Cílem bylo dostat kořenový systém sazenic výše nad hladinu spodní vody a také omezit negativní vliv buřeně. Kopečky byly vytvořeny ručně v roce 2014, před realizací výsadby bylo důležité, aby půda dostatečně ulehla. Přilehlé jamky slouží pro retenci přebytečné vody a je díky nim více provzdušněna půda. Do jednoho kopečku byly vsazeny vždy dvě sazenice. Spon kopečků je velmi nepravidelný, nahodilý. Pro umístění kopečku byla vybírána nejvhodnější místa na dané ploše, tj. místa bez výskytu přirozené obnovy a výskytu hustých porostů *Vaccinium myrtillus* (L.). Na jednotlivých variantách byl vysazen různý počet sazenic, který byl dán právě podmínkami prostředí. Na variantě VÁPŇITÝ DOLOMIT (VD) se jednalo o 16 sazenic, u ostatních variant cca 50 sazenic (tj. cca 22–25 kopečků).

Po výsadbě došlo k označení a očíslování všech sazenic na výzkumné ploše za účelem snadnější orientace a další organizace výzkumu. Použity byly plastové štítky s označením aplikovaného hnojiva (a kontroly bez hnojení) a pořadovým číslem jedince v rámci každé příslušné varianty. Jedinci byly systematicky oštitkovány na jedné parcele (variantě) popořadě, připevnění štítku proběhlo pomocí drátu na vhodnou větev tak, aby drát nebránil růstu (nezaškrcoval prýt) a přitom aby nedošlo ke sklouznutí štítku, např. působením sněhové pokrývky. Pro větší trvanlivost označení proti negativnímu působení slunečního záření a radiace byly štítky otočeny nápisem směrem dolů tak, aby byly co nejméně osluněny. Označeny štítkem byly všechny sazenice, včetně odumřelých jedinců.

3.4. Aplikace hnojiv na výzkumné ploše

Hnojiva byla aplikována po výsadbě sazenic v červnu v roce 2015. Celkem se jednalo o 5 variant hnojiv, jejichž vlivy byly následně porovnávány s kontrolní variantou (K) neošetřenou chemickou meliorací. Využita byla pomalu rozpustná minerální hnojiva řady SILVAMIX[®] v práškové formě od výrobce ECOLAB ZNOJMO, spol. s r.o. U jedné z variant hnojiv této řady byl navíc použit pomocný rostlinný přípravek VERMAKTIV Stimul od výrobce ENZYMIK, spol. s r.o. Na poslední hnojené variantě byla použita jemná moučka z vápnitého dolomitu. Přehled aplikovaných hnojiv je uveden v Tab. 1.

Pro orientaci mezi jednotlivými variantami byla výzkumná plocha rozdělena. Rozčlenění výzkumné plochy na dílčí parcely, na nichž se nachází jednotlivé varianty, je v terénu znázorněno dřevěnými kůly s barevným označením příslušné varianty. Přehled označení je uveden v Tab. 1.

Tab. 1: Přehled použitých hnojiv a jejich označení

název hnojiva	varianta - zkratka	barevné označení varianty
VÁPŇITÝ DOLOMIT	VD	bílá-červená (bč)
-	K	červená (č)
SILVAMIX® R 30	SR	bílá (b)
AGLUFORM® 90 S	SA+S2	červená-modrá-červená (čmč)
SILVAMIX® R 30 S	SR+S2	červená-bílá-červená (čbč)
SILVAMIX® R 50 S + VERMAKTIV Stimul	W+S+SR50+S2	modrá-žlutá (mž)

Na jednu sazenici bylo použito cca 80 g pevného minerálního hnojiva v práškové formě. Obsah jedné dávky byl rovnoměrně rozprostřen na půdní povrch v oblasti zhruba odpovídající zóně kořenového systému sazenice z toho důvodu, aby dodané živiny mohly být co nejefektivněji spotřebovány rostlinou. Pro aplikaci přípravku VERMAKTIV Stimul, doplňujícího hnojivo SILVAMIX® R 50 S, byl využit zádoový motorový postřikovač typu Solo. Celkově na variantu se jednalo o 2,5 dcl přípravku, který byl aplikován v roztoku s vodou v poměru 1 : 50, což odpovídá 12 l roztoku na variantu. Roztok byl rozprašován tryskou postřikovače na celou nadzemní část sazenic. VERMAKTIV Stimul je kyselý alkoholicko-vodní výluh vermikompostu s obsahem enzymů, fotostimulátorů, humusových látek, aminokyselin, cytokininů, auxinů, kyseliny anthranilové, kyseliny aminoctové a dalších stopových prvků. Složení minerálních práškových hnojiv uvádí Tab. 2. Varianty SA+S2, SR+S2 a W+S+SR50+S2 obsahují růstové stimulatory. Jejich přehled a procentuální podíl obsahu v hnojivu je uveden v Tab. 3.

Tab. 2: Složení hnojiv; zastoupení jednotlivých složek v hmotnostních procentech

zkratka hnojiva	obsah jednotlivých prvků v hnojivech (%)					podíl růstového stimulatoru
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
SA+S2	19	7	11	-	4	0,35 %; 3500 mg/kg
SR	10	7	18	-	7	-
SR+S2	10	7	18	-	7	0,35 %; 3500 mg/kg
SR 50+S2	14,5	7	18	-	5	0,17 %; 1700 mg/kg
VD	-	-	-	32,3	18,7	-

Tab. 3: Složení růstových stimulátorů

složení stimulátorů v hnojivech	obsah (%)
AGLUFORM [®] 90 S	SA+S2
4- Nitrofenolát sodný	0,075%
2 - Diethylaminoethyl hexanoát (DA-6)	0,100 %
1- Naftyloctová kyselina	0,150 %
Indoly-3-máselná kyselina (K ⁺)	0,025 %
SILVAMIX [®] R 30 S	SR+S2
4- Nitrofenolát sodný	0,075%
2 - Diethylaminoethyl hexanoát (DA-6)	0,100 %
1- Naftyloctová kyselina	0,150 %
Indoly-3-máselná kyselina (K ⁺)	0,025 %
SILVAMIX [®] R 50 S	SR 50+S2
1- Naftyloctová kyselina	0,025 %
2 - Diethylaminoethyl hexanoát (DA-6)	0,07 %
4- Nitrofenolát sodný	0,05 %
Indoly-3-máselná kyselina (K ⁺)	0,025 %

3.5. Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu

3.5.1. Metodika odběru vzorků jehličí

Vzorky jehličí byly odebírány pro laboratorní zpracování za účelem posouzení výživy vybrané kultury po aplikaci hnojiv. K jejich odběru do předem nadepsaných sáčků došlo na konci vegetačního období (říjen 2015) před napadáním sněhové pokrývky, kdy už byly prýty zcela vyzrálé. Jednotlivé vzorky byly odebírány jako nejmladší ročník jehličí z horní třetiny koruny sazenic a to v takové míře, aby nebyl výrazně omezen nebo ohrožen růst jedinců. Pro co nejšetrnější oddělení vzorku od sazenice byly využity zahradnické nůžky, díky kterým došlo k přesnému a rovnému střihu na prýtu. Z výzkumné plochy byly odebrány celkem 3 směsné vzorky jehličí z každé varianty (z každé dílčí parcely) včetně kontrolní nepřihnojené varianty. Každý jednotlivý vzorek (sáček) byl smísen z jehličí pocházejícího z minimálně 10 zájmových jedinců. Tím bylo dosaženo průměrného vzorku s objektivní vypovídající hodnotou.

3.5.2. 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 elektrolytický 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 molybdátovanadátosfosforečnou. 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).

3.5.3. Metodika statistického vyhodnocení

Ke statistickému vyhodnocení byl využit softwarový program STATISTICA Cz od společnosti StatSoft. Prvním krokem byla kontrola dat – ověření, zda se v souboru dat nevyskytují jednotlivé (tzn. netýkající se celé varianty) odlehlé nebo extrémní hodnoty (získané např. chybou při zpracování analýzy), které by při dalším zpracování mohly výrazně ovlivnit výsledky studie. Tato kontrola byla provedena vícenásobnými krabicovými grafy zvláště pro jednotlivé živiny. Extrémní nebo výrazně odlehlé hodnoty by byly v případě potvrzení výskytu mechanicky odstraněny ze souboru dat. V této studii se podobné hodnoty nevyskytovaly.

K vlastnímu vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu byla použita Kruskal-Wallisova analýza rozptylu (ANOVA). Jedná se o neparametrický test určený porovnání více nezávislých vzorků. Hlavním výstupem jsou krabicové grafy pro jednotlivé živiny (makroelementy), které poskytují srovnání všech hnojených variant a kontroly.

V kapitole 4. *Výsledky* jsou porovnávány jednotlivá hnojiva (hnojené varianty) s kontrolní variantou (K). Pro jednoznačné posouzení, zda se jedná o statisticky významné rozdíly, byly vytvořeny tabulky vícenásobného porovnání Kruskal-Wallisova testu. Je-li rozdíl mezi hnojenou a kontrolní variantou statisticky významný, je dvojice hodnot příslušných variant v tabulce vyznačena červenou barvou. Všechny hypotézy byly testovány při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Úroveň výživy byla hodnocena podle Bergmanna (1988).

Tab. 4: Zhodnocení obsahu živin v asimilačních orgánech podle Bergmanna (1988)

dřevina		%					(mg . kg ⁻¹)
		N	P	K	Ca	Mg	Mn
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

Poměr obsahu jednotlivých prvků při výživě byl hodnocen podle Kazdy (1990). Vždy byl vypočten poměr mezi zjištěnými průměry obsahu makroelementů v sušině jehlic. V Tab. 5 je ke konkrétním živinám uvedeno rozmezí hodnot, v jehož středu se nachází určité optimum (vyvážení) obou prvků. Pokud poměr překročí uvedené hodnoty, dostává se jeden z prvků do deficitu díky nadbytku druhého prvku.

Tab. 5: Poměr prvků v 1. ročníku smrkového jehličí pro zajištění vyvážené výživy podle Kazdy 1990

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

3.6. Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výškový přírůst, tloušťku kořenového krčku a vitalitu

3.6.1. Metodika měření výškového přírůstu

Výškový roční přírůst byl zjišťován na všech hnojených variantách u všech jedinců v říjnu v roce 2015. Na každé parcele byl odlišný počet sazenic, což bylo dáno zejména odlišnou mortalitou a konfigurací výzkumné plochy, příp. výskytem přirozeného zmlazení nebo jiného rostlinného krytu. Přírůst byl měřen od nejsvrchnějšího přeslenu po vrchol prýtu – terminální pupen, na konci vegetačního období v době plného vyzrání prýtu. U jedinců, jejichž prýt s terminálním pupenem byl poškozen, došlo k měření na vedlejším náhradním prýtu stejným způsobem. Zjišťována a zaznamenávána byla i celková výška nadzemní části všech jedinců, tj. nejkratší vertikální vzdálenost od kořenového krčku po terminální pupen, případně pupen adventivního prýtu. Měření probíhalo s přesností 0,5 cm, všechny hodnoty byly zaznamenány do pracovního formuláře.

3.6.2. Metodika měření tloušťky kořenového krčku

Zjišťovány byly tloušťky kořenového krčku na všech jedincích u všech variant v říjnu v roce 2015. K měření docházelo posuvným měřítkem v oblasti přechodu podzemní a nadzemní části sazenic, nad humusovým horizontem. Toto místo bylo následně natřeno bílým latexem, aby bylo možné v následujících letech pokračovat ve výzkumu, zjišťovat další tloušťkové přírůsty kořenového krčku a objektivně srovnávat výsledky. Hodnoty tlouštěk byly zaznamenány do formuláře.

3.6.3. Metodika hodnocení vitality sazenic

Vitalita sazenic byla posuzována v říjnu v roce 2015 vizuálně podle pětihodnotové stupnice, přičemž jedinci s nejvyšší kvalitou a nejlepším zdravotním stavem byly hodnoceny stupněm 1, naopak zcela odumřelí jedinci stupněm 5. Kritérii pro posouzení byl celkový vzhled, zdravotní stav, poškození a tvar rostliny – výskyt případných deformací. Všechny stupně jsou se slovním komentářem uvedeny v Tab. 6. Vitalita byla popisována u všech jedinců na všech variantách.

Tab. 6: Stupně hodnocení celkové vitality jedince podle Vavříčka a kol. (2016)

hodnocení	morfologická kvalita nadzemní části a vitalita jedince
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

3.6.4. Metodika statistického vyhodnocení

Ke statistickému vyhodnocení byl využit softwarový program STATISTICA Cz od společnosti StatSoft. Prvním krokem byla kontrola dat – ověření, zda se v souboru dat nevyskytují jednotlivé (tzn. netýkající se celé varianty) odlehlé nebo extrémní hodnoty, které by při dalším zpracování mohly výrazně ovlivnit výsledky studie. Tato kontrola byla provedena vícenásobnými krabicovými grafy. Extrémní hodnoty získané chybným zpracováním byly odstraněny ze souboru dat.

K vlastnímu vyhodnocení vlivu hnojiv na výškové přírůsty, tloušťku kořenového krčku a vitalitu sazenic byla použita Kruskal-Wallisova analýza rozptylu (ANOVA). Jedná se o neparametrický test určený pro porovnání více nezávislých vzorků. Hlavním výstupem jsou krabicové grafy, které poskytují srovnání všech hnojených variant a kontrolní varianty (K). V kapitole 4. *Výsledky* jsou porovnávány jednotlivá hnojiva (hnojené varianty) s variantou K. Pro jednoznačné posouzení, zda se jedná o statisticky významné rozdíly, byly vytvořeny tabulky vícenásobného porovnání Kruskal-Wallisova testu. Je-li rozdíl mezi hnojenou variantou a variantou K statisticky významný, je dvojice hodnot příslušných variant v tabulce vyznačena červenou barvou. Všechny hypotézy byly testovány při hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4. Výsledky

V této kapitole jsou vyhodnoceny výsledky půdního průzkumu, při kterém byl podle zjištěných charakteristik určován půdní typ a subtyp. Dále je zde statisticky vyhodnocen vliv použitých hnojiv na výživu a biometrické parametry smrkové výsadby.

4.1. Výsledky půdního průzkumu

Taxonomické zařazení půdního typu: Podzol modální, zrašelinělý humózní



Obr. 1: Detail půdního profilu (půdní sonda)

0–2 cm, velmi kyprý opad trav s příměsí borůvky, navazuje na kyprou a provzdušněnou drnovinu

hor. L

2–7 cm, hnědá, velmi kyprá fermentovaná drť z opadu bylinného patra, velmi silně prokořeněný horizont, vlhký

hor. F

7–13 cm, černá, kyprá, mokrá, nepravidelná struktura, jemně drobtovitá až jemně polyedrická, silně prokořeněná, horizont s ostrým (1 cm) vlnitým barevným přechodem dospodu, s vertikálním působením podzolizačního procesu

hor. H

13–18 cm, šedá, písčítá, kyprá, drobtovitá, středně zrnitá zemina, vlhká, skelet nepravidelný 20-30 % (45 %), převážně ve formě středního štěrku (25–40 mm), s příměsí drobného kamene 60–110 mm, nepravidelné prokořenění - středně nízké, horizont s ostrým (1 cm) vlnitým barevným přechodem dospodu

hor. Ep

18–28 cm, nepravidelně barevný, černo-hnědý až tmavě-rezivě-hnědý, hlinito-písčítý horizont, velmi mírně ulehlá, drobivá zemina, jemně zrnitá až středně destičkovitá (2–4 mm), tmelící humusové látky, skelet 40 %, převážně ve formě středního kamene (120–160 mm), s příměsí hrubého štěrku 40–60 %, silně zvětralého, do 23 cm středně prokořeněná, dále mírně prokořeněná, horizont s hrubě vlnitým zřetelným (4 cm) barevným přechodem dospodu

hor. Bhs

28–56 cm, rezivá až mírně šedě-rezivá, písčítá, mírně ulehlá, drobivá, převážně jemně zrnitá (2 mm), vlhká, velmi slabě prokořeněná, skelet 55 %, převážně hrubý štěrk (40–60 mm) a drobný kámen (60–110 mm), horizont s vlnitým mírným (8 cm) barevným přechodem dospodu

hor. Bs

56–68 cm, šedě-rezivá, písčítá, středně ulehlá až ulehlá, drobivá, jemně zrnitá (2 mm) zemina, vlhká, s příměsí hrubého písku, více méně neprokořeněná, skelet 70 %, převážně s významným podílem



drobného štěrku (10–30 mm), dále ve formě hrubého štěrku (40–60 mm) a drobného kamene (60–110 mm), horizont s mírným 11–14 cm barevným přechodem dospodu

hor. B/C

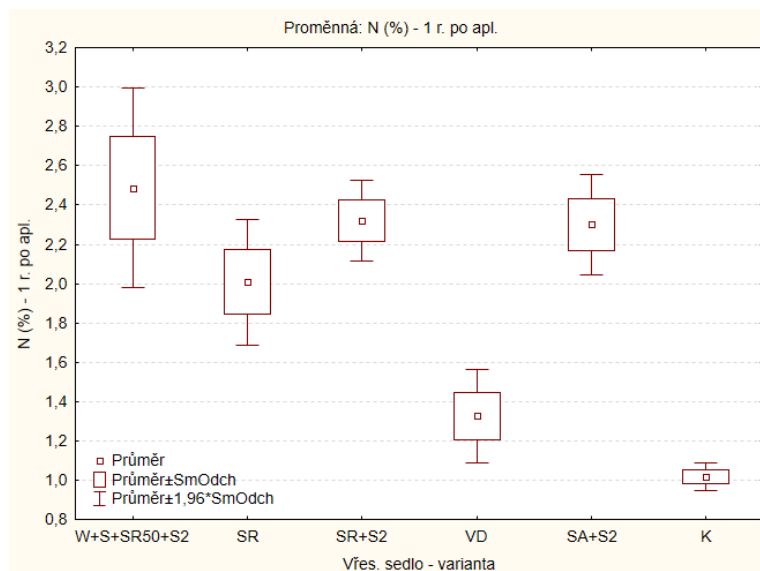
Obr. 2: Celkový pohled na lokalitu

68–90 cm, okrově-šedá až tmavě šedá, písčítá, středně ulehlá drobivá elementární zvětralina s vysokým podílem slíd, horizont vlhký, skelet 85–90 %, převážně ve formě středního až hrubého kamene (150–250 mm), ve spodní části horizontu balvany (360–500 mm)

hor. C

4.2. Vliv hnojení na výživu

4.2.1. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah dusíku



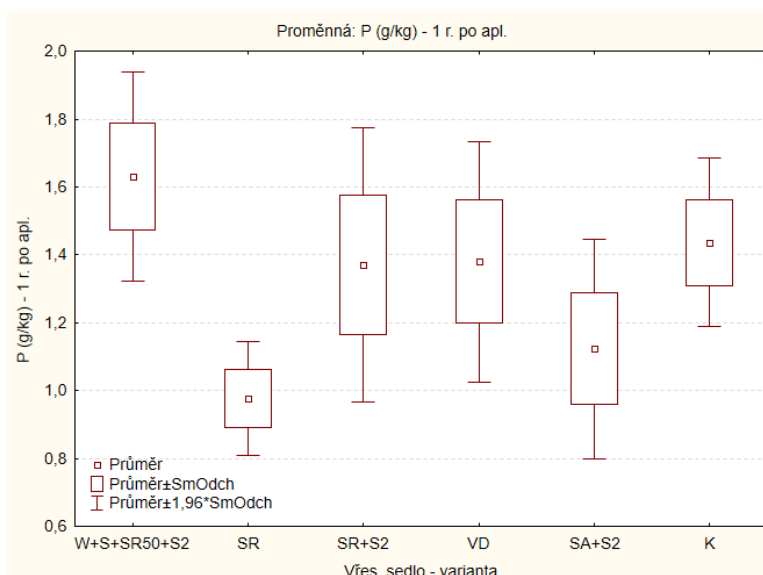
Obr. 3: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehlic

Vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 3 a Tab. 7. Průměrná hodnota výživy kontrolní varianty (K) bez aplikace hnojiv je 1,02 %, podle Bergmanna (1988) se jedná o suboptimum. Dusík je zde deficitní a na hraně karence – na jehlicích se již mohou projevit kareční jevy. Všechny hnojené varianty dosahují vyšších průměrných hodnot. Podle hodnoty $p=0,010$ byla prokázána statistická významnost. Z výsledků vícenásobného porovnání můžeme konstatovat, že tento statisticky významný rozdíl byl zjištěn mezi variantou K a variantou SILVAMIX[®] R 50 S + VERMAKTIV Stimul (W+S+SR50+S2), která dosahovala hodnoty 2,49 %, což je 207 % oproti průměru K. Výraznější nárůst oproti K, nikoliv však statisticky významný, byl zjištěn u variant SILVAMIX[®] R 30 S (SR+S2) - 2,32 % a AGLUFORM[®] 90 S (SA+S2) - 2,30 %, případně i u varianty SILVAMIX[®] R 30 (SR) - 2,01 %. Za zmínku stojí, že u prvních dvou zmíněných se průměrné hodnoty lišily pouze o 0,02 %. Z hnojených variant na tom byla z pohledu výživy nejhůře varianta VÁPŇITÝ DOLOMIT (VD), která dosahovala hodnoty pouze 1,33 % obsahu dusíku v sušině, což je podle Bergmanna (1988) spodní hranice optima. U všech ostatních hnojených variant se pak jedná o luxusní výživu, výrazné nadoptimum. Statisticky významné rozdíly hodnot jsou v Kruskal-Wallisově testu znázorněny červeně.

Tab. 7: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství dusíku v sušině jehlic

Závislá: N (%) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =14,98830 p =,0104					
	W+S+SR50+S2 (R:15,333)	SR (R:8,0000)	SR+S2 (R:13,667)	VD (R:5,0000)	SA+S2 (R:13,000)	K (R:2,0000)
W+S+SR50+S2		1,682382	0,382360	2,370629	0,535303	3,058876
SR	1,682382		1,300022	0,688247	1,147079	1,376494
SR+S2	0,382360	1,300022		1,988270	0,152944	2,676517
VD	2,370629	0,688247	1,988270		1,835326	0,688247
SA+S2	0,535303	1,147079	0,152944	1,835326		2,523573
K	3,058876	1,376494	2,676517	0,688247	2,523573	

4.2.2. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah fosforu



Obr. 4: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehlic

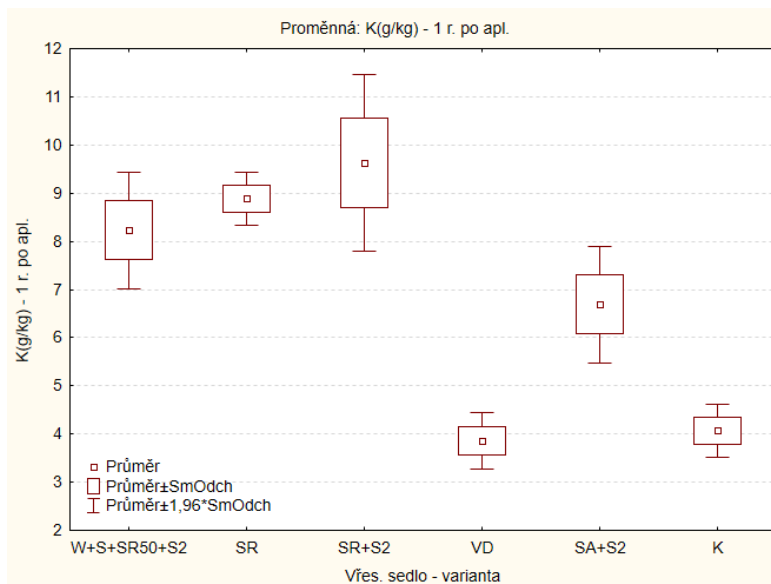
Vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 4 a Tab. 8. Průměrná hodnota výživy varianty K bez aplikace hnojiv je $1,44 \text{ g P.kg}^{-1}$, podle Bergmanna (1988) se po přepočtu na procentuální vyjádření jedná o optimum, blízké jeho spodní hranici. Jediný statisticky významný rozdíl (hodnota $p=0,034$) je při porovnání varianty W+S+SR50+S2 s variantou SR, při porovnávání s variantou K se neprojevil žádný rozdíl statistické významnosti. Varianta SR má průměrnou hodnotu $0,98 \text{ g P.kg}^{-1}$ (68,06 % průměru kontroly), což je výrazné suboptimum podle Bergmanna (1988) a značí zhoršení výživy z hlediska obsahu fosforu. Překročena byla i karenční hodnota, což se může projevit zbarvením jehlic v důsledku nedostatku prvku. Varianty SR+S2 ($1,37 \text{ g P.kg}^{-1}$) a VD ($1,38 \text{ g P.kg}^{-1}$) vykazovaly malý pokles hodnot oproti K, nicméně stále patří do optima, k jeho spodní hranici. Obě varianty dosahovaly téměř stejných hodnot. Pokles obsahu fosforu byl

zaznamenán i u varianty SA+S2. Tato varianta se s průměrnou hodnotou 1,12 g P.kg⁻¹ řadí do suboptima, nejedná se ale o statisticky významný rozdíl. Nárůst hodnot výživy byl zjištěn pouze u varianty W+S+SR50+S2. Její průměrná hodnota dosahovala 1,63 g P.kg⁻¹, což je stále optimum pro tuto živinu.

Tab. 8: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehlic

Závislá: P (g/kg) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =12,03654 p =,0343					
	W+S+SR50+S2 (R:16,000)	SR (R:2,6667)	SR+S2 (R:10,500)	VD (R:10,667)	SA+S2 (R:5,3333)	K (R:11,833)
W+S+SR50+S2		3,058876	1,261787	1,223551	2,447101	0,955899
SR	3,058876		1,797090	1,835326	0,611775	2,102978
SR+S2	1,261787	1,797090		0,038236	1,185315	0,305888
VD	1,223551	1,835326	0,038236		1,223551	0,267652
SA+S2	2,447101	0,611775	1,185315	1,223551		1,491202
K	0,955899	2,102978	0,305888	0,267652	1,491202	

4.2.3. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah draslíku



Obr. 5: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehlic

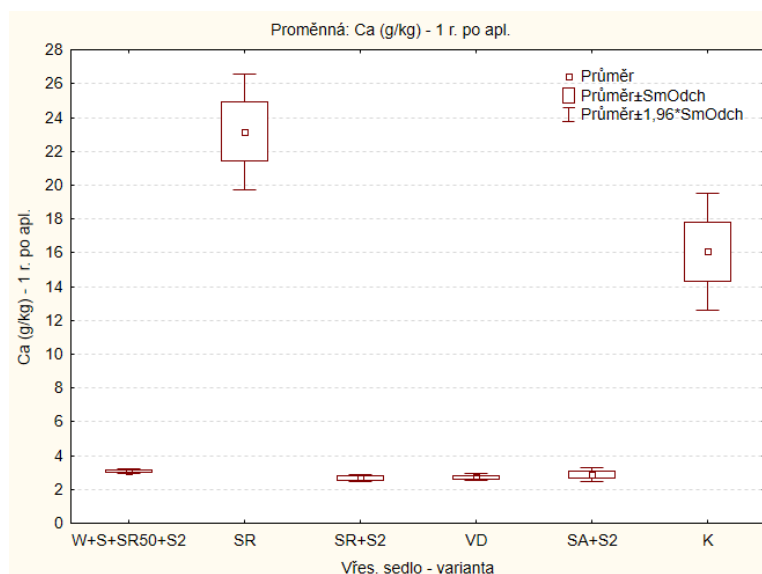
Vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 5 a Tab. 9. Průměrná hodnota výživy varianty K bez aplikace hnojiv je 4,07 g K.kg⁻¹, podle Bergmanna (1988) se po přepočtu na procentuální vyjádření jedná o suboptimum. Draslík je tedy rostlinou přijímán v nedostatečném množství. Velmi podobně je na tom varianta VD s průměrem 3,86 g K.kg⁻¹. Všechny ostatní hnojené varianty se již podle Bergmanna (1988) nachází v optimu. Varianta SA+S2 má průměr 6,69 g K.kg⁻¹ a má tak nejbliže ze zbylých variant ke spodní hranici optima.

Výrazný, nikoliv však významný byl nárůst obsahu draslíku u variant W+S+SR50+S2 (8,23 g K.kg⁻¹) a SR (8,89 g K.kg⁻¹). Největší nárůst obsahu draslíku byl zjištěn u varianty SR+S2 (9,62 g K.kg⁻¹), což je více než dvojnásobek obsahu oproti K. V rámci draslíku se projevil jen jeden statisticky významný rozdíl (při hladině p=0,009), a to u dvou hnojených variant – VD a SR+S2. V porovnání s variantou K není hodnota žádné varianty významná. Nejbližší ke statistické významnosti má dvojice variant K a SR+S2, která je velmi podobná dvojici SR+S2 a VD, avšak hodnota varianty K je pouze o 0,21 g K.kg⁻¹ vyšší než u VD a díky tomuto rozdílu již neodpovídá kontrolní varianta statistické významnosti s SR+S2.

Tab. 9: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství draslíku v sušině jehlic

Závislá: K (g/kg) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =15,26901 p =,0093					
	W+S+SR50+S2 (R:11,667)	SR (R:14,667)	SR+S2 (R:15,667)	VD (R:2,6667)	SA+S2 (R:8,0000)	K (R:4,3333)
W+S+SR50+S2		0,688247	0,917663	2,064742	0,841191	1,682382
SR	0,688247		0,229416	2,752989	1,529438	2,370629
SR+S2	0,917663	0,229416		2,982405	1,758854	2,600045
VD	2,064742	2,752989	2,982405		1,223551	0,382360
SA+S2	0,841191	1,529438	1,758854	1,223551		0,841191
K	1,682382	2,370629	2,600045	0,382360	0,841191	

4.2.4. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah vápníku



Obr. 6: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušině jehlic

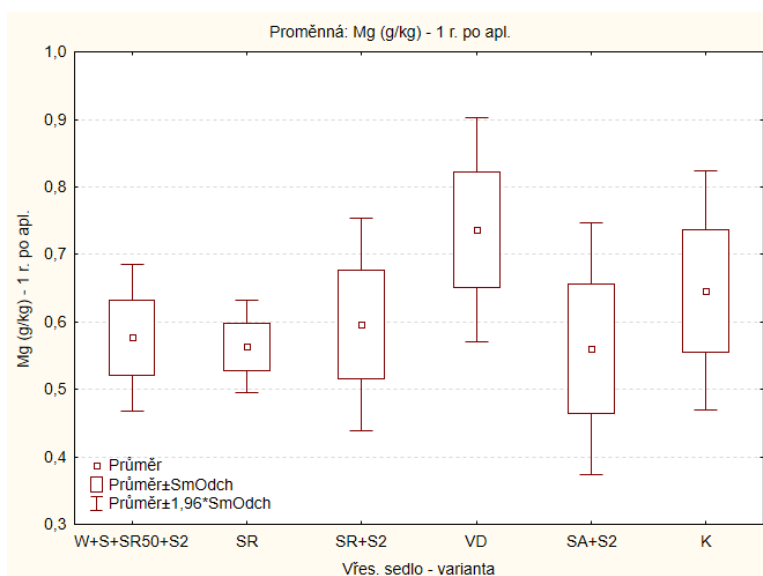
Vliv hnojiv na obsah vápníku v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 6 a Tab. 10. Graf zde zobrazuje velmi odlišný výsledek oproti již uvedeným grafům. Průměrná hodnota výživy varianty K je 16,07 g Ca.kg⁻¹, podle

Bergmanna (1988) se po přepočtu na procentuální vyjádření jedná o výrazné nadoptimum (více než dvojnásobek horní hranice optima). Ještě výrazněji nad optimem však dopadla varianta SR s průměrem 23,16 g Ca.kg⁻¹. Negativně (v porovnání s K) se projevil vliv hnojení na ostatních variantách, u nichž obsah Ca v sušině výrazně poklesl o 80–83 %. Pozoruhodné je, že se průměrné hodnoty výživy těchto variant velmi podobaly. Varianta W+S+SR50+S2 s průměrem 3,1 g Ca.kg⁻¹ leží těsně na spodní hranici optima. Varianty SR+S2 (průměr 2,68 g Ca.kg⁻¹), VD (průměr 2,72 g Ca.kg⁻¹) a SA+S2 (průměr 2,87 g Ca.kg⁻¹) nebyly statisticky významné a náleží podle Bergmanna (1988) do suboptima. Statisticky průkazný byl rozdíl pouze mezi dvěma hnojenými variantami, a to mezi variantou SR+S2 a variantou SR.

Tab. 10: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství vápníku v sušině jehlic

Závislá: Ca (g/kg) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =15,08187 p =,0100					
	W+S+SR50+S2 (R:10,667)	SR (R:17,000)	SR+S2 (R:3,6667)	VD (R:4,3333)	SA+S2 (R:7,3333)	K (R:14,000)
W+S+SR50+S2		1,452966	1,605910	1,452966	0,764719	0,764719
SR	1,452966		3,058876	2,905933	2,217685	0,688247
SR+S2	1,605910	3,058876		0,152944	0,841191	2,370629
VD	1,452966	2,905933	0,152944		0,688247	2,217685
SA+S2	0,764719	2,217685	0,841191	0,688247		1,529438
K	0,764719	0,688247	2,370629	2,217685	1,529438	

4.2.5. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah hořčíku



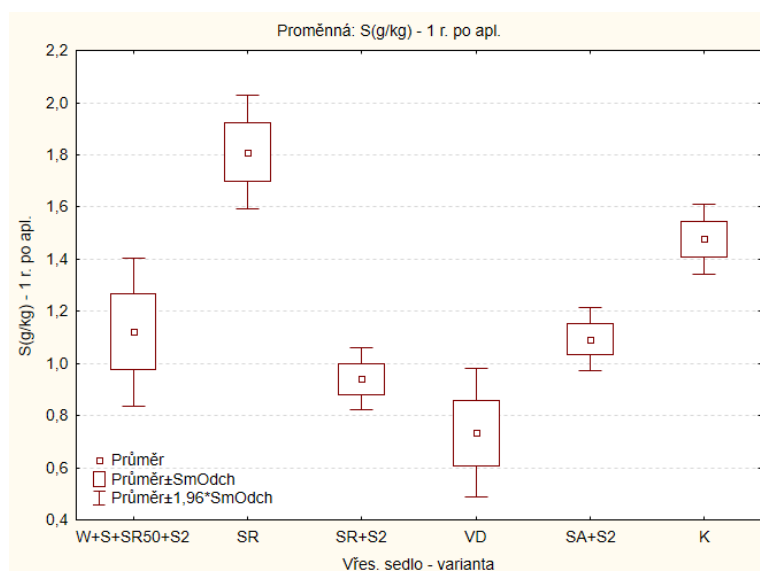
Obr. 7: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehlic

Vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 7 a Tab. 11. Průměrná hodnota výživy varianty K bez aplikace hnojiv je $0,64 \text{ g Mg.kg}^{-1}$. Podle Bergmanna (1988) se po přepočtu na procentuální vyjádření u všech testovaných variant jedná o suboptimum. Nejbližší ke spodní hranici optima je průměr $0,74 \text{ g Mg.kg}^{-1}$ u varianty VD. Ani zde však není dosaženo optima. U ostatních variant došlo oproti K k mírnému poklesu průměrných hodnot. Výsledky u této živiny jsou nejvíce vyrovnané a žádný rozdíl není statisticky průkazný (hladina $p=0,217$). Velmi podobné rozdíly průměrů od varianty K byly zjištěny u variant W+S+SR50+S2 ($0,58 \text{ g Mg.kg}^{-1}$), SR ($0,56 \text{ g Mg.kg}^{-1}$), SR+S2 ($0,60 \text{ g Mg.kg}^{-1}$) a SA+S2 ($0,56 \text{ g Mg.kg}^{-1}$).

Tab. 11: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství hořčíku v sušině jehlic

Závislá: Mg (g/kg) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: $H(5, N=18) = 7,049638$ $p = ,2170$					
	W+S+SR50+S2 (R:6,8333)	SR (R:6,6667)	SR+S2 (R:8,6667)	VD (R:15,833)	SA+S2 (R:7,1667)	K (R:11,833)
W+S+SR50+S2		0,038236	0,420596	2,064742	0,076472	1,147079
SR	0,038236		0,458831	2,102978	0,114708	1,185315
SR+S2	0,420596	0,458831		1,644146	0,344124	0,726483
VD	2,064742	2,102978	1,644146		1,988270	0,917663
SA+S2	0,076472	0,114708	0,344124	1,988270		1,070607
K	1,147079	1,185315	0,726483	0,917663	1,070607	

4.2.6. Vliv aplikovaných hnojiv na obsah síry



Obr. 8: Celkový vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehlic

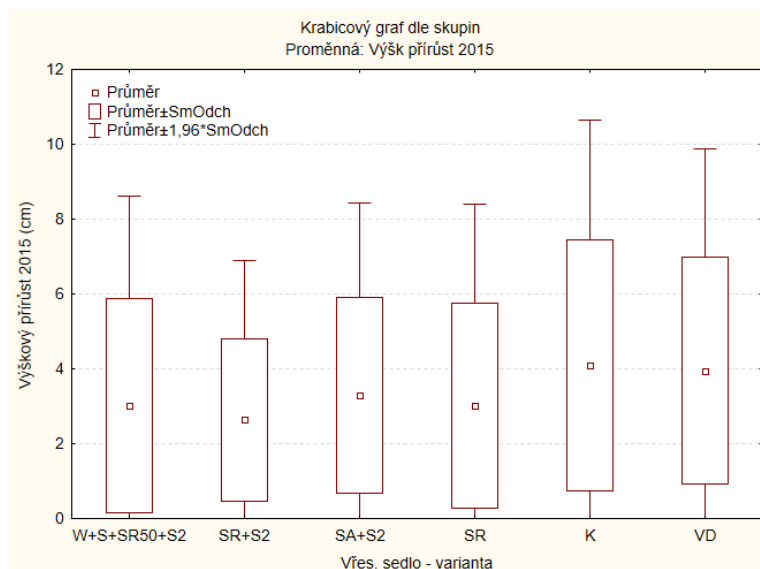
Vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehlic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 8 a Tab. 12. Průměrná hodnota výživy varianty K bez aplikace hnojiv je $1,48 \text{ g S.kg}^{-1}$. Podle ústního sdělení Dušana Vavříčka (ÚGP LDF MENDELU) se po přepočtu na procentuální vyjádření u všech testovaných variant jedná o suboptimum. Síra byla tedy na celé výzkumné ploše v deficitu. Varianta SR s průměrem $1,18 \text{ g S.kg}^{-1}$ jako jediná převyšovala variantu K, optima však nedosáhla. Pokles obsahu síry v sušině byl zaznamenán u variant W+S+SR50+S2 ($1,12 \text{ g S.kg}^{-1}$), SR+S2 ($0,94 \text{ g S.kg}^{-1}$) a SA+S2 ($1,09 \text{ g S.kg}^{-1}$). Nejnižší hodnoty však vykazovala varianta VD s průměrem $0,73 \text{ g S.kg}^{-1}$. Statisticky významného rozdílu bylo dosaženo u dvou hnojených variant VD a SR. V porovnání hnojených variant s variantou K se rozdíly ukázaly jako statisticky neprůkazné. Statisticky průkazný rozdíl byl dokázán pouze v jednom případě, a to při porovnání variant VD a SR. Hladina $p=0,007$.

Tab. 12: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na množství síry v sušině jehlic

Závislá: S (g/kg) - 1 r. po apl.	Kruskal-Wallisův test: H (5, N= 18) =15,96970 p =,0069					
	W+S+SR50+S2 (R:9,5000)	SR (R:17,000)	SR+S2 (R:5,1667)	VD (R:2,0000)	SA+S2 (R:9,3333)	K (R:14,000)
W+S+SR50+S2		1,720618	0,994135	1,720618	0,038236	1,032371
SR	1,720618		2,714753	3,441236	1,758854	0,688247
SR+S2	0,994135	2,714753		0,726483	0,955899	2,026506
VD	1,720618	3,441236	0,726483		1,682382	2,752989
SA+S2	0,038236	1,758854	0,955899	1,682382		1,070607
K	1,032371	0,688247	2,026506	2,752989	1,070607	

4.3. Vliv hnojiv na výškový přírůst, tloušťku kořenového krčku a vitalitu

4.3.1. Vliv aplikovaných hnojiv na výškové přírůsty



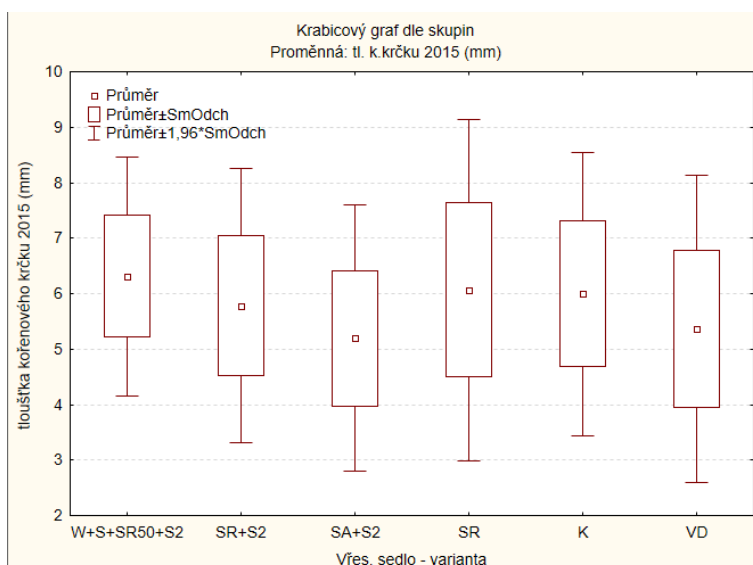
Obr. 9: Celkový vliv hnojiv na výškové přírůsty

Vliv hnojiv na výškové přírůsty sazenic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 9. Nejvyšší průměrné přírůsty 4,10 cm byly zaznamenány na kontrolní variantě (K). U všech hnojených variant byl zaznamenán pokles průměrného přírůstu. Nejnižší hodnota 2,64 cm byla vyhodnocena u varianty SILVAMIX[®] R 30 S (SR+S2), u které se jedná o pokles téměř 36 %. Nejbliže k průměru kontroly má varianta VÁPNIÝ DOLOMIT (VD) s přírůstem 3,94 cm. Varianty SILVAMIX[®] R 50 S + VERMAKTIV Stimul (W+S+SR50+S2), AGLUFORM[®] 90 S (SA+S2) a SILVAMIX[®] R 30 (SR) poklesly v kontrastu s variantou K o 19–26 %. Statisticky významné rozdíly nebyly prokázány testem vícenásobného porovnání (Tab. 13). V celkovém vyhodnocení nelze potvrdit pozitivní vliv hnojení po prvním roce od aplikace.

Tab. 13: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na výškové přírůsty

Závislá: Výšk přírůst 2015	Kruskal-Wallisův test: $H(5, N=252) = 6,928293$ $p = ,2260$					
	W+S+SR50+S2 (R:118,70)	SR+S2 (R:112,73)	SA+S2 (R:129,43)	SR (R:119,18)	K (R:144,61)	VD (R:146,50)
W+S+SR50+S2		0,400161	0,735117	0,032142	1,755945	1,394549
SR+S2	0,400161		1,097728	0,415343	2,074206	1,656010
SA+S2	0,735117	1,097728		0,673452	1,009447	0,847467
SR	0,032142	0,415343	0,673452		1,654273	1,339518
K	1,755945	2,074206	1,009447	1,654273		0,093329
VD	1,394549	1,656010	0,847467	1,339518	0,093329	

4.3.2. Vliv aplikovaných hnojiv na tloušťku kořenového krčku



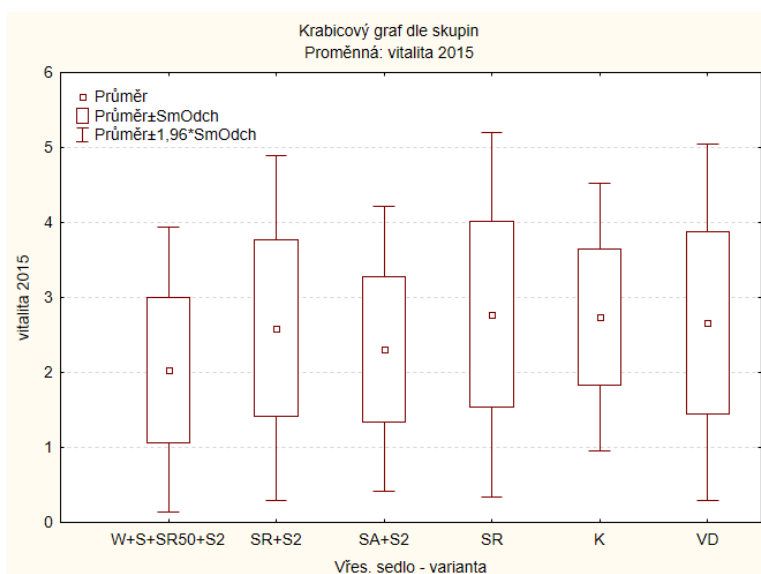
Obr. 10: Celkový vliv hnojiv na tloušťku kořenového krčku

Vliv hnojiv na tloušťku kořenového krčku sazenic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 10. Průměr zjištěných tlouštěk u varianty K bez aplikace hnojiv se rovná přesně 6,00 mm. Vyšší hodnoty byly zjištěny pouze u variant SR (6,07 mm) a W+S+SR50+S2. Poslední zmíněná varianta vykazuje nejvyšší hodnotu dosahující 6,32 mm. Pokles hodnot v kontrastu s K byl zaznamenán u variant SR+S2 (5,78 mm), VD (5,36 mm) a SA+S2 (5,20 mm). Průměr varianty SA+S2 dosahuje 86,7 % průměru K. Test vícenásobného porovnání (Tab. 14) prokazuje statisticky významné rozdíly mezi hnojivou SA+S2 a W+S+SR50+S2, dále pak mezi hnojivou SA+S2 a SR. S variantou K nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl. Síla testu narůstá velkým počtem měření. Z pohledu tloušťky kořenového krčku lze považovat pozitivní vliv aplikovaných hnojiv pouze u variant W+S+SR50+S2 a SR. Statisticky významné rozdíly hodnot jsou v Kruskal-Wallisově testu znázorněny červeně.

Tab. 14: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na tloušťku kořenového krčku

Závislá: tl. k.krčku 2015 (mm)	Kruskal-Wallisův test: $H(5, N=252) = 24,24855$ $p = ,0002$					
	W+S+SR50+S2 (R:155,88)	SR+S2 (R:123,03)	SA+S2 (R:91,646)	SR (R:138,02)	K (R:133,21)	VD (R:97,722)
W+S+SR50+S2		2,200213	4,403010	1,196327	1,537107	2,917839
SR+S2	2,200213		2,063243	0,964503	0,661818	1,241141
SA+S2	4,403010	2,063243		3,048490	2,763430	0,301620
SR	1,196327	0,964503	3,048490		0,313342	1,976093
K	1,537107	0,661818	2,763430	0,313342		1,751022
VD	2,917839	1,241141	0,301620	1,976093	1,751022	

4.3.3. Vliv aplikovaných hnojiv na vitalitu sazenic



Obr. 11: Celkový vliv hnojiv na vitalitu sazenic

Vliv hnojiv na vitalitu sazenic smrku ztepilého z výzkumné plochy znázorňuje Obr. 11. Varianta K dosahovala průměru 2,74, jen mírně ji přesáhla varianta SR s průměrem 2,77. Zbylé varianty zaznamenaly jistý pokles hodnot průměrů. Zde je potřeba upozornit, že u použité pětihodnotové stupnice mají vitální sazenice bez poškození hodnotu 1, tudíž čím je hodnota v grafu nižší, tím byl zjištěn lepší stav sazenic po aplikaci hnojiv. Nejlepších výsledků dosahovala varianta W+S+SR50+S2 (2,04). Mírné zhoršení vitality jedinců na výzkumné ploše ukazuje varianta SR. Ostatní varianty mají nižší hodnotu než K, sazenice tedy byly posouzeny jako vitálnější. Statisticky prokazatelný rozdíl byl mezi variantami SR a W+S+SR50+S2, dále také mezi variantami W+S+SR50+S2 a K.

Tab. 15: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání, znázornění vlivu hnojiv na vitalitu sazenic

Závislá: vitalita 2015	Kruskal-Wallisův test: $H(5, N=252) = 20,52735$ $p = ,0010$					
	W+S+SR50+S2 (R:92,788)	SR+S2 (R:132,31)	SA+S2 (R:116,20)	SR (R:142,00)	K (R:150,99)	VD (R:136,69)
W+S+SR50+S2		2,646801	1,604515	3,296017	3,944806	2,202636
SR+S2	2,646801		1,058886	0,623746	1,215471	0,215143
SA+S2	1,604515	1,058886		1,696047	2,313318	1,017408
SR	3,296017	0,623746	1,696047		0,584833	0,260152
K	3,944806	1,215471	2,313318	0,584833		0,705391
VD	2,202636	0,215143	1,017408	0,260152	0,705391	

5. Diskuze

Výzkumná plocha Vřesovské sedlo byla založena v roce 2015. Hodnocení vlivu použitých hnojiv na výživu a biometrické parametry sazenic smrku ztepilého je v této studii posuzováno teprve v rámci jednoho roku (lépe jednoho vegetačního období) od výsadby a provedené chemické meliorace. Po této době se již projevíly některé účinky. Zjištěné výsledky nemusí být zcela vypovídající, jelikož se účinek hnojiv za tuto dobu nemusel výrazně projevit. Důležité pro kvalitní zhodnocení vlivu hnojiv zřejmě bude sledovat vývoj výsadby i v dalších letech.

Hnojivo SILVAMIX[®] R 50 S mělo z ostatních testovaných hnojiv řady SILVAMIX[®] střední obsah dusíku. V sušině jehlic byl však zjištěn největší obsah tohoto prvku. Podobných, jen mírně nižších hodnot dosahovala hnojiva SILVAMIX[®] R 30 S (SR+S2) a AGLUFORM[®] 90 S (SA+S2). Podíl dusíku v těchto hnojivech byl rozdílný. Zatímco hnojivo SA+S2 obsahovalo nejvíce dusíku (19 % hmotnosti), u SR+S2 to byla spodní hranice (10 % hmotnosti). Po prvním roce od aplikace se neprojevil výrazný rozdíl z pohledu obsahu dusíku mezi těmito variantami. Můžeme předpokládat, že se rozdíl projeví v dalších letech. U všech třech zmíněných variant byl dusík v optimu. Zde je dobře patrná poměrná rovnováha prvků – díky zvýšenému obsahu dusíku na těchto variantách se výrazně snížil obsah vápníku, mírně pak hořčíku (pokles oproti variantě K). Při vyhodnocení vlivu hnojiv na obsah hořčíku nebyl zaznamenán příliš velký rozdíl mezi variantami SR+S2, SA+S2, SR a W+S+SR50+S2. Varianta K dosahovala vyšších hodnot.

Hnojivo SILVAMIX[®] R 50 S obsahovalo menší podíl růstového stimulantu oproti variantám SA+S2 a SR+S2, při aplikaci bylo doplněno pomocným rostlinným přípravkem VERMAKTIV Stimul. Tato kombinace (varianta W+S+SR50+S2) dále prokázala nejvyšší obsah fosforu. Tento rozdíl lze považovat za významnější pozitivní vliv hnojiva (nikoliv však statisticky významný). Přípravek VERMAKTIV Stimul by měl mj. pomoci k lepší výživě rostlin. Vzhledem k tomu, že všechna hnojiva řady SILVAMIX[®] obsahovala stejný podíl fosforu, je možné posoudit zvýšený příjem tohoto prvku jako pozitivní vliv přípravku VERMAKTIV Stimul. Podobné výsledky s výživou zjistil i Kadlec (2015), který porovnával účinky přípravků VERMAKTIV Stimul a Silvamix Agluform ve shodných klimatických podmínkách. Ve své práci však uvádí dále i zvýšení obsahu vápníku, síry a hořčíku. Působení na příjem draslíku nebylo

potvrzeno. V mé práci však zvýšení obsahu draslíku v jehlicích potvrzeno je, na rozdíl od vápníku, hořčíku a síry.

U hnojiva AGLUFORM[®] 90 S (SA+S2) byl zaznamenán u obsahu fosforu výraznější pokles oproti variantě K. Přístupnost fosforu byla nižší ve srovnání s ostatními hnojivy SILVAMIX[®], i když podíl tohoto prvku ve složení hnojiv byl stejný. U draslíku se jednalo o zvýšení obsahu oproti variantě K. Ze všech hnojiv SILVAMIX[®] měla varianta hnojiva SA+S2 nejmenší podíl draslíku ve svém složení. To se zřejmě projevilo i na výživě a přístupnosti tohoto prvku – varianty s vyšším podílem dosáhly vyššího průměrného obsahu v jehlicích. Největší účinek byl zjištěn na variantě SR+S2.

Vliv aplikovaných hnojiv na obsah vápníku se nejvíce pozitivně projevilo na variantě SILVAMIX[®] R 30 (SR). Tento výsledek je velmi překvapivý, jelikož toto hnojivo neobsahovalo podíl vápníku na rozdíl od varianty VD. Důvodem může být přetrvávající lokální účinek velkoplošného leteckého neřízeného vápnění v minulých desetiletích. Další možnou příčinou je maloplošný ostrůvkovitý výskyt horninového podloží s vyšším obsahem vápníku, jakým by mohla být například žíla mramoru. K vyššímu zásobení prvkem mohlo dojít i v lesní školce nerovnoměrným přihnojením. Dále varianta SR nejpozitivněji působila na obsah síry. Nutno podotknout, že síra byla u výživy sazenic na celé výzkumné ploše v deficitu. Částečně to může způsobovat antagonismus například s dusíkem, ale tento trend neplatí pro všechny varianty. Vypadá to, že na tento prvek v půdě mnohem intenzivněji působí faktory prostředí, zejména promyvný režim půd. Nejhůře tato varianta dopadla na obsah fosforu. Podlimitní hodnoty akumulace síry v jehlicích potvrzují ve své práci i Pňáček a Simonov (2006). Podle autorů tím není potvrzen imisní tlak na výsadby na šetřených stanovištích v Hrubém Jeseníku.

Vápnitý dolomit tvořený především CaO a MgO neobsahuje prvky dusík, fosfor a draslík. Mnozí autoři (Kuneš a kol., 2003; Kuneš a kol., 2007; Hruška, Cienciala a kol., 2005) ve svých studiích s vápněním lesních porostů uvádí, že po aplikaci vápence došlo k poklesu obsahu dusíku a draslíku v půdě. Podrázský a kol. (2001) potvrzuje úbytek dusíku, u draslíku však ztráty podle autora nebyly prokázány. Rychlejší mineralizaci a ztrátu dusíku vlivem vápnění popisuje i Novák (2000). Z výsledků zpracovaných v této práci vyplývá výrazný rozdíl obsahu dusíku a draslíku v sušině jehlic oproti ostatním hnojivům, nikoliv však oproti variantě K. Průměrný obsah draslíku v porovnání s variantou K jen velmi mírně poklesl, u dusíku se jedná

dokonce o mírný nárůst. U ostatních variant je výrazné zvýšení dáno složením hnojiv. Můžeme konstatovat, že z pohledu výživy se varianta VD s mírnými fluktuacemi podobá variantě K. Po 1 roce od aplikace se tedy zatím neprojevil negativní vliv vápnění. U draslíku může jít již o začínající vytěšňování vápníkem, ale v této době zatím není možné hypotézu potvrdit. Zajímavé výsledky by mohlo přinést měření v dalším roce. Pokud bude negativní působení potvrzeno, nebude zřejmě vhodné do budoucna používat vápnitý dolomit při hnojení na těchto rizikových stanovištích, kde je obecně zásoba těchto makroelementů v deficitu, jako v tomto případě. Částečně by mohl být dolomit použit jako prostředek chemické meliorace pro zvýšení některých charakteristik půd (půdní reakce apod.), ale jen na lokalitách, kde jsou jednotlivé prvky v nadoptimu a nebyla by tak ohrožena jejich zásoba. Někteří autoři (Kuneš a kol., 2003) potvrzují pozitivní vliv vápnění na pedochemické vlastnosti půd již po prvním roce od aplikace. Z hlediska obsahu fosforu nedošlo k žádné výrazné změně v kontrastu s variantou K. Nastal pouze mírný pokles, ale stále se jedná o optimum tohoto prvku. Téměř shodně dopadla i varianta SR+S2, kde byl ale fosfor v hnojivu obsažen. Celá řada autorů, mj. Hruška, Cienciala a kol. (2005), uvádí, že aplikace vápence má pozitivní vliv na výrazné zvýšení především vápníku a hořčíku. Na variantě VD se nejvýrazněji projevil nárůst obsahu hořčíku, kdy se jednalo o jedinou variantu, která zaznamenala zvýšení oproti K již po prvním roce od aplikace. Velký podíl na tom bude mít více než dvojnásobný podíl hořčíku v dolomitu oproti ostatním hnojivům. Zcela odlišná a překvapivá situace nastala u vápníku. Přesto, že varianta VD jako jediná obsahovala velký podíl vápníku, ve výživě se tento prvek neprojevil. Zatím nedošlo k uvolnění všech látek z dolomitu. Při porovnání s variantou K došlo dokonce k velmi výraznému poklesu (stejně jako u ostatních variant vyjma SR). Ten může mít více příčin. O antagonismus mezi prvky zřejmě nejde, jelikož na variantě VD nebyl zjištěn výrazný obsah dusíku, který by vápník potlačoval. V úvahu tedy přichází možné odlišné lokální vyhnojení z lesní školky, jehož vliv přetrvává. Sazenice mohly z důsledku špatného uvolnění vápníku z hnojiva trpět jeho nedostatkem a po výsadbě vzhledem k extrémním klimatickým podmínkám a šoku z přesazení ještě nebyly schopny tento deficit vyrovnat. Možná je také laboratorní chyba ve stanovení obsahu prvku. Autoři Kuneš a kol. (2007) dospěli k podobným výsledkům. Ve své studii zjistili, že obsah přístupného vápníku po aplikaci vápnění v prvních letech u půdního horizontu F vykazoval také nižší úroveň než u nehnojených jedinců. Pokles však nebyl tak výrazný, jako v této práci. Zvýšení přístupnosti vápníku je možné očekávat v dalších letech.

Pokles byl zaznamenán i u síry. Zde se jednalo dokonce o nejnižší hodnotu ze všech variant. Kladně může být považován vliv na výškové přírůsty, kdy varianta VD vykazovala hned po variantě K druhé nejvyšší hodnoty. Podobný výsledek se však neukázal u tloušťek kořenového krčku. Pokles podílu vápníku a síry zřejmě zatím neměl dopad na vitalitu sazenic, podle statistického zhodnocení lze hovořit o mírném zlepšení. Na variantě VD probíhalo měření a odběry vzorků jehlic oproti ostatním variantám pouze z malého počtu jedinců. Jednotlivé naměřené odchylky u této varianty mají při statistickém vyhodnocení vyšší váhu a nemusí zcela objektivně zobrazovat skutečnost. Tuto informaci je potřeba brát v úvahu při posuzování výše uvedených výsledků.

Zvýšení výškového přírůstu v kontrastu s variantou K nebylo potvrzeno u žádného z testovaných hnojiv řady SILVAMIX[®]. Průměrný (a současně nejvyšší) výškový přírůst na variantě K dosahoval 4,10 cm. Nejnižší průměr byl zjištěn na variantě SR+S2, který činil 2,64 cm. Pokud vezmeme v úvahu počet měřených sazenic, stává se tento rozdíl poměrně významným. Na všechny sazenice po výsadbě působil stresový faktor (šok z přesazení, drsné klimatické podmínky). Předpokládám, že by již v dalším roce mohl být vliv hnojiv na výškové přírůsty patrný. Zřejmě dojde k vyšším přírůstům a i k výraznější výškové diferenciaci mezi jednotlivými variantami. O něco lépe dopadlo zhodnocení tloušťek kořenového krčku. V tomto případě varianta W+S+SR50+S2 dosáhla nejvyššího průměru. Ze zjištěných výsledků můžeme usoudit, že kombinace hnojiva SILVAMIX[®] R 50 S a stimulačního přípravku VERMAKTIV Stimul se prokázala jako poměrně úspěšná, jelikož i při posouzení celkové vitality sazenic dosáhla nejlepšího výsledku ze všech variant včetně K. V horských extrémních podmínkách bude zřejmě pro kvalitu, stabilitu a dobrý zdravotní stav budoucího porostu důležitý vyšší přístupný obsah živin, zvýšený tloušťkový přírůst a co nejvyšší vitalita všech jedinců. Varianta W+S+SR50+S2 sice neprokázala výraznější výškový přírůst, ten ale v těchto podmínkách ochranných lesů není hlavním cílem. Pro budoucí použití v lesním hospodářství nabízí tato kombinace podle doposud zjištěných výsledků poměrně nadějně uplatnění.

Nejnižší průměrná tloušťka kořenového krčku byla zjištěna u varianty SA+S2. Pozoruhodné je, že varianta SR s totožným složením hnojiva jako varianta SR+S2 (která navíc spolu i s SA+S2 obsahuje malý podíl růstového stimulantu) dosáhla větší průměrné tloušťky kořenového krčku než obě varianty SR+S2 a SA+S2. U výškových přírůstů pak stojí před variantou SR+S2. Z těchto výsledků je možné usuzovat, že růstové stimulanty nemají očekávaný efekt, alespoň v prvním roce po aplikaci.

Kladně se však varianta SR neosvědčila u vitality jedinců, kde došlo k mírnému zhoršení stavu.

Na výškový přírůst smrkové kultury v Jizerských horách měly pozitivní vliv hnojivové tablety SILVAMIX[®] Forte i porovnávaný mletý amfibolit, jak uvádí Kuneš a kol. (2008). Účinnost tabletových hnojiv na výškový a tloušťkový růst sazenic potvrdil i Remeš a kol. (2005). Vavříček a kol. (2010) uvádí, že hnojiva SILVAMIX[®] při experimentu v Krušných horách výrazně zvýšily v půdě zásoby prvků P, K, Ca a Mg.

Hnojení lesních kultur na nepříznivých stanovištích má jistě svůj podstatný význam pro počáteční podporu růstu a vitality sadebního materiálu. U převážné většiny experimentů s hnojením v minulosti byla použita pevná hnojiva v tabletové formě. Tato aplikace je jednodušší. Při aplikaci hnojiv v práškové formě je nutné odměřit správnou dávku hnojiva na jednu sazenici a celou ji rovnoměrně rozprostít v oblasti kořenového systému. Tento způsob aplikace je časově náročnější, ale může poskytovat rychlejší a snadnější vstřebání půdou a následný vstup živin do rostliny. Tato hnojiva však mohou být použita například i ve školkařském provozu. Kladný vliv hnojiva SILVAMIX[®] MG na růst sazenic a semenáčků potvrdil ve své práci Burda (2000).

V prostředí 8. lesního vegetačního stupně je pro hnojení výsadeb zřejmě největším rizikem promyvný režim půd, a to díky vysokému úhrnu srážek. Určitá část dodaných živin podléhá vyplavování z oblasti kořenového systému sazenic. Vzhledem k tomu, že s použitím organominerálních hnojiv a stimulačních přípravků v horských imisních oblastech nemáme tolik zkušeností jako s vápněním výrazně probíhajícím v 80. letech minulého století, bude velmi důležité určit nejvhodnější množství jednotlivých hnojiv pro aplikaci při výsadbách tak, aby bylo dosaženo co největšího účinku.

Tab. 16: Poměry prvků - výsledné hodnoty

varianta	poměr obsahu prvků						
	N/Ca	N/Mg	K/Ca	K/Mg	S/Ca	S/Mg	S/N
W+S+SR50+S2	8,03	42,93	2,65	14,19	0,36	1,93	0,04
SR+S2	8,66	38,67	3,59	16,03	0,35	1,57	0,04
SA+S2	8,01	41,07	2,33	11,95	0,38	1,95	0,05
SR	0,87	35,89	0,38	15,88	0,08	3,23	0,09
VD	4,89	17,97	1,42	5,22	0,27	0,99	0,05
K	0,63	15,94	0,25	6,36	0,09	2,31	0,15

Prvky nebyly v mnoha případech ve vhodném poměru pro zajištění vyvážené výživy sazenic. Tyto hodnoty jsou v Tab. 16 znázorněny červenou barvou. Vhodný poměr N/Ca byl zjištěn u variant W+S+SR50+S2, SR+S2 a SA+S2. Varianta VD se již výrazněji blíží spodní hranici optimálního poměru. U variant SR a K byl zjištěn nedostatek dusíku, resp. nadbytek vápníku. Naopak nadbytek dusíku v neprospěch hořčíku se projevil na variantách W+S+SR50+S2, SR+S2, SA+S2 a SR. Kritických hodnot z nedostatku draslíku dosahovaly varianty SR, VD a K. Celkem vyrovnaný byl poměr K/Mg, který byl překročen jen mírně u dvou variant SR+S2 a SR, kdy se jednalo o mírně vyšší podíl hořčíku. Jak již bylo uvedeno, síra se na celé ploše vyskytovala v nedostatku. To se projevilo i v poměru S/Ca u všech variant. Podobně na tom byl i poměr S/Mg, kde pouze varianta SR byla vyvážena hořčíkem. Dusík byl na všech variantách v dostatečném množství oproti síře.

6. Závěr

Přírodní stanovištní podmínky výzkumné plochy „Vřesovské sedlo“ v 8. LVS v Hrubém Jeseníku jsou pro úspěšnou obnovu lesa nepříznivé. Hlavními limitujícími faktory jsou ne zcela příznivé půdní charakteristiky a zvýšený promyvný režim půd.

Po prvním roce (respektive po prvním vegetačním období) od aplikace hnojivových a stimulačních přípravků pro lepší výživu a odrůstání smrku ztepilého na výzkumné ploše již byly zaznamenány některé účinky použité meliorace půdy. Díky působení drsných faktorů prostředí, krátké době sledování či možnému šoku sazenic z přesadby se zatím neprojeví všechny účinky. Jejich výraznější nástup je možné očekávat v dalších letech.

VÁPNITÝ DOLOMIT se projevil výrazným zpřístupněním hořčíku pro sazenice. Nebylo zatím zaznamenáno uvolnění vápníku, jehož obsah v sušině jehlic dokonce poklesl. Po jednom roce působení tohoto hnojiva zatím nebyl potvrzen nepříznivý efekt na cyklus dusíku a draslíku v půdě. Zaznamenán byl mírný pokles obsahu síry, fosfor zůstal neovlivněn. Tato varianta dosahovala hned po kontrolní variantě největšího průměrného výškového přírůstu. Nastalo i mírné zlepšení vitality.

Nejvýraznější a neočekávaný efekt hnojiva SILVAMIX[®] R 30 nastal u výrazného zpřístupnění výživy vápníkem, i když hnojivo tento prvek ve svém složení neobsahovalo. Naopak u všech ostatních variant včetně vápnitého dolomitu byl zjištěn výrazný pokles oproti kontrole. Dále se v sušině jehlic zvýšil obsah dusíku, draslíku a nejvíce síry. Obsah fosforu a hořčíku dosahoval nejnižších hodnot. Tloušťka kořenového krčku a vitalita nebyla téměř vůbec ovlivněna.

Hnojivo SILVAMIX[®] R 30 S přispělo k výživě dusíkem, nejvýrazněji pak draslíkem. U fosforu a hořčíku byl zaznamenán mírný pokles hodnot, u síry výraznější. Síra byla na celé výzkumné ploše v deficitu. U sazenic se mírně zvýšila vitalita, snížila se však s porovnáním s kontrolou tloušťka kořenového krčku a výškový přírůst.

Hnojivo AGLUFORM[®] 90 S se vlivem na výživu dusíkem podobalo hnojivům SILVAMIX[®] R 50 S a SILVAMIX[®] R 30 S. Výživa draslíkem v kontrastu s kontrolou vzrostla, ostatním hnojivům řady SILVAMIX[®] se však nevyrovnala. Pokles obsahu prvků byl zaznamenán v případě fosforu a hořčíku. Obsah hořčíku byl v tomto případě spolu s hnojivem SILVAMIX[®] R 30 nejmenší. Nejnižší průměrné hodnoty bylo dosaženo i při měření tloušťek kořenového krčku. Vitalita sazenic byla ale ovlivněna pozitivně.

Poměrně úspěšně se projevilo hnojivo SILVAMIX[®] R 50 S, doplněné stimulačním prostředkem VERMAKTIV Stimul. Tato kombinace se zasloužila o zlepšení výživy zejména dusíkem, fosforem a draslíkem. Při porovnání s ostatními hnojivy se ukazuje, že VERMAKTIV Stimul mohl výrazně přispět k výživě sazenic. Dále bylo nejlepších výsledků dosaženo při vyhodnocení vitality sazenic a tlouštěk kořenového krčku.

Hnojiva SILVAMIX[®] R 50 S, AGLUFORM[®] 90 S a SILVAMIX[®] R 30 S ve svém složení obsahovala malý podíl růstového stimulantu (u prvně zmíněného hnojiva 0,17 % obsahu, u dalších dvou 0,35 % obsahu). Po porovnání zjištěných výsledků se zdá, že se zatím neprojevil pozitivní vliv stimulantu. U hnojiva SILVAMIX[®] R 50 S je možné zlepšení stavu sazenic přičítat spíše přípravku VERMAKTIV Stimul.

Použití hnojiv a dalších pomocných rostlinných přípravků při obnově lesa podle zjištěných výsledků může sloužit v různé míře k podpoře jedinců, alespoň v několika prvních letech po výsadbě. Pro posouzení jejich skutečného efektu bude žádoucí sledovat vývoj jednotlivých variant v několika příštích letech. Jak bude ovlivněna stabilita a zdravotní stav budoucího cílového porostu ukáže teprve čas, aplikace hnojiv však může být významným faktorem mladého porostu v těchto drsných podmínkách prostředí.

7. Summary

Natural habitat conditions research area "Vřesovské sedlo" in the 8th FVZ in Hrubý Jeseník Mts. are unfavorable for successful forest regeneration. After the first year of application of fertilizer and stimulant preparations for better nutrition and re-growth of Norway spruce on research area were already recorded some effects of used preparations. Fertilizers had both positive and negative influence on different elements in the soil. SILVAMIX® R 50 S was fertilizer, which interestingly showed of the used products. It was supplemented with the VERMAKTIV Stimul. The use of fertilizers and other auxiliary plant products in forest regeneration (particularly in adverse stands) according to discovered results can serve in varying degrees to support seedlings.

8. Seznam citované literatury

Albrechtová, P., 2014. Odrůstání kultur na kalamitních holinách horských poloh. Disertační práce. Brno, Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 127 s.

AOPK ČR, 2012. Rozbory Chráněné krajinné oblasti Jeseníky, 266 s.

BERGMANN, W., 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, G. Fischer, 762 s. (In German)

BIČÍK, I. a kol., 2009. Půda v České republice. Praha, Consult, 255 s. ISBN 978-80-903482-4-0.

BÍNA, J., DEMEK, J., 2012. Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky. 1. vyd. Praha, Academia, 343 s. ISBN 978-80-200-2026-0.

BINKLEY, D. a kol., 1989. Acidic deposition and forest soils: context and case studies of the southeastern United States. New York, Springer-Verlag, 149 s.

BURDA, P., 2000. Účinnost hnojiva SILVAMIX v lesních školkách. Diplomová práce. Praha, LF ČZU, 2000, 81 s.

CULEK, M., 1996. Biogeografické členění České republiky 1. vyd. Praha, Enigma, 347 s. ISBN 80-85368-80-3.

DEMEK, J. a kol., 1987. Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Praha, Academia, 643 s.

DVOŘÁK, J., 2006. Obnova lesa v podmínkách 8. lvs na LS LČR Loučná nad Desnou, revír Praděd. Diplomová práce. Brno, MZLU v Brně, 103 s.

FIALA, P., REININGER, D., 2010. Les v předhoří - Hrubého Jeseníku. Lesnická práce, 89 (6). 24–25.

HLADÍK, M. a kol., 1993. Hospodárenie v lesoch horských oblastí 1. vyd. Praha, Vysoká škola zemědělská, 123 s.

HRUŠKA, J., CIENCIALA, E. a kol., 2005. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví 2. vyd. Praha, Česká geologická služba, 153 s. ISBN 80-7075-655-1.

HRUŠKA, J., KRÁM, P., SCHWARZ, O., 1999. Kyselý dešť stále s námi - Modelování dlouhodobé acidifikace lesních půd. Lesnická práce, 78(6). 256–259.

CHLUPÁČ, I. a kol., 2011. Geologická minulost České republiky 2. oprav. vyd. Praha, Academia, 436 s. ISBN 978-80-200-1961-5.

KADLEC, J., 2015. Porovnání účinků přípravků Silvamix Agluform a VERMAKTIV stimulační při obnově lesa ve vrcholových partiích Králického Sněžníku. Bakalářská práce. Brno, MENDELU, 66. s.

- KAZDA, M., 1990. Indications of unbalanced nitrogen nutrition of Norway spruce stands. *Plant and Soil*, 1. 97–101.
- KLIMO, E., 2003. *Lesnická pedologie 2. nezměn. vyd.* Brno, MZLU, 259 s. ISBN 80-7157-007-9.
- KOLEKTIV, 1994. Stav horských lesů Sudet v ČR. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 141 s.
- KREUTZER, K., 1984. Mindern Duengungsmassnahmen die Waldschaeden? *Allg. Forstz.* 39. 771–773.
- KRIEGEL, H., 2002. Vývoj kultur zakládáných v horských polohách pod odumírajícími smrkovými porosty a na pasekách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (4). 189–194.
- KUČERA, T., 2010. Biotopy horských poloh – smrčiny. In CHYTRÝ, M. a kol. *Katalog biotopů České republiky 2. vyd.* Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 445 s. ISBN 978-80-87457-02-3.
- KUNEŠ I. a kol., 2007. Vliv cílené povrchové aplikace dolomitického vápence na pedochemické parametry půdy na imisní holině ve vrcholových partiích Jizerských hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (3). 234–245.
- KUNEŠ, I. a kol., 2006. Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2. 84–91.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., BALÁŠ, M., 2008. Porovnání účinků Silvamixu s účinky mletého amfibolitu. *Lesnická práce*, 87 (4). 25–27.
- KUNEŠ, I., ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., 2003. Působení povrchového vápnění v podmínkách imisních holin. *Lesnická práce*, 82 (12). 28–29.
- MATERNA, J., 1963. *Výživa a hnojení lesních porostů 1.vyd.* Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 227 s.
- MAUER, O., 2009. *Zakládání lesů I.* Brno, MZLU v Brně, 172 s.
- MUSIL, I., 2010. Jesenické horské hole, horní hranice lesa a kosodřevina. *Lesnická práce*, 89 (7). 16–18.
- MZe, 1994. *Lesnický naučný slovník.* Praha, Mze, 743 s. 186-187.
- NÁROVEC, V., 2004. Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. *Lesnická práce*, 83 (3). 16–17.
- NÁROVEC, V., JURÁSEK, A., 2000. Několik poznámek k přihnojování lesních kultur. *Lesnická práce*, 79 (4). 176–177.
- NĚMEČEK, J. a kol., 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky 2. uprav. vyd.* Praha, Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.

- NOVÁK, F., 2000. Vliv vápnění na transformace dusíku v půdě horského smrkového lesa na Boubíně (Šumava). *Silva Gabreta*, 5. 41–50.
- PECHÁČEK, J. a kol., 2011. Soil environment and nutrient status of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) underplantings in conditions of the 8th FAZ in the Hrubý Jeseník Mts. *Journal of Forest Science*. 57 (4). 141--152. ISSN 1212-4834.
- PELÍŠEK, J., 1964. *Lesnické půdoznalství 2. přeprac. a doplň. vyd.* Praha, SZN, 568 s.
- PELÍŠEK, J., 1966. *Výšková půdní pásmitost střední Evropy 1. vyd.* Praha, Academia, 368 s.
- PLÍVA, K., ŽLÁBEK, I., 1986. *Přírodní lesní oblasti ČR.* Praha, SZN, 313 s.
- PŇÁČEK, J., SIMONOV, J., 2006. *Strategie hospodaření v horských polohách Hrubého Jeseníku. Disertační práce.* Brno, MZLU v Brně, 122 s.
- PODRÁZSKÝ, V., SLABEJOVÁ, K., 2012. Možnosti využití hnojení v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, 91 (2). 17–19.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., REMEŠ, J., 2001. Účinnost provozního vápnění v Jizerských horách. *Lesnická práce*, 80 (10). 438–440.
- PRŮŠA, E., 2001. *Pěstování lesů na typologických základech 1. vyd.* Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*, 593 s. ISBN 80-86386-10-4.
- PUHE, J., ULRICH, B., 2001. Global climate change and human impacts on forest ecosystems. *Ecological Studies*, 143. 593.
- REMEŠ, J. a kol., 2005. Účinky pomalu rozpustných tabletovaných hnojiv. *Lesnická práce*, 84 (6). 28–30.
- SAMEC, P., VAVŘÍČEK, D., MACKŮ, J., 2008. Acidifikace versus pufrace lesních půd. *Lesnická práce*, 87 (5). 29–31.
- SOUČEK, J. a kol., 2010. *Obnova lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí. Lesnický průvodce, 2. Strnady, VŮLHM, 35 s. ISBN 978-80-7417-029-4.*
- ŠAFÁŘ, J. a kol., 2003. Olomoucko. In MACKOVČIN, P., SEDLÁČEK, M. (eds.). *Chráněná území ČR VI. svazek.* Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 454 s. ISBN 80-86064-46-8.
- ŠACH, F., 1990. Vnitropůdní eroze – nebezpečný proces na kamenitých lesních pozemcích po imisních těžbách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 35. 13-15.
- ŠÁLY, R., 1978. *Pôda základ lesnej produkcie 1. vyd.* Bratislava, *Priroda*, 235 s.
- ŠRÁMEK, V. a kol., 2014. *Vápnění lesů v České republice.* Praha, Ministerstvo zemědělství, 92 s. ISBN 978-80-7434-150-2.
- TOMÁŠEK, M., 2007. *Půdy České republiky 4.vyd.* Praha, Česká geologická služba, 68 s. ISBN 80-7075-403-6.

VACEK, S. a kol., 2003. Horské lesy České republiky. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky, 313 s. ISBN 80-7084-239-3.

VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., MIKESKA, V., 2003. Ohrožení půd introskeletovou erozí v lesích ČR. Lesnická práce, 82 (9). 16–18.

VAVŘÍČEK, D. a kol., 2010. The Effect of Point Application of Fertilizers on the Soil Environment of Spread Line Windrows in the Krušné hory Mts. Journal of Forest Science, 56 (5). 195--208. ISSN 1212–4834.

VAVŘÍČEK, D. a kol., 2016. Revitalizace ekosystémových jednotek s využitím ekologických přístupů na stanovištích v minulosti antropogenně ovlivňovaných lokalit a extrémních lokalit současnosti. Postupová výzkumná zpráva za rok 2015. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 140 s.

VAVŘÍČEK, D., 2000. Tabletovaná hnojiva Strom-Konifer a Strom-Folixyl a jejich použití v lesním hospodářství II. Lesnická práce, 79 (8). 350–353.

VAVŘÍČEK, D., 2005. Některá rizika vyplývající z povrchového vápnění lesních ekosystémů ve vyšších polohách. In HRUŠKA, J., CIENCIALA, M. a kol. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví 2. vyd. Praha, Česká geologická služba. 119–121.

VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A., 2015. Základy lesnické pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně. Brno, Mendelu, 184 s.

VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P., 2000. Půdní prostředí přirozených smrčín 8. lvs Krkonoš. Opera corcontica, 37. 156-164.

VOKOUN, J. a kol., 2002. Příručka pro průzkum lesních půd. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 44 s.

VOPRAVIL, J., 2010. Půda a její hodnocení v ČR 1. díl 2. vyd. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 148 s. ISBN 978-80-87361-05-4.

ZBÍRAL, J., 1994. Analýza rostlinného materiálu. Jednotné metodické postupy. Brno, SKZÚZ, 170 s.

Seznam internetových zdrojů (URL)

[1] Geologická stavba České republiky [online] citováno 15. března 2016. Dostupné na World Wide Web <<http://www.zemepis.com/geologiecr.php>>.

[2] Hnojení [online] citováno 9. března 2016. Dostupné na World Wide Web <http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_HIO/kapitoly/Meliorace/hnojeni.htm>.

[3] Turistická mapa [online] citováno 20. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web <<https://mapy.cz/turisticka?x=17.1313765&y=50.1628351&z=13&l=0>>.

AOPK ČR. Správa CHKO Jeseníky [online] citováno 6. března 2016. Dostupné na World Wide Web <<http://jeseniky.ochranaprirody.cz/charakteristika-CHKO/pudni-pomery/>>.

LČR. Historický vývoj horských holí v Hrubém Jeseníku [online] citováno 8. dubna 2016. Dostupné na World Wide Web <<http://www.lesycr.cz/o-nas/casopis-lesu-zdar/stranky/historicky-vyvoj-horskych-holi-v-hrubem-jeseniku-.aspx.>>.

ÚHÚL. Katalog mapových informací, Oblastní plány rozvoje lesů [online] citováno 15. března 2016. Dostupné na World Wide Web <<http://geoportal.uhul.cz/OPRLMapNew/>>.

VÚLHM. Redakce *lesaktualne.cz*. České horské lesy se potýkají s překyselením půdy a nevyváženou výživou [online] citováno 8. března 2016. Dostupné na World Wide Web <<http://www.lesaktualne.cz/vyzkum/ceske-horske-lesy-se-potykaji-s-prekyselenim-pudy-a-nevyvazenou-vyzivou.>>.

Seznam použitých zkratk

Ah – humózní lesní horizont
Al – hliník
Am – melanický horizont
AOPK ČR – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
Ap – orniční horizont
Au – umbrický horizont
Bhs – humusoseskvioidický spodický horizont
Bs – seskvioxidický horizont
Bv – hnědý horizont
Bvs – rezivý spodický horizont
C – půdotvorný substrát
Ca – vápník
CaO – oxid vápenatý
Cr – horizont skeletovitého rozpadu pevné horniny
Ep – podzolizací ochuzený horizont
F – horizont drti
Fe – železo
FVZ – forest vegetation zone
GPS – globální poziční systém
CHKO – Chráněná krajinná oblast
j.-jz./J-JZ – jižní-jihozápadní expozice
J-JV – jižní-jihovýchodní expozice
K – draslík
L – horizont opadanky
LČR – Lesy České republiky
LHC – lesní hospodářský celek
LS – lesní správa
LVS – lesní vegetační stupeň
Mg – hořčík (MgO – oxid hořečnatý)
MZe – Ministerstvo zemědělství
N – dusík
NPR – Národní přírodní rezervace
O – organický půdní horizont
P – fosfor
pH – půdní reakce
PLO – přírodní lesní oblast
R – pevná hornina
S – síra
S-SV – severní-severovýchodní expozice
T – rašelinný horizont
ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
VÚLHM - Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled použitých hnojiv a jejich označení	31
Tab. 2: Složení hnojiv; zastoupení jednotlivých složek v hmotnostních procentech	31
Tab. 3: Složení růstových stimulátorů	32
Tab. 4: Zhodnocení obsahu živin v asimilačních orgánech podle Bergmanna (1988) ...	34
Tab. 5: Poměr prvků v 1. ročníku smrkového jehličí pro zajištění vyvážené výživy	34
Tab. 6: Stupně hodnocení celkové vitality jedince podle Vavříčka a kol. (2016)	36
Tab. 7: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství dusíku v sušině jehlic.....	40
Tab. 8: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství fosforu v sušině jehlic.....	41
Tab. 9: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství draslíku v sušině jehlic	42
Tab. 10: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství vápníku v sušině jehlic	43
Tab. 11: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství hořčíku v sušině jehlic	44
Tab. 12: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na množství síry v sušině jehlic	45
Tab. 13: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na výškové přírůsty	46
Tab. 14: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na tloušťku kořenového krčku	47
Tab. 15: Kruskal-Wallisův test, vliv hnojiv na vitalitu sazenic.....	48
Tab. 16: Poměry prvků - výsledné hodnoty.....	53

Seznam obrázků

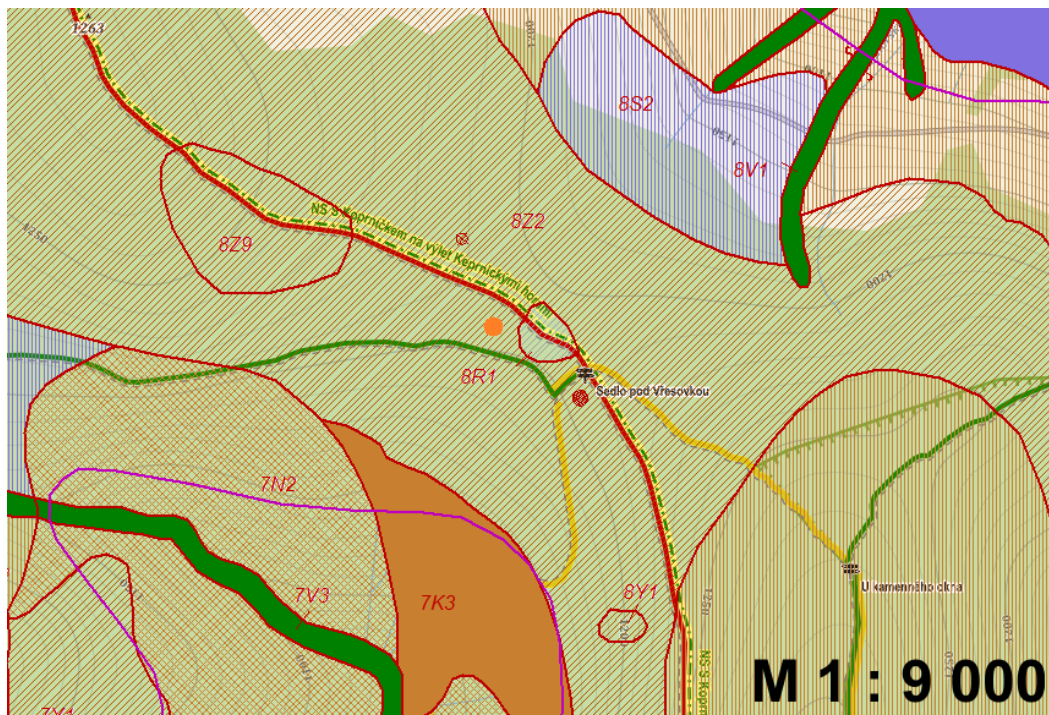
Obr. 1: Detail půdního profilu (půdní sonda)	37
Obr. 2: Celkový pohled na lokalitu.....	38
Obr. 3: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehlic	39
Obr. 4: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehlic.....	40
Obr. 5: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehlic	41
Obr. 6: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušině jehlic	42
Obr. 7: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehlic	44
Obr. 8: Celkový vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehlic	45
Obr. 9: Celkový vliv hnojiv na výškové přírůsty.....	46
Obr. 10: Celkový vliv hnojiv na tloušťku kořenového krčku.....	47
Obr. 11: Celkový vliv hnojiv na vitalitu sazenic	48
Obr. 12: Typologická mapa na podkladu turistické mapy podle ÚHÚL (2016)	66
Obr. 13: Přehledová turistická mapa.....	66
Obr. 14: Příklad barevného označení variant.....	67
Obr. 15: Příklad označení sazenic varianty W+S+SR50+S2 (sazenice 23 a 24).....	67
Obr. 16: Příklad označení sazenic varianty SR (sazenice 11 a 12).....	68
Obr. 17: Příklad označení sazenic varianty SR+S2 (sazenice 5 a 6)	68
Obr. 18: Příklad označení sazenic varianty SA+S2 (sazenice 45 a 46).....	68
Obr. 19: Příklad označení sazenic varianty K (sazenice 1 a 2).....	69
Obr. 20: Příklad označení sazenic varianty VD (sazenice 7 a 8).....	69

Přílohy

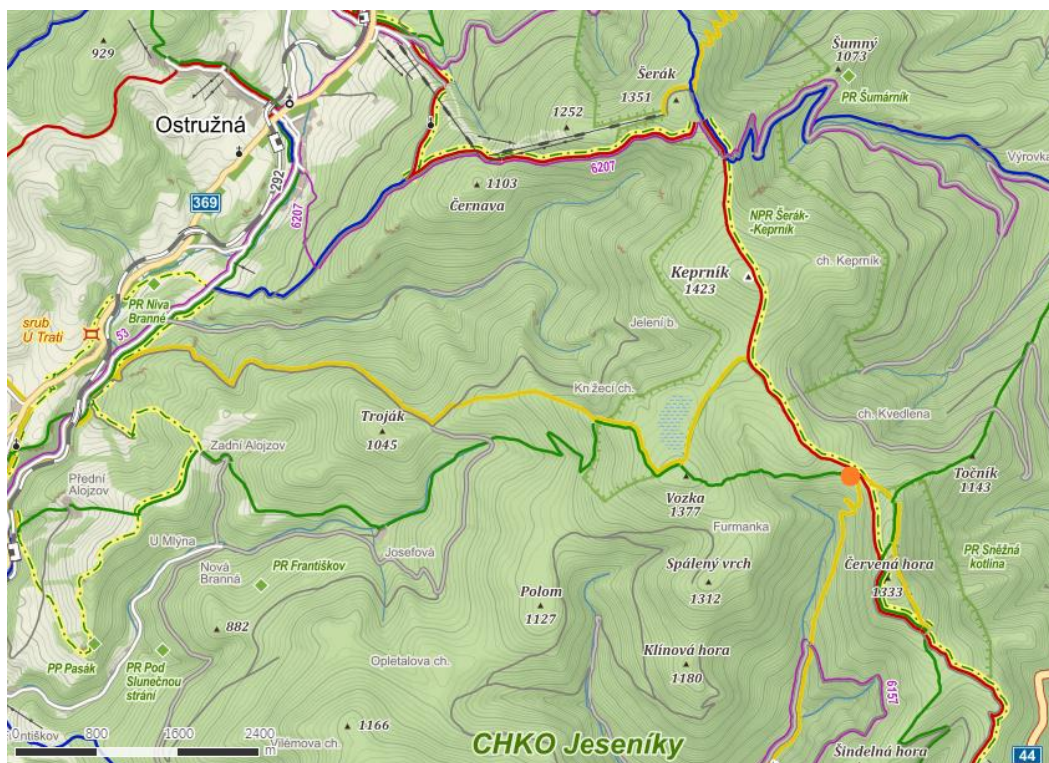
Příloha č. 1 – Mapové podklady

Příloha č. 2 - Příklad označení sazenic a barevného označení variant na výzkumné ploše

Příloha č. 1 – Mapové podklady



Obr. 12: Typologická mapa na podkladu turistické mapy podle ÚHÚL (2016) v měřítku 1 : 9 000; přibližný střed výzkumné plochy „Vřesovské sedlo“ označen oranžovým bodem



Obr. 13: Přehledová turistická mapa (URL[3]); výzkumná plocha „Vřesovské sedlo“ označena oranžovým bodem

Příloha č. 2 - Příklad označení sazenic a barevného označení variant na výzkumné ploše



Obr. 14: Příklad barevného označení variant SR+S2 (vlevo) a VD (vpravo) na výzkumné ploše



Obr. 15: Příklad označení sazenic varianty W+S+SR50+S2 (sazenice 23 a 24)



Obr. 16: Příklad označení sazenic varianty SR (sazenice 11 a 12)



Obr. 17: Příklad označení sazenic varianty SR+S2 (sazenice 5 a 6)



Obr. 18: Příklad označení sazenic varianty SA+S2 (sazenice 45 a 46)



Obr. 19: Příklad označení sazenic varianty K (sazenice 1 a 2)



Obr. 20: Příklad označení sazenic varianty VD (sazenice 7 a 8)