

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA

ÚSTAV GEOLOGIE A PEDOLOGIE

Vliv chemické meliorace na půdní prostředí v
kořenové zóně smrku ztepilého v oblasti Nízkého
Jeseníku

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv chemické meliorace na půdní prostředí v kořenové zóně smrku ztepilého v oblasti Nízkého Jeseníku zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona c. 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 c. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

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

V Brně, dne 14. 4. 2017 Bc. Michal Hošek

Poděkování

Poděkování patří především vedoucímu bakalářské práce, Ing. Janu Pecháčkovi, Ph.D. za pomoc a rady při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu při tvorbě této diplomové práce.

Jméno: Bc. Michal Hošek

Název: Vliv chemické meliorace na půdní prostředí v kořenové zóně smrku ztepilého v oblasti Nízkého Jeseníku

Abstrakt

U vybrané přírodní lesní oblasti (PLO 29) byl pozorován vliv aplikovaných hnojiv na vybrané pedochemické charakteristiky v zóně kořenového balu smrku ztepilého (*Picea Abies* /L./ Karsten). Založeny byly dvě výzkumné plochy s dílčím dělením na parcely a byly tvořeny zajištěnými kulturami smrku ztepilého. Na jednotlivých parcelách proběhla aplikace práškových hnojiv řady Silvamix, Silvamix R + stimulátor a Silvamix A. Pravidelně byly odebírány půdní vzorky z kořenové zóny smrku. Vliv hnojiv na pedochemické charakteristiky byl pozorován po dobu dvou let. Z výsledků měření je pozorovatelné, že aplikovaná hnojiva ovlivňují půdní prostředí a při správné aplikaci mohou pozitivně ovlivnit pedochemické faktory. Efekt hnojiv také limitují jednotlivé ekologické podmínky stanovišť. Největší vliv byl pozorován u hnojiva Silvamix R + stimulátor, které se nejvíce lišilo od kontrolní parcely.

Klíčová slova

Hnojiva řady Silvamix, smrk ztepilý, kořenová zóna, Nízký Jeseník

Name: Bc. Michal Hošek

Title: The influence of chemical amelioration on the soil environment in the root zone of Norway spruce (*Picea Abies* /L./ Karsten) in Nížký Jeseník (the Czech Republic).

Abstract

The influence of applied fertilizers on the selected pedochemical characteristics in the root zone of Norway spruce (*Picea Abies* /L./ Karsten) were observed in the selected natural forest region (NFR 29). Two research areas were established, divided to single plots and they were consisted of young stand of Norway spruce. On each plot, the application of powdered fertilizer from the Silvamix, Silvamix R + stimulator a Silvamix A series, was used. The soil samples from the root zone of the spruce were collected regularly. The influence of the fertilizers on the pedochemical characteristics was monitored for two years. From the measurement results is observed, that applied fertilizers affect the soil environment and when properly applied, they can positively influence the pedochemical factors. The effect of the fertilizer is also limited by single ecological site conditions. The biggest influence was observed in the fertilizer Silvamix R + stimulator, which varies the most from the control plot.

Keywords

Silvamix series fertilizers, Norway spruce, root zone, Nížký Jeseník Mts.

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled	10
2.1 Charakteristika přírodních podmínek Nízkého Jeseníku	10
2.1.1 Poloha území	10
2.1.2 Geomorfologické poměry	10
2.1.3 Geologické poměry	10
2.1.4 Půdní poměry	11
2.1.5 Klimatická charakteristika	11
2.1.6 Hydrologické poměry	11
2.2 Půdní prostředí jako součást lesního ekosystému	11
2.3 Hnojení lesních dřevin	13
2.3.1 Definice hnojení	13
2.3.2 Historický vývoj hnojení v české republice	13
2.3.3 Účel hnojení	13
2.3.4 Metody hnojení	14
2.3.5 Zásady správné aplikace	14
2.3.6 Hnojiva řady Silvamix	15
2.4 Půdní živiny	16
2.4.1 Dusík	16
2.4.2 Draslík	17
2.4.3 Fosfor	18
2.4.4 Vápník	18
2.4.5 Hořčík	19
2.5 fyzikálně-chemické vlastnosti půdy	19
2.5.1 Půdní reakce	19
2.5.2 Půdní sorpce	20
2.5.3 Poměr uhlíku a dusíku	21
3. Metodika	22
3.1 Výběr zkusných ploch	22
3.2 Pedologický průzkum výzkumných ploch	22
3.3 Vlastní aplikace hnojiv	22

3.4 Odběr půdních vzorků	23
3.5 Laboratorní vyhodnocení vzorků	24
3.6 Statistické vyhodnocení dat	25
4. Výsledky	27
4.1 Charakteristika výzkumných ploch	27
4.1.1 Výzkumná plocha Vítkov – mlazina	27
4.1.2 Výzkumná plocha Vítkov – tyčovina	29
4.2 Vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na půdní prostředí	31
4.3 Zhodnocení vlivu jednotlivých hnojiv	39
5. Diskuze	41
6. Závěr	44
Summary	46
Seznam použité literatury	48
Přílohy	53

1. Úvod

Půdní složka je jednou ze základních složek lesního ekosystému, je nezbytná pro zajištění základních fyziologických procesů. Půda jako taková zásobuje lesní porosty vodou a zajišťuje jejich zásobování živinami. Narušení půdního prostředí má za následky zhoršení zdravotního stavu, celkové produkce i degradaci lesního ekosystému (Šrámek, 2017). Lesní půda je základní prvek lesa a bez půdy není dřevní produkce (Pelíšek, 1964).

Nejčastějšími nedostatky, které způsobují poškození lesa je narušení kořenového systému, či poruchy výživy dřevin (Podrázský et al. 2003). Pro monokultury smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.) je jako nejčastější porucha výživy uváděn deficit hořčíku v asimilačním aparátu (Vacek et al. 2006). Tato porucha výživy je nazvána jako „žloutnutí“ lesních porostů a je považována jako novodobé chřadnutí. Poškození způsobuje vyplavení bází, nejvíce právě hořčíkové, z asimilačních aparátů a z půdního profilu. Takto vzniklý deficit způsobuje fyziologické poškození dřevin (Huttl, 1987). Příjem živin ovlivňují i další vlivy. Například nadměrné množství dusíku v půdě ztěžuje normální příjem ostatních živin v půdě a ovlivňuje půdní reakci (Podrázský et al. 2003). Dále pak výživu lesních dřevin může negativně ovlivňovat vysoké množství hliníku v půdě (Vavříček et al. 2006).

Výše uvedené problémy byly způsobeny tzv. imisním chřadnutím lesa. Tento stav byl výsledkem antropogenního znečištění ovzduší, špatnou volbou sadebního materiálu a v poslední řadě klimatickými podmínkami. Chřadnutí má za následek poškození tisíce hektarů lesa, které způsobilo obrovský nárůst imisních holin. Změny chemizmu půd vyvolané kyselou depozicí, vedou k poruchám výživy lesních porostů (Nárovec, 2001). Tyto problematické lokality byly těžko zalesnitelné, a proto se v lesnictví začaly uplatňovat chemické meliorace, ty jsou dnes brány jako standartní opatření v lesním hospodářství. Chemické meliorace využíváme převážně na nepříznivých stanovištích, za účelem urychlení odrůstání lesních porostů. Jejich hlavním cílem je úprava podmínek v zóně kořenového balu na příznivé podmínky k růstu sazenic, a tím zlepšit vývoj a odrůstání ohrožených kultur (Šály, 1978). Mezi dřívější časté způsoby asanace patřilo letecké vápnění, od kterého se již dnes upustilo.

V dnešní době se kromě vápnění využívá i hnojení průmyslovými hnojivy. Hnojení je jedno z nápravných opatření sloužící k revitalizaci lesních porostů v poškozených

oblastech, dále slouží k odstranění nerovnováhy ve výživě. Jedná se o cílevědomou činnost, kterou do půdního prostředí přidáváme hnojivové látky (Nárovec, 2001). Využití hnojiv s pomalu rozpustným účinkem a jejich příznivý vliv dokládá řada studií (Podrázský et al. 2003; Vacek et al. 2006).

V rámci této studie byly na založených výzkumných plochách aplikovány hnojiva řady Silvamix. Konkrétně Silvamix R + stimulant a Silvamix A, jedná se o pomalu rozpustná prášková hnojiva. Jako další přípravek byl použit Vermaktiv Stimul, který ovšem není vyhodnocen v této studii.

Vliv chemické meliorace na půdní prostředí byl posuzován v zóně kořenových balů smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.). Jedná se o jehličnatý strom velkých rozměrů s přímým průběžným kmenem. Může dosahovat stáří až 350-400 let, výšky 50m a průměr kmene až 1,5m. Jedná se o dřevinu s povrchovým kořenovým systémem, je náročný na půdní vlhkost. Bývá často poškozován a to houbovými chorobami, nebo okusem zvěří. Jedná se o dřevinu citlivou na znečištění ovzduší průmyslovými exhalacemi. V lesním hospodářství je využíván jako jedna z hlavních produkčních dřevin (Úradníček, 2003).

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv chemické meliorace na pedochemické charakteristiky a obsah živin v půdě v monokulturách smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.).

2. Literární přehled

2.1 Charakteristika přírodních podmínek šetřené oblasti

2.1.1 Poloha území

Vybrané lokality se nachází na území Nízkého Jeseníku. Nízký Jeseník se rozléhá na pomezí střední Moravy, Slezska a jihovýchodního okraje Zlatohorské vrchoviny. Plocha této přírodní oblasti je 2529 km² (Culek et al. 1996). Demek (et al., 1987) popisuje území jako plochou vrchovinu v Severomoravském kraji s JV a V sklonem a okraji tvořeny ostrými hlubokými údolím. Střední nadmořská výška je stanovena na 482,5 m a střední sklon území je 5°14' (Janoška, 2001).

2.1.2 Geomorfologické poměry

Reliéf zkoumané oblasti má charakter tektonicky zdviženého zarovnaného povrchu s plošinami, které jsou většinou oddělené 150 – 330 m vysokým okrajovým zlomovým svahem od okolních bioregionů. Vodní toky vyskytující na daném území, vytvářejí 130 – 270 m hluboká, místy skalnatá údolí, vznikající na okrajových částech plošiny (Culek et al. 1996). Na území se také nachází několik vyhaslých sopečných pohoří (př. Uhlířský vrch, Velký Roudný). Mezi nejvyšší pohoří šetřené území patří Dobřečovská hora 809 m n. m. a Slunečná 800 m n. m., nacházející se na západě území (Průša, 2001). Dle Culka et al. (1996) je typická výška bioregionu 300 – 710 m.

2.1.3 Geologické poměry

Nízký Jeseník je tvořen litologicky jednotvárným územím ze spodního karbonu v kulmském vývoji. Tudiž se jedná o břidlice, droby a místy slepence (Culek et al., 1987). Dle Janošky (2001) došlo k vyvrásnění kulmských hornin, drob, břidlic a slepenců, které byly při jedné z posledních fází spodního karbonu vyzdviženy nad mořskou hladinu. Tyto nově vzniklá pohoří byly značně pásovitě. Dnešní horstvo už se původnímu vůbec nepodobá, vlivem zvětrávání a eroze bylo pozměněno, pásmovitost ovšem zůstala zachována. Tuto pásmovitost dokazuje o uložení pruhů

hornin rozléhajících se od SSV – JJZ daného území. Vybraná lokalita patří do tzv. Moravického souvrství, kde dominantní postavení zastupují převážně tmavé jílovité břidlice a pásy hrubozrnných drob (Janoška, 2001).

2.1.4 Půdní poměry

V rámci řešeného území se nachází několik typů půd v závislosti na nadmořské výšce a ostatních vlivech stanoviště. Ve vyšších oblastech převažuje kambizem nejčastěji districká, na hřbetu Slunečné je dokonce uveden i podzol kambický (Culek et al. 1996). V rámci rovných plošin převládají hlinité půdy, které jsou často ovlivňovány vodou, proto zde mluvíme o oglejených půdách (Průša, 2001). V nížinách a na okrajových částech převažují typické kambizemě nad kyselými půdami a vyskytují se zde větší plochy s primárními pseudogleji (Culek et al. 1996).

2.1.5 Klimatická charakteristika

Podnebí šetřené oblasti je značně ovlivňováno nadmořskou výškou a je relativně chladné. Dle Quitta leží okrajové svahy v mírně teplé oblasti MT 2 a MT 3, vyšší partie v chladné oblasti CH 7. Podnebí je tedy mírně teplé až chladnější, většinou dobře dotované srážkami (Šternberk 7,9°C, 645 mm, Moravský Beroun 6,2°C, 828 mm). Na nejvyšších vrcholech pak klesá teplota pod 5°C. Místním jevem, ale značně rozšířeným, jsou inverze v údolních zářezech (Culek et al. 1996).

2.1.6 Hydrologické poměry

Šetřené zájmové území je známe častými vývěry minerálních vod, nejznámější z nich je Ondrášovka (Průša, 2001). Celá oblast leží v povodí řeky Odry. Řeka Odra, pramenící v oblasti Nízkého Jeseníku, je charakteristická tím, že vytváří tzv. peřejnatou bystřinu (Wiltsch, 2017). Mezi další toky na území patří řeka Moravice, na které se nachází vodní dílo Slezská Harta, sloužící jako zásobárna vody a pro výrobu elektrické energie (Pod, 2017)

2.2 Půdní prostředí jako součást lesního ekosystému

Půda jako taková je řazena mezi jednu z nenahraditelných složek lesního ekosystému. Její významnost, především pro zajištění produkčních schopností stanoviště, je popsána v řadě studií. Půdní prostředí slouží k zásobování lesních porostů vodou a živinami a tvoří prostředí pro půdní organizmy (Barnes et al. 1998). Podrázký (2006) uvádí, že vlastnosti půdního prostředí mají přímý vliv na stav lesních porostů.

Půda, jakožto abiotická složka lesního ekosystému, je svrchní část zemské kůry, která vznikla působením určitých půdotvorných činitelů. V přírodním půdotvorném prostředí je schopná během určité doby vytvářet stanoviště lesních porostů (Pelíšek, 1964). Půda jako taková vzniká z matečné horniny, která nám určuje vlastnosti výsledných půd, zejména chemismus půd, zrnitost a hloubku výsledných půd (Šály, 1978). Byla také definována, jako samostatně vznikající přírodní útvar, který se vyvíjí ze zvětralin zemské kůry a zbytků organismů za působení půdotvorných faktorů (Hauptman et al, 2009). Šály (1978) ve své publikaci říká, že původní matečná hornina není schopná zajistit vhodnost stanoviště pro rostliny, až postupným zvětráváním a hromaděním organických látek se stává vhodným prostředím pro nižší a později i složitější organizmy.

Lesní půda jako taková je charakteristická tím, že je dlouhodobě ovlivňována rostlinnými společenstvy a není pravidelně obdělávána. To zajišťuje dlouhodobé zachování půdních vlastností, zejména uspořádání půdních horizontů (Hauptman et al, 2009).

Půdní prostředí jako takové je tvořeno jako celek minerálních a organických látek, půdního vzduchu, půdní vody a půdních organismů. Teprve tyto společné podmínky vytváří optimální stanoviště pro růst a vývoj rostlin. Půdní prostředí díky mechanickým, chemickým, biologickým procesům a působení organismů umožňuje mineralizaci organických látek a zvětrávání anorganických látek, a tak zajišťuje uvolňování živin (Šimek, 2005). Při procesech zvětrávání a rozkladu půdních částic vznikají jednotlivé půdní horizonty. Uspořádání těchto horizontů určuje půdní typ (Rejšek, 1999). Půdní typ má přímý vliv na trofnost a hydricitu stanoviště.

Rejšek (1999) uvádí, že lesní půdy vznikají v zásadě dvojím způsobem:

1. V in situ, kdy je minerální složka půdy produktem zvětrávání pevné, zpevněné či nezpevněné horniny starohorního až třetihorního stáří. Nebo vzniklé

při plynulé přeměně reliktní půdy, které vznikla za odlišných geologických podmínek.

2. Na přemístěné usazenině, ty byly na příslušné stanoviště přemístěny působením vody, ledovcem, větrem, nebo působením gravitačních sil. Tyto půdy také původně vznikly in situ, ovšem na původním stanovišti, zpravidla na výše položeném.

Z lesnického hlediska je kladena důležitost lesních půd na ekologickou stabilitu lesních ekosystémů (Rejšek, 1999). Stabilitou lesních porostů se rozumí odolávat abiotický vlivům (Poleno et. Vacek, 2011).

Pelíšek (1964) uvádí lesní půdu jako jeden ze základních výrobních prostředků a proto se stává základem veškerého lesního hospodářství. Díky své produkční schopnosti a obsahu živé složky se výrazně odlišuje od neproduktivní pevné horniny. Veškeré její vlastnosti jsou ovlivňovány souborem fyzikálních, chemických, biochemických a biologických vlastností.

2.3 Hnojení lesních dřevin

2.3.1 Definice hnojení

Hnojení představuje cílevědomou činnost, která je prováděna za účelem dodávání hnojivových látek. Hnojení v lesnickém pojetí slouží především k úpravě zásob živin v půdě (Nárovec, 2001). V lesním hospodářství lze hnojení dělit dle způsobu aplikace a stáří porostu. Hnojení často slouží jako opatření k obnově a revitalizaci lesních porostů imisních oblastí, nebo jako nástroj k odstranění nerovnováhy ve výživě (Evers, Huttel, 1990). Hlavním účelem hnojení je urychlení růstu a vývoje kultur na nepříznivých stanovištích. Dále hnojení napomáhá ke snížení mortality na ohrožených stanovištích (Remeš a kol. 2004).

2.3.2 Historický vývoj hnojení v České republice

V České republice začíná rozvoj výzkumu aplikace hnojiv až v 19. století, kdy byly vydány výzkumy německého chemika Justuse von Liebiga, které podnítily vznik výzkumných stanic pro hnojení půdy a rostlin. Německý chemik Justus von Liebig ve své práci vydané v roce 1840 uvádí, že rostlinám slouží k výživě minerální látky,

kteře vznikají mineralizací organických sloučenin. Tím popřel tzv. „humusovou teorii“ o tom, že rostliny ke své výživě využívají již hotové organické sloučeniny ve formě humusu. Společně se Sprengel pak definoval obecně platný „zákon minima“, podle nějž je pro růst rostliny limitující ten prvek, který je v minimu. V návaznosti na Sprangel-Liebigovu „minerální teorii“ došlo celosvětově k zahájení používání minerálních hnojiv. O rozvoj výživy rostlin se u nás významně zasloužil Kolařík, který se zaměřil na vypracování metod potřeb hnojení na základě anorganických rozborů rostlin (Richter et Hlušek, 1994).

2.3.3 Účel hnojení

Hlavním účelem hnojení v lesním hospodářství je dodávání nedostatkových živin, které limitují produkci daného stanoviště. Jedná se o cílevědomou činnost a je součástí lesopěstebních opatření. Stanovištní úprava živin by měla být součástí komplexní péče o porosty a každý zásah by měl být předem analyzován. Důležité je vyhodnocení jednotlivých potřeb hnojení pro dané stanoviště na základě obsahu živin v půdě (Nárovec 2001).

Hlavním úkolem hnojení je přímé nebo nepřímé dodání živin, které jsou na daném stanovišti limitní pro správný růst a vývoj porostu. Šály (1978) uvádí, že hnojení živinami, především dusíkem, draslíkem, fosforem a hořčíkem, je hnojení přímé. Hnojení může být chápáno, jako prostředek pro zlepšení produkční funkce lesa, kdy dochází k úpravě zásoby živin v půdě, za účelem zvýšení produkce dřevní hmoty. Na hnojení je třeba dívat se jako na jeden z prostředků moderního pěstování lesů, protože jeho cílem je vypěstovat zdravé, kvalitní, přirůstající porosty. Pomocí hnojení cílevědomě vylepšujeme půdní vlastnosti (Šály, 1978). V současnosti je hnojení využíváno při obnově lesů v horských oblastech a u porostů, které byly poškozeny průmyslovými imisemi (Nárovec 2001, Nárovec 1993).

2.3.4 Metody hnojení

Základními metodami hnojení jsou:

- Základní hnojení, tento způsob hnojení slouží k úpravě produkčních schopností půdy ve smyslu působení na fyzikálně-chemické vlastnosti.

- Operativní hnojení, je ovlivňování půdy ve vztahu k aktuálnímu porostu a situaci. S jeho pomocí upravujeme stav výživy v různém stádiu vývoje (dřevní produkce) a zdravotní stav.

Základní hnojení se provádí za účelem úpravy nevyhovujících půdních vlastností, ať už zemědělských či lesních půd. Operativní je využíváno při akutních potřebách zlepšení stavu výživy, regenerační hnojení, nebo s cílem jednorázového zlepšení zdravotního stavu porostů (Podrázský, 2004)

2.3.5 Zásady správné aplikace hnojiv

Jestliže má být hnojení účinné, je třeba dodržet jisté zásady. Pro melioraci degradovaných lesních půd je nutný podrobný terénní i laboratorní průzkum půdních profilů. Je nutné zjistit aktuální stav živin v půdě daných lesních porostů na stanovišti a podle toho určit následný výběr hnojiva, vhodné dávky pro daný porost a zvolit správnou dobu aplikace hnojiv. Na potřebu hnojení poukazují většinou vizuální symptomy nedostatečné výživy, výsledky listových analýz, nebo výsledky laboratorního rozboru půd. Podle věku, hustoty a rozlohy porostů se rozhoduje o plošné nebo lokální aplikaci hnojiv. Po místní aplikaci hnojiv se využívá především u nejmladších, dosud nezapojených porostů, nebo naopak ve starších prosvětlených porostech. Doba aplikace hnojiv je volena tak, aby dřeviny mohly přijmout maximální množství živin dodávaných hnojením. Nejvhodnější doba pro hnojení lesů je obecně na jaře. Snadno rozpustná hnojiva je vhodné aplikovat teprve tehdy, kdy začíná jarní růst kořenů dřevin a živiny mohou být přijímány. Vápenatá a fosforečná hnojiva lze aplikovat celoročně, případná aplikace na sníh musí být vždy pečlivě zvážena. Opatrnosti je zapotřebí při hnojení dusíkatými hnojivy. Těmito látkami se nesmí hnojit na konci vegetačního období, poněvadž vlivem prodlouženého růstu, aby dřeviny mohly utrpět poškození při časných mrazech. Dalším rizikem při použití dusíkatých hnojiv je, že v lesním ekosystému může být dusík limitující živinou. Při přehnojení stanoviště může dojít k nadměrnému uvolňování mobilních sloučenin do spodních vod a tím k možné eutrofizaci. Dle zákona č. 156/1998 Sb. je stanoveno maximální množství živin, které by při jednorázové aplikaci hnojiv, nemělo být překročeno (Podrázský, 2005, Richter et Hlušek, 1994).

2.3.6 Hnojiva řady Silvamix

Hnojiva řady Silvamix řadíme do skupiny postupně působících hnojiv. Jedná se o průmyslová hnojiva, u nichž je usilováno o zajištění postupného uvolňování živin do kořenové zóny rostlin. Zároveň je snaha, aby nevznikaly ztráty v podobě vymývání, či vytékání. Hnojiva byla původně vyvíjena pro potřeby zemědělství, až postupně nacházela uplatnění i v ostatních oborech rostlinné výroby a později i v lesnictví (Nárovec, Jurásek, 2000).

Je uváděno, že postupné uvolňování živin trvá minimálně dva roky. Výrobce uvádí, že hnojiva této řady jsou speciální hnojiva, obsahující vysoké množství živin. Hnojiva jsou určena k hnojení lesních kultur, ale i sazenic v lesních školkách. Jsou vyráběna jak v práškové formě tak i jako tablety. Díky těmto formám umožňuje hnojivo přesné dávkování k rostlině a je tak minimalizováno hnojení mimo dosah kořenového systému. Hnojiva neobsahují nežádoucí příměsi ani chloridy. Souborem všech svých vlastností minimalizují negativní dopady klasických rychle rozpustných průmyslových hnojiv na životní prostředí a jsou tak k němu velmi šetrná.

2.4 Půdní živiny

Mezi rostlinné živiny se řadí prvky, které jsou k normálnímu růstu a vývoji rostlin nezbytnou součástí a nemohou být nahrazeny. Patří mezi ně 15 – 18 biogenních prvků, dělících se na makroelementy (hlavní živiny) a stopové prvky. Jako základní živiny považujeme šest biogenních prvků (C, O, H, N, S, P) které tvoří přibližně 90% živé hmoty (Poleno, Vacek, 2011). Chemismus lesních půd je jedna z nejdůležitějších složek produkční schopnosti lesních půd. Zdrojem chemických prvků půd je matečná hornina, hnojiva minerální i organická a zdrojem uhlíku a dusíku je organická mrtvá hmota (Materna, 1963).

2.4.1 Dusík

Obrovským zdrojem dusíku je humus, v našich podmínkách zaujímá obsah dusíku v půdním humusu 5 – 25 t/ha (Šály, 1978).

Celkový obsah dusíku v půdě je z hlavní části tvořen organickou formou (98-99 %) a následně teprve minerální složkou (Richter et Hlušek, 2003). Organická hmota v půdě

představuje největší zásobárnu dusíku. Zde je dusík obsažen ve formě organického dusíku potenciálně přístupného rostlinám, je-li přeměněn činností mikroorganismů na minerální formu. Převážná část dusíku až 50 % je obsaženo ve formě aminokyselin a cukrů. Zbytek dusíku je ve formě komplikovaných heterocyklických sloučenin (Vavříček, Kučera, 2014). Minerální dusík je tvořen ionty NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , které jsou v půdním roztoku nebo jsou výměnným způsobem vázané.

Dusík má význam při tvorbě chlorofylu. Podílí se rovněž na stavbě aminokyselin a tím také bílkovin a protoplazmy, DNA a RNA, dále chitinu, peptidoglykanů tvořících buněčné stěny, enzymů a mnoha dalších látek (Vavříček, Kučera, 2014). Nedostatek dusíku se projevuje malým vzrůstem rostlin, nezdravým vzhledem. Ovlivněny jsou nejdříve starší části rostliny (Matula, 1977). Další jev je předčasné kvetení a nízký počet květenství (Materna, 1963). Rostlina má charakteristické světle zelené až žlutavé zbarvení na starších jehlicích a listech. Tyto listy se následně před opadem barví do oranžova (Hruška, 2005).

2.4.2 Draslík

Draslík se řadí mezi hlavní živiny a jeho nedostatek v půdě může mít zásadní vliv na produktivitu a růst rostlin. V půdě se nachází v několika možných formách. Jednou z forem je draslík jako součást primárních či sekundárních minerálů. Dále se nachází ve výměnných pozicích koloidních struktur jílových minerálů. Poslední formou je draslík rozpuštěný v půdním roztoku (Šimek, 2003). V rostlinách je draslík obsažen pouze v anorganické formě (Materna, 1963).

Draslík je důležitou složkou v metabolismu rostlin a živočichů, slouží jako aktivátor více než 80 enzymů. Podílí se na růstu buněk, jejich dělení a má zásadní vliv na rozvoj kořenového systému (Vavříček, 2011). Draslík je v rostlinném pletivu hromaděn v místech aktivního růstu (Materna, 1993). Podílí se na adaptaci rostlin vůči stresu, zvyšuje jejich odolnost proti suchu a nízkým teplotám, ale také vůči napadení houbovými chorobami a hmyzem (Šimek, 2003). Nedostatek této živiny se projevuje tmavě zeleným až modravým zbarvením listů (Matula, 1977). Objevují se drobné chlorózy na spodní části koruny, následně se vyskytují nekrózy na špičkách listů a postupně se šíří po celém okraji listu (Hruška, 2005). Nedostatkem je také ovlivněna tvorba plodů a semen rostlin (Materna, 1963).

2.4.3. Fosfor

Fosfor je nezbytný makrobiogenní prvek. Jeho obsah v půdě je poměrně nízký a vyskytuje se jak v minerální tak organické formě (Vavříček, Kučera, 2014). Převážná část minerálních sloučenin fosforu je v půdě nerozpustná, proto je pro rostliny málo přístupný. Ovšem vedle této těžko rozpustné formy se nachází sekundární minerály, vzniklé chemickými reakcemi (Richter et Hlušek, 2003). V půdě se vyskytuje převážně ve formě fosforečnanů. Přijatelnost fosforu významně ovlivňuje půdní reakce (Šimek, 2003).

Pro rostliny je fosfor nezbytná součást nukleových kyselin, je obsažen také v adesindefosforečné a adesintrifosforečné kyselině, jako důležitý meziproduct v metabolismu živých buněk (Materna, 1963). Má zásadní vliv na rozvoj kořenového systému. Nedostatek fosforu se projevuje zbarvením listů, které dostávají modrozelenou barvu. Listy jsou matné, kožovité, spodní strana čepele většinou červená až fialová. Listy následně od špičky zasychají a dochází k předčasnému opadu (Hruška, 2005).

2.4.4 Vápník

Vápník patří mezi důležité živiny, ale také má velký význam na půdní prostředí. Podílí se na zlepšování fyzikálních i chemických vlastností půd, zvyšuje půdní pH a pomáhá tak vytvářet příznivou strukturu (Šimek, 2003). Ovlivňuje průběh půdotvorného procesu. Upravuje vlastnosti půdy tím, že působí na vodní, vzdušný a teplotní režim půdy (Richter et Hlušek, 2003). Nejčastější sloučeninou vápníku v půdě je uhličitán vápenatý, který vlivem oxidu uhličitého a vody je přeměněn na dobře rozpustný hydrogen uhličitán vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Materna (1963) uvádí, že vápník ovlivňuje příjem živin kořenovým systémem a má vliv na vývoj kořenového systému. Vápník také slouží k neutralizaci organických kyselin (Vavříček, 2011). Nedostatek provází charakteristické krnění kořenů, odumírání kořenových špiček, tvorba chloróz na starších listech a celkové snížení vzrůstu (Materna, 1963). Na nových listech a výhonech pozorujeme svinování či hákovité zahnutí (Hruška, 2005).

2.4.5. Hořčík

Podstatnou část hořčíku přístupného pro rostliny zaujímá tzv. výměnný hořčík. Ten je po vápníku nejvíce zastoupen v normálně sorpčně nasycených půdách (Richter et Hlušek, 2003). Hořčík je důležitý stavební prvek chlorofylu rostlin. Ovlivňuje energetickou bilanci a udržování rovnováhy koloběhu uhlíku a kyslíku (Matula, 1977). Hořčík v rostlině snižuje asimilaci oxidu uhličitého, napomáhá k aktivaci enzymů a snižuje volné aminokyseliny (Vavříček, 2011). Nedostatek se projevuje nejdříve u starších listů, na kterých se začínají objevovat bledavě zelené chlorotické skvrny, signalizující poruchu tvorby chlorofylu. Na listech je tzv. mramorování, listy předčasně usychají a opadávají (Hruška, 2005). Existence vizuálních symptomů je signálem již rozsáhlých poruch metabolismu rostliny, protože chlorofyl je postihován až v poslední řadě (Matula, 1977).

2.5 Fyzikálně-chemické vlastnosti půdy

2.5.1 Půdní reakce - pH

Půdní reakce vyjadřuje stupeň acidity nebo alkalinity půdy a vyjadřuje sílu vodíku jako kyselého působícího kationtu (Vavříček, Kučera, 2014). Půdní reakce tvoří důležitou vlastnost lesních půd, je velice úzce spjata s půdními procesy jak fyzikálními, tak i chemickými a biologickými (Pelíšek, 1964). Půdní reakci způsobují vodíkové ionty (H^+), které v půdním roztoku označujeme jako pH (Richter, Hlušek 2003). V praxi se půdní reakce udává pomocí obsahu vodíkových iontů, které jsou vyjádřeny v hodnotách záporného dekadického logaritmu koncentrace vodíkových iontů (Vavříček, Kučera, 2014).

Půdní reakce se rozděluje na aktivní a potencionální. Aktivní půdní reakce vyjadřuje koncentraci iontů vodíku obsažených v půdním roztoku. Zjišťuje se ve vodě – pH/ H_2O . Půdní reakce potencionální (výměnná) vyhodnocuje nejen volné vodíkové ionty, ale i ty které jsou vázány v rámci výměnné složky sorpčního komplexu. Je zjišťována v roztoku chloridu draselného – pH/KCl.

2.5.2 Půdní sorpce

Půdní sorpce představuje schopnost půdy zadržovat (poutat) ionty nebo celé molekuly z půdního roztoku. Tím je omezováno jejich vyplavování do spodních vrstev, které jsou pro výživu rostlin nepřístupné. Také pomáhá k snižování nežádoucí koncentrace solí v půdním roztoku. U půdní sorpce se jedná o specifické vlastnosti pevné fáze půdy, která dokáže dočasně poutat do svých vazeb různé látky a ty následně opět uvolňovat. Tento mechanismus je základní předpoklad výživy rostlin v půdě, protože sorpční komplex plní funkci tzv. rezervoáru lehce přijatelných živin. Působení půdní sorpce se vyskytuje v několika formách, a to jako mechanická, fyzikální, chemická, fyzikálně-chemická, organická a biologická (Vavříček, Kučera, 2014).

Obsah výměnných bází – S

Z pohledu výživy a existence rostlin se v půdní dynamice nejčastěji projevuje nasycenost bázemi. Jako půdy sorpčně nasycené označujeme především půdy, jejichž sorpční komplex je převážně nasycený dvojmocnými kationty (Šály, 1978). Obsah výměnných bází je chápán jako skutečný obsah všech bází v půdě v daný okamžik. Jeho hodnota se udává v miligramech a je označován písmenem S. V lesních půdách není tento obsah stálý, vykazuje značnou dynamiku během roku. Je zásadně ovlivněn vlhkostí a stupněm humifikace lesních půd (Pelíšek, 1964).

Maximální sorpční kapacita – T

Jedná se o důležitý ukazatel úrodnosti lesních půd, především pro její schopnost vázat dostatečný počet živin přijatelných pro rostliny (Hlušek, 2004). Je charakterizována největším množstvím kationtů, které může poutat 1 kg zeminy (kationtová výměnná kapacita, KVK), je uváděna v milimolech (Vavříček, Kučera, 2014). Maximální sorpční kapacita je ovlivněna podílem humusových koloidů, zvyšuje se s jejich nárůstem.

Sorpční nasycení – V

Procentický podíl výměnných bazických kationtů sorpční kapacity označujeme symbolem V, stupeň sorpční nasycenosti. Šály (1978) uvádí, že pokud půda dosahuje 50%, považujeme ji jako sorpčně nasycenou. Společně se sorpční kapacitou je vyhodnocována hydrolytická kyselost, která charakterizuje ionty H a Al obsažené v půdních koloidech.

2.5.3 Poměr uhlíku a dusíku

Jedná se o významný ukazatel kvality dekompozice, humifikace a trofnosti lesních půd. Uhlík je základní stavební složka organické hmoty a dusík je hlavní složka výživy rostlin i půdních organismů. Půdní mikroorganismy, stejně jako jiné organismy, vyžadují vyrovnanou výživu a určitý poměr živin pro tvorbu biomasy. Rostlinné zbytky mají většinou poměr C:N 40:1. Dusík takto vázaný je ovšem většinou nepřístupný pro výživu (Šimek, 2003).

Se zvyšujícím poměrem C:N pozorujeme snižování trofnosti půd, snížení stupně rozkladu organické hmoty a vliv na půdní pH které klesá. V závislosti na poměru C:N a vývoji humusových forem souvisí dřevinná skladba. Jehličnany mají totiž obtížně rozložitelný opad a tím přispívají ke zvyšování poměru C:N. V procesu přeměny organické hmoty na humus dochází ke snižování poměru C:N, protože uhlík je „vydýcháván“ při metabolických procesech a uniká ve formě CO₂ a dusík se opět vrací zpět do koloběhu živin (Vavříček, Kučera, 2014).

3. Metodika

3.1 Výběr zkusných ploch

Na území přírodní lesní oblasti 29 – Nízký Jeseník byly vybrány 2 výzkumné plochy. Výzkumné plochy se nachází na území města Vítkov. Výzkumné plochy se nachází na kyselých a oglejených stanovištích 4. LVS [(určeno dle lesnicko-typologického klasifikačního systému (Plíva, 1986)]. Jednotlivé výzkumné plochy jsou zalesněné smrkem ztepilým (*Picea abies* /L./ Karsten) rozdílného věkového stupně. Na výzkumných plochách bylo založeno několik variant podle aplikovaného přípravku. Na každé dílčí variantě proběhl mechanický zásah pro uvolnění přehoustlého zápoje a bylo vybráno a označeno 50 jedinců, kteří byli dále pro účel práce sledováni.

3.2 Pedologický průzkum výzkumných ploch

Na každé výzkumné ploše byly vykopány půdní sondy s hloubkou po substrátový horizont C. Půdní sondy byly vykopány pomocí pedologického rýče a přední stěna sondy byla zahlazena pro možnost určení horizontů. U takto vzniklých půdních profilů byl proveden popis půdních horizontů. Následně u každé sondy určen půdní typ a subtyp dle Taxonomického klasifikačního systému lesních půd České republiky (Němeček et al. 2001).

3.3 Vlastní aplikace hnojiv

Aplikace hnojiv na výzkumných plochách byla uskutečněna v srpnu 2012. V rámci výzkumu byly založeny dvě výzkumné plochy, první byla pojmenována mlazina a druhá tyčovina. Na výzkumné ploše mlazina byly vymezeny čtyři stanoviště, tři hnojivové varianty a kontrola, aplikovány zde byla prášková hnojiva řady Silvamix (Tab. 1, 2). Na druhé výzkumné ploše (tyčovina) byly vymezeny dvě varianty a to kontrolní parcela a varianta s aplikací organominerálního přípravku Vermaktiv stimul. Prášková hnojiva Silvamix byla aplikována plošným posypem ke každému jedinci v dávce 250 g/m². Veškerá prášková hnojiva byla aplikována na zem okolo jedince na ploše, která odpovídala projekci koruny stromu. Hnojivo muselo být rozprostřeno rovnoměrně, aby se zabránilo případné deformaci kořenového systému rostliny. Přípravek Vermaktiv (Tab. 3) je organominerální stimulační kapalné hnojivo, které je vstřebáváno asimilačním aparátem a kořeny. Přípravek byl na rostliny aplikován za pomoci mechanického zádového postřikovače SOLO 475.

Přípravek se za pomoci postřikovače rovnoměrně aplikoval na asimilační aparát rostlin. Maximální aplikační tlak postřikovače nesměl překročit 4 bary. Z důvodu vstřebávání hnojiva asimilačním aparátem bylo nutné provést aplikaci ve vegetačním období. Hnojivo bylo pro aplikaci ředěno a to v poměru 1:50. Průměrná spotřeba neředěného přípravku na sazenice smrku do 60 cm je 5,4 l/ha.

Tab. 1: Přehled základních prvků v hnojivu Silvamix® A (Silvamix, 2014)

Silvamix® A	
prvek	množství %
celkový dusík (N)	17 %
fosfor (P ₂ O ₅)	17 %
drasík (K ₂ O)	5 %
hořčík (MgO)	11 %
síra (S)	3,7 %

Tab. 2: Přehled základních prvků v hnojivu Silvamix® R + stimulátor (Silvamix, 2014)

Silvamix® R + stimulátor	
Prvek	množství %
celkový dusík (N)	10 %
fosfor (P ₂ O ₅)	7 %
drasík (K ₂ O)	18 %
hořčík (MgO)	7,5 %
síra (S)	4,3 %

Tab. 3: Základní složení organominerálního přípravku Vermaktiv Stimul (Enzymix, 2014)

Vermaktiv Stimul	
složení	množství %
celkový dusík (N)	0,5 – 2 %
kyselina antranilová	0,01 – 0,1 %
volné aminokyseliny	0,5 – 2,5 %
sušina	6 – 10 %

3.4 Odběr půdních vzorků

Pro stanovení vlivu hnojivových látek na výzkumné plochy byly odebírány půdní vzorky. Odebírání probíhalo z bezprostřední blízkosti ošetřených sazenic na jednotlivých variantách a z kontrolní plochy. Půda se odebírala za pomoci lopatky přímo z okolí kořenového balu rostliny. Odběry na jednotlivých výzkumných plochách proběhly dvakrát a to v rámci dvou po sobě jdoucích let (2013, 2014). Odebírány byly tři směsné vzorky na každé hnojivové parcele, každý směsný vzorek obsahoval půdu z pěti sazenic. Celkový počet odebraných vzorků byl tedy z 15 sazenic u jedné varianty. Důležitý prvek je, aby odebraný půdní vzorek obsahoval pouze minerální horizont a ne humusovou vrstvu.

3.5 Laboratorní analýzy

Všechny odebrané vzorky půd byly zpracovávány akreditovanou laboratoří Morava s.r.o. sídlící ve Studénce. Půdní analýzy byly zaměřeny na vyhodnocení fyzikálněchemických a chemických vlastností vzorků. Z fyzikálněchemických vlastností byly zjišťovány půdní reakce a parametry sorpčního procesu. Chemické půdní vlastnosti byly zjišťovány základní obsahy makrobiogéních minerálních živin a poměr C/N ze stanovení oxidovatelného uhlíku a celkového půdního dusíku. Na základě stanovení dílčích hodnot byl vyhodnocen aktuální stav půdy a jeho vztahy na ostatní vlastnosti prostředí. Pro stanovování dalších půdních vlastností a jejich porovnání bylo využito půdní reakce (Vranová et Samec 2005).

Půdní reakce byla stanovena jako aktivní (pH/H₂O) a potenciální (pH/KCl) pomocí pH-metru s kombinovanou skleněnou elektrodou (půda/H₂O nebo 1M KCl = 1/2,5). Vlastnosti půdního sorpčního komplexu byly stanoveny s vylišením kationtové výměnné kapacity (KVK), obsahu výměnných bází (S) a jejich vzájemného procentuálního poměru jako bazické saturace (BS). Využita byla modifikovaná Kappenova metoda (Klečkovskij et Peterburskij 1964). Obsah výměnných bází byl stanoven titrací 0,1M HCl, KVK byla stanovena ze sumy S a hydrolytické acidity zjištěné titračně za působení 1M octanu sodného. Na plochách, kde v zóně kořenového balu sazenic převládala minerální složka nad složkou organickou, byly přístupné minerální živiny zjišťovány z výluhu Mehlich II metodou atomové adsorpční spektrofotometrie (Mehlich, 1978). Příprava půdního extraktu pro stanovení přístupných živin je použitelná pro všechny upravené půdy. Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný, pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na železo a hliník. V roztoku je přítomen i chlorid amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou chlorovodíkovou. Vyluhovací roztok dobře modeluje podíl přístupné frakce živin v půdě pro lesní dřeviny. Obsah fosforu byl stanoven spektrofotometricky v roztoku kyseliny askorbové, H₂SO₄ a Sb₃₊. Stanovení draslíku bylo provedeno z půdního výluhu Mehlich II, kdy po termické excitaci atomů draslíku v plameni acetylen-vzduch, dochází k vyzáření charakteristického kvanta. Intenzita charakteristického záření je úměrná koncentraci draslíku. Obsah vápníku a hořčíku byl po naředění extraktu Mehlich II stanovován metodou atomové absorpční

spektrofotometrie v plameni acetylen-vzduch. Interference se odstraňují přidavkem nadbytku lanthanu. Vyhodnocení signálu bylo provedeno metodou kalibrační křivky (Zbíral, 2002). Oxidovatelný organický uhlík (C_{ox}) pro stanovení humusu v půdním vzorku se oxiduje chromsírovou směsí při zvýšené teplotě reakce. Spalovací směs je v přebytku, nereagovaný zbytek se stanoví „dead stop“ titrací Mohrovou solí. Stanovení celkového dusíku (N_t) bylo provedeno Kjeldahlovou metodou (Zbíral et al. 1997), která je založena na spalování a mineralizaci vzorku s přeměnou N na amoniakální formu a stanovení z mineralizátu směsí kyseliny sírové, peroxidu vodíku a oxidu rtuti. Z filtrátu stanovíme obsah N coulometricky.

3.6 Statistické vyhodnocení

Statistické šetření bylo provedeno v programu Statistica Cz. Data byla testována kvůli normalitě za pomoci Shapiro - Wilksova testu a homogenitě rozptylu za pomoci Bartlettova testu. Vliv hnojiv na půdní prostředí byl následně vyhodnocován pomocí Anovy s opakovanými měřeními, pro kterou byly splněny podmínky využitelnosti. Všechny výsledky byly porovnávány při hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$. Jednotlivé rozdíly byly vyhodnoceny vícenásobným porovnáním. Jednotlivé výsledky byly vyhodnocovány za pomoci uvedených kritérií. Obsah živin v kořenové zóně (Tab. 7) byl vyhodnocen podle Vavříčka (2011). Jednotlivé makrobioelementy odvozeny a modifikovány na lesní ekosystémy. Hodnota půdní reakce potencionální a výměnné (Tab. 4), obsah humusu (Tab. 6) a sorpční poměry (Tab. 5) byly hodnoceny podle Vavříčka (2011). Co se týče vyhodnocení hliníku, zde bylo považováno za toxické množství $> 1000 \text{ mg. kg}^{-1}$.

Tab. 4: Klasifikační kritéria pro půdní reakce lesních půd (Vavříček, 2011).

Půdní reakce (pH)		
půda	aktivní (pH/H₂O)	výměnná (pH/KCl)
extrémně kyselá	pod 3,5	pod 3,0
silně kyselá	3,5-4,5	3,0 - 4,0
středně kyselá	4,5-5,5	4,0 - 5,0
mírně kyselá	5,5-6,5	5,0 - 6,0
neutrální	6,5-7,2	6,0 - 7,0
mírně alkalická	7,2-8,0	7,0 - 7,5
středně alkalická	8,0-8,5	7,5 - 8,0
silně alkalická	8,5-9,0	8,0 - 8,5
velmi silně alkalická	nad 9,0	nad 8,5

Tab. 5 : Kritéria pro hodnocení sorpčních poměrů v lesní půdě (Vavříček, 2011).

Stupeň sorpčního nasycení		Maximální sorpční kapacita	
Půda	V %	Hodnocení	T (mmol.kg ⁻¹)
extrémně nenasycená	0-10	velmi nízká	pod 80
silně nenasycená	10-25	nízká	80-130
slabě nenasycená	25-50	nižší střední	130-180
slabě nasycená	50-65	vyšší střední	180-250
nasycená	65-80	vysoká	250-300
plně sorpčně nasycená	80-100	velmi vysoká	nad 300

Tab. 6: Kritéria obsahu humusu v lesních půdách (Vavříček, 2011).

Obsah humusu (Hox)		
Hodnocení	H (ox)%	C (ox) %
velmi nízký (slabě humózní)	do 1,7	do 1,0
mírný (mírně humózní)	1,7-3,0	1,0-1,7
střední (středně humózní)	3,0-4,5	1,7-2,6
dobrý (humózní)	4,5-7,0	2,6-4,0
vysoký (silně humózní)	7,0-10,0	4,0-5,8
velmi vysoký (velmi silně humózní)	10,0-12,5	5,8-7,3
humusové půdy (rašeliny)	12,5-25	7,3 – 14,5
Rašeliny	nad 25	nad 14,5

Tab. 7: Klasifikační stupnice pro hodnocení obsahu živin v organominerálních a minerálních horizontech (Vavříček, 2011).

Obsah živin	Nt%	Extrakt Mehlich II			
		P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
velmi nízký	pod 0,05	pod 20	pod 20	pod 150	pod 20
nízký	0,05-0,12	20-50	20-50	150-300	20-40
střední	0,12-0,25	50-80	50-90	300-500	40-60
vysoký	0,25-0,40	80-120	90-140	500-800	60-80
velmi vysoký	nad 40	nad 120	nad 140	nad 800	nad 80

4. Výsledky

4.1 Charakteristika výzkumných ploch

4.1.1 Výzkumná plocha Vítkov – mlazina

Popis stanovištních podmínek

Lokalizace: N 49°46'384''; E 17°47'090''

Umístění: LHC Vítkov, porost 715 B1

Nadmořská výška: 480 – 500 m n.m

Sklon, expozice: mírný svah 5°, východní

Popis fytoceózy: dominuje zde borůvka (*Vaccinium myrtillus*) s *Carex villosa*

Popis patra dřevin: zajištěná kultura *Picea abies*

Zařazení do lesnicko-typologických jednotek:

- Soubor lesních typů: 4P
- Lesní typ: 4P2

Popis půdního prostředí:

- Půdní typ: Pseudoglej luvický



0 – 2 cm velmi kyprý opad trávo-bylinného patra, s jehličím a větvičkami smrku ztepilého

hor. L

2 – 5 cm organický materiál drti ze starého porostu, vrstevnaté struktury, silně prokořeněný, s mírně vlnitým barevným přechodem

hor. F

5 – 9 cm černá, mírně vlhká, bezstrukturní měl, velmi silně prokořeněná, s mírně vlnitým barevným přechodem

hor. H

9 – 14 cm šedě zbarvený organominerální horizont, hlinité textury, kyprý, jemná struktura, mírně vlhký, skelet se zde nevyskytuje, horizont středně prokořeněný

hor. Ah

14 – 33 cm okrová, hlinitá, mírně ulehlá zemina, středně destičkovitá struktura, středně vlhká, slabě prokořeněná, s mírným vlnitým barevným přechodem, bez skeletu, výskyt Mn, Fe konkrecí

hor. En

33 – 55 cm rezivá, hlinitá, mírně ulehlá zemina, středně polyedrická struktura, středně vlhká, mírný rovnoměrný přechod, slabě prokořeněná, bez skeletu, výskyt Mn, Fe konkrecí

hor. Bm

55 – 90 cm rezivá barva, středně ulehlá zemina, hrubě polyedrická struktura, středně vlhká, bez známky prokořenění, s difuzním liniovým přechodem, slabě skeletnatá s výskytem hrubého štěrku, přítomnost Mn, Fe konkrecí

hor. Bmt

90 – 140 cm šedá barva, ulehlá, písčito - hlinitá zemina, hrubě polyedrická struktura, vlhká, bez prokořenění, slabě skeletnatá, výskyt hrubého štěrku, ostrý liniový přechod, přítomnost Mn, Fe konkrecí

hor. B/C

>140 cm rezivá, písčitá, bezstrukturní

hor. C1

Aplikované přípravky

Výzkumné stanoviště bylo rozděleno na čtyři samostatné obdélníkové varianty. Na každé variantě byl aplikován jiný přípravek viz. tab. 3.

Tab. 8: Jednotlivé varianty na stanovišti

Pro variantu vermaktiv stimúl nebyly prováděny půdní analýzy. Vyhodnocovány jsou tedy hnojiva řady Silvamix. Aplikováno bylo hnojivo Silvamix A (SA) a Silvamix R + stimúlátor rústu (SR + st.).

Varianta	Přípravek
1	Kontrola
2	Vermaktiv Stimúl 1:50
3	Silvamix® R + stimúlátor
4	Silvamix® A

4.1.2 Výzkumná plocha Vítkov – tyčovina

Popis stanovištních podmínek

Lokalizace: N 49°46'402''; E 17°47'355''

Umístění: LHC Vítkov, porost 715 B3

Nadmořská výška: 480 m

Sklon, expozice: mírný sklon 6°, jižní expozice

Popis fytoceνόzy: *Deschampsia flexuosa*

Popis patra dřevin: zajištěná kultura *Picea abies*

Zařazení do lesnicko-typologických jednotek:

- Soubor lesních typů: 4K
- Lesní typ: 4K1

Popis půdního prostředí:

- Půdní typ: Kambizem dystrická, slabě oglejená



0 – 1cm suchý šedý opad smrku zteplého bez trávobylinné příměsi

hor. L

1 – 2 cm jehličí v podobě kypré prokořeněné drti

hor. F

2 – 4 cm černá, bezstrukturní, velmi kyprá, mírně vlhká měl, silně prokořeněná, horizont s mírně vlnitým barevným přechodem

hor. H

4 – 8 cm tmavě šedá, hlinitá, kyprá, jemně drobtovitá zemina, mírně vlhká, středně prokořeněná, slabě skeletnatá ve formě drobného štěrku, horizont s ostrým vlnitým barevným přechodem

hor. Ah

8 – 18 cm okrová, hlinitá, mírně ulehlá, jemně drobtovitá struktura, mírně vlhká, slabě prokořeněná, slabě skeletnatá ve formě hrubého štěrku, horizont s liniovým barevným přechodem, ojediněle kořenové záteky

hor. Bv₁

18 – 46 cm okrová, hlinitá, středně ulehlá, středně polyedrická struktura, mírně vlhká, nepravidelně prokořeněná, středně skeletnatá, převážně ve formě hrubého štěrku, horizont

s mírně vlnitým barevným přechodem

hor. Bv₂

46 – 71 cm šedá, hlinitá zemina, ulehlá, středně polyedrická struktura, mírně vlhká, středně skeletnatá, výskyt ve formě hrubého štěrku, velmi slabě prokořeněný horizont, s mírně vlnitým barevným přechodem

hor. Bvg

71 – 95 cm šedá, silně ulehlá, hrubě polyedrická struktura, mírně vlhká, neprokořeněná, středně skeletnatá, ve formě hrubého štěrku, liniový barevný přechod

hor. B/Cg

95 – 130 cm hlinitá, silně ulehlá, hrubě polyedrická struktura, středně vlhká, neprokořeněná, silně skeletnatá, výskyt hrubého štěrku a kamenů

hor. C_{1g}

Aplikované přípravky

Výzkumné stanoviště bylo rozděleno na dvě samostatné obdélníkové varianty. Na každé variantě byl aplikován jiný přípravek.

Tab. 9: Jednotlivé varianty na stanovišti

Tato výzkumná plocha nebude dále vyhodnocována v této práci, přípravek Vermaktiv Stimul je aplikován na asimilační aparát a neovlivňuje tak půdní podmínky.

Varianta	Přípravek
1	Kontrola
2	Vermaktiv Stimul 1:100

Vyhodnocením tohoto stanoviště z hlediska

vlivu na výživu a morfologické parametry bylo zpracováno v rámci bakalářské práce Efekt aplikace minerálních hnojiv a organominerálního stimulačního přípravku na výživu, vývoj a odrůstání smrkových monokultur v PLO 29 - Nízký Jeseník (Hošek, 2014).

4.2 Vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na půdní prostředí

Při vyhodnocování vlivu aplikovaných hnojiv na půdní prostředí byla využita statistická metoda Analýza rozptylu (ANOVA) s opakovanými měřeními. V rámci vyhodnocení byly testovány tři nulové hypotézy:

H_{01} : Aplikovaná hnojiva neovlivňují danou půdní vlastnost, tzn. že střední hodnota je na kontrole i jednotlivých hnojivových variantách stejná.

H_{02} : Hodnota je v čase stabilní, střední hodnota je stejná v jednotlivých letech měření.

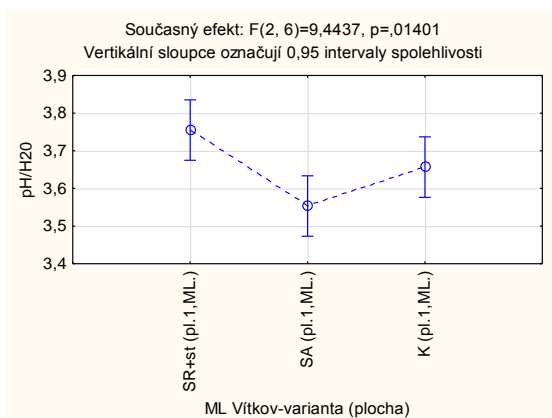
H_{03} : Vyhodnocení časového průběhu a působením hnojiva je nevýznamné, tzn. časová dynamika hnojiv je stejná na všech hnojivových variantách.

Výsledky statistického zpracování jsou u vybraných půdních charakteristik uvedeny graficky, kompletní vyhodnocení ANOVY s opakovanými měřeními je umístěno na konci této kapitoly.

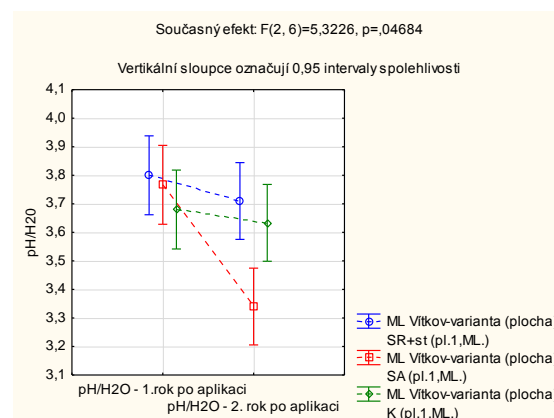
Charakteristika výzkumné plochy Vítkov mlazina

pH/H₂O

Ze zjištěných výsledků půdní reakce aktivní (Tab. 10) je patrné, že půdní prostředí na kontrolní variantě bylo po celou dobu vyhodnocováno jako silně kyselé (3,68 pH/H₂O). Na plochách ošetřených hnojivem Silvamix byly zaznamenány vyšší hodnoty než na kontrole (Obr. 1), tyto rozdíly ovšem nejsou statisticky významné. V průběhu měření se hodnoty půdní reakce výrazně nemění, mimo plochu ošetřenou hnojivem SA, kde je ve druhém roce po aplikaci patrný statisticky významný pokles půdní reakce o 0,43 jednotek pH/H₂O naproti prvnímu roku měření na této variantě (Obr. 2). Mírný pokles při druhém měření je patrný na všech variantách, není ale statisticky významný.



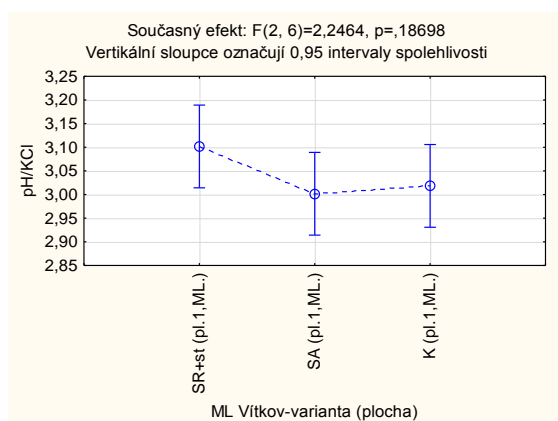
Obr. 1: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na půdní reakci aktivní za celé sledované období.



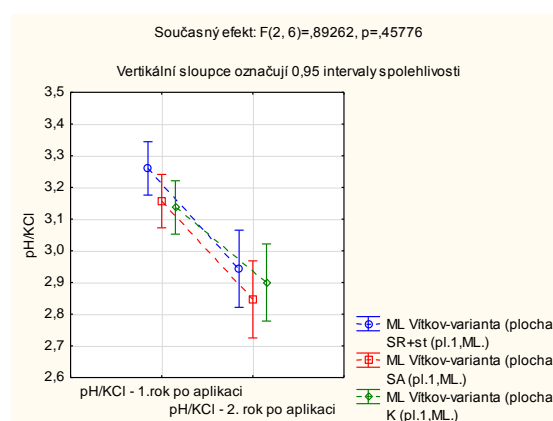
Obr. 2: Vliv aplikovaných hnojiv na půdní reakci v jednotlivých letech aplikace.

pH/KCl

Z hlediska potenciálně výměnné půdní reakce můžeme hodnotit půdní prostředí na kontrolní variantě jako silně kyselé, dokonce druhý rok od aplikace je zaznamenán statisticky významný pokles o 0,24 jednotek pH/KCl (Tab. 10) a půda je hodnocena jako extrémně kyselá. Podobná situace nastává i u hnojivových variant, kdy na parcelách s aplikovanými hnojivy zaznamenáváme významný pokles půdní reakce, stejně jako na kontrolní parcele (Obr. 4). U varianty SA je patrný největší pokles hodnot půdní reakce oproti kontrole i hnojivové variantě.



Obr. 3: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na půdní výměnnou reakci za celé sledované období.



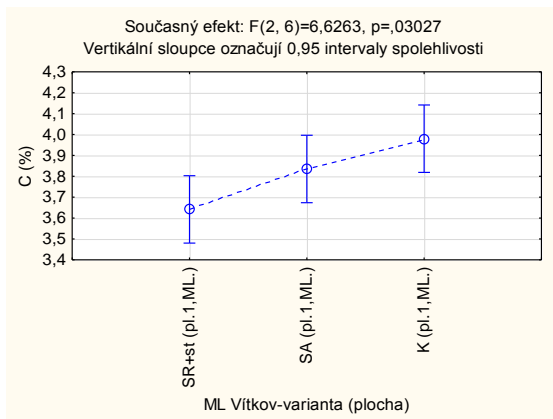
Obr. 4: Vliv aplikovaných hnojiv na půdní reakci výměnnou v jednotlivých letech aplikace.

Obsah oxidovatelného uhlíku C_{ox}

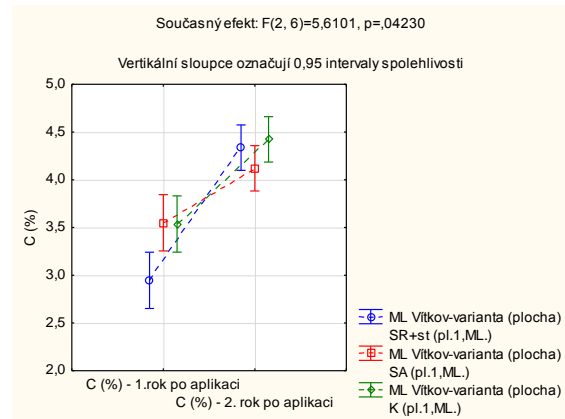
Obsah oxidovatelného uhlíku v analyzovaných vzorcích z kontrolní varianty byl průměrně vysoký (průměrně 3,98%), proto stanoviště zařazujeme do půd humózních. Na všech hnojivových parcelách včetně kontroly bylo zaznamenáno statisticky významné navýšení C_{ox} ve druhém roce měření. Toto navýšení zlepšilo podmínky na stanovištích a varianty se proto zařadily do kategorie silně humózních půd. Největší rozdíl mezi jednotlivými roky měření (Obr. 6) je patrný na parcele SR + stimulant, zde se ukázalo statisticky významné navýšení o 1,39% C_{ox} (Tab. 10).

Tab. 10: Výzkumná plocha Vítkov mlazina, vliv hnojiv na střední charakteristiky vybraných pedochemických vlastností.

Hnojivo	pH/H ₂ O		pH/KCl		C _{ox} (%)	
	1. rok po apl.	2. rok po apl.	1. rok po apl.	2. rok po apl.	1. rok po apl.	2. rok po apl.
SR+st	3,80	3,71	3,26	2,94	2,95	4,34
SA	3,77	3,34	3,16	2,85	3,55	4,12
K	3,68	3,63	3,14	2,90	3,54	4,42



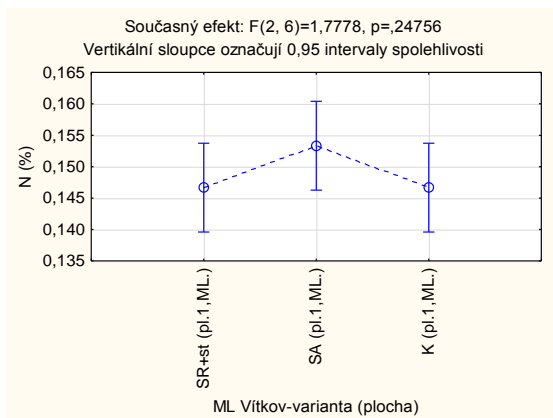
Obr. 5: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah C_{ox} za celé sledované období.



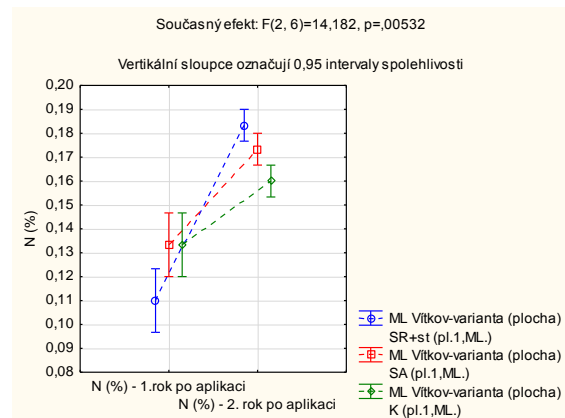
Obr. 6: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah C_{ox} v jednotlivých letech aplikace.

Obsah celkového dusíku N_t

Obsah celkového dusíku na kontrolní parcele se po celou dobu výzkumu pohybuje na střední úrovni (0,13 – 0,16 %, viz Tab. 7), vyhodnoceno dle Vavříčka (2011). Na parcele ošetřené hnojivy SR + st. jsou při prvním měření zjištěny nižší hodnoty než na stanovišti kontroly (Tab. 11), rozdíl ovšem není statisticky významný. Z analýzy je dále patrné, že obsah N_t je v čase rozdílný, tzn. že při jednotlivých měřeních byl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Časová dynamika je pro všechny hnojivové parcely stejná, bez statisticky významného rozdílu (Obr. 8).



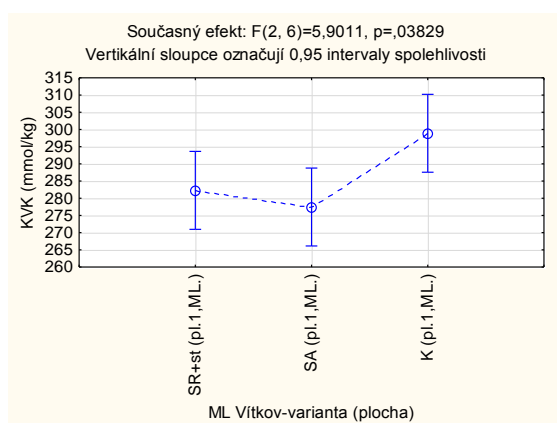
Obr. 7: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah N_t za celé sledované období.



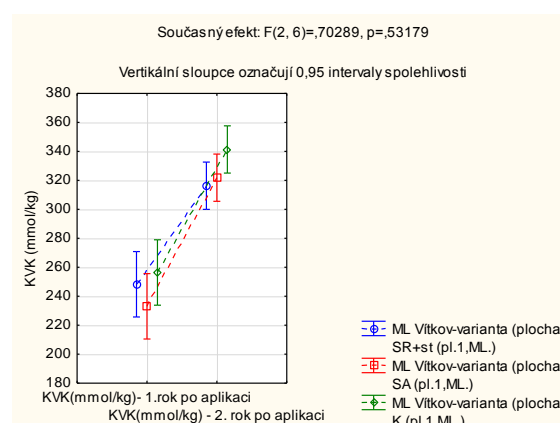
Obr. 8: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah N_t v jednotlivých letech aplikace.

Kationtová výměnná kapacita KVK

Úroveň kationtové výměnné kapacity byla na kontrolní ploše v rozmezí 240 – 350 mmol/kg⁻¹ (Tab. 11). Na kontrolní variantě je dále patrný vliv na faktor hnojivo, kdy jsou pozorovány vyšší hodnoty, avšak nejsou statisticky významné (Obr. 9). Pokud porovnáme variantu v rámci měřeného časového úseku, je zde patrný statisticky významný nárůst hodnot. Pokud se podíváme na časovou dynamiku KVK na jednotlivých variantách, je patrné že všechny parcely mají podobný vývoj a mezi jednotlivými variantami není zaznamenán statisticky významný rozdíl (Obr. 10).



Obr. 9: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na KVK za celé sledované období.



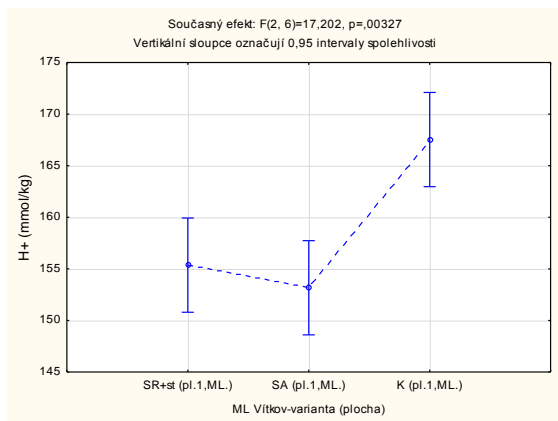
Obr. 10: Vliv aplikovaných hnojiv na KVK v jednotlivých letech aplikace.

Tab. 11: Výzkumná plocha Vítkov mlazina, vliv hnojiv na střední charakteristiky vybraných pedochemických vlastností.

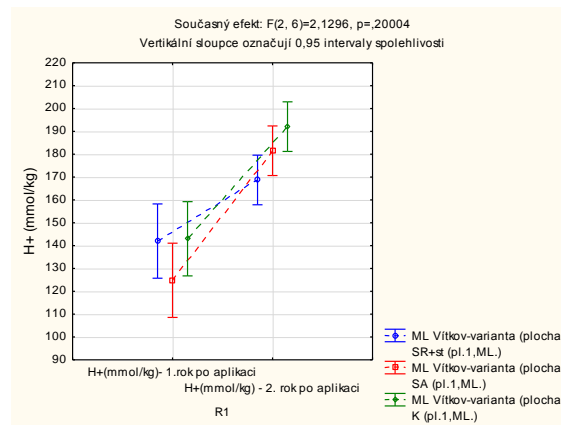
Hnojivo	N (%)		C/N		KVK(mmol/kg)	
	1. rok po apl.	2. rok po apl.	1. rok po apl.	2. rok po apl.	1. rok po apl.	2. rok po apl.
SR+st	0,11	0,18	26,78	23,35	248,26	316,31
SA	0,13	0,17	26,53	24,87	233,05	321,86
K	0,13	0,16	27,22	28,43	256,41	341,35

Hydrolytická acidita H

Vliv hnojiv na hydrolytickou aciditu lesních půd je prokázán ze statistických významností (Obr. 11). Na všech hnojivových variantách můžeme pozorovat pokles hodnot hydrolytické acidity vůči kontrolní parcele (Tab. 12). Hydrolytická acidita na kontrolní variantě dosahuje průměrných hodnot 143 – 192 mmol/kg⁻¹). Hodnota hydrolytické acidity se v průběhu času mění, pozorujeme zde statisticky významný nárůst hodnot. Časová dynamika u různých hnojivových variant je stejná (Obr. 12).



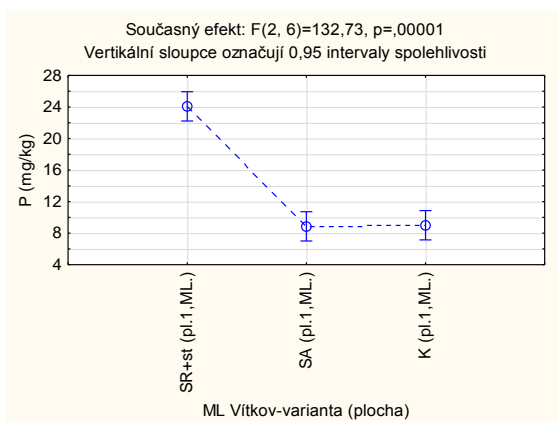
Obr. 11: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na hydrolytickou aciditu za celé sledované období.



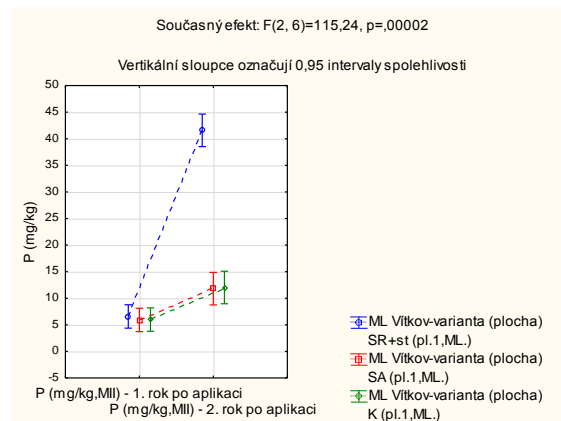
Obr. 12: Vliv aplikovaných hnojiv na hydrolytickou aciditu v jednotlivých letech aplikace.

Fosfor

Obsah fosforu na kontrolní variantě je hodnocen jako velmi nízký, pohybuje se v rozmezí $5-15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Statisticky významný rozdíl v obsahu této živiny byl zaznamenán u hnojivové varianty SR + St 0 (viz Obr. 13), kde bylo dosaženo $42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a tím se na stanovišti dostává na nízké hodnoty obsahu fosforu. Varianta SA byla po celou dobu pozorování na úrovni kontrolní plochy. U posouzení rozdílu mezi jednotlivými měřeními je zaznamenán podstatný rozdíl, který je statisticky významný. Časová dynamika na jednotlivých variantách je rozdílná, na kontrole a u SA je vývoj shodný, ovšem u varianty SR + st. je patrné razantní navýšení (Obr. 14).



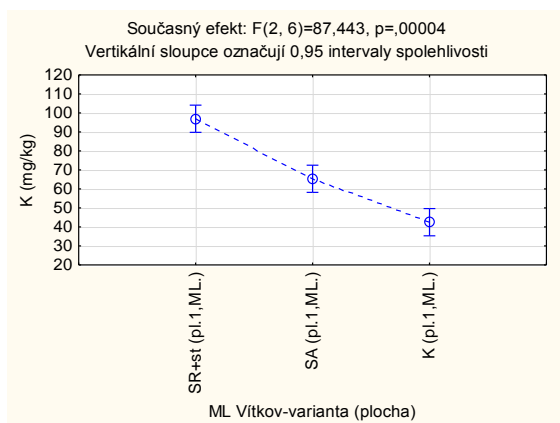
Obr. 13: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah P za celé sledované období.



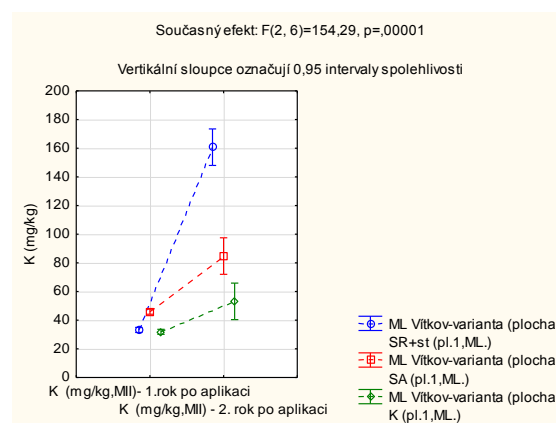
Obr. 14: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah P v jednotlivých letech aplikace.

Draslík

Draslík na kontrolní variantě dosahuje po celou dobu výzkumu nízkých až středních hodnot obsahu živin ($32\text{-}53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Jak bylo očekáváno, aplikace hnojiv ovlivnila obsah draslíku na variantách (Obr. 15), jsou zde patrné statisticky významné nárůsty vůči kontrole. Nejvyšších hodnot dosáhlo hnojivo Silvamix R + st.. V průběhu měření došlo k nárůstu draslíku v půdním prostředí, tento nárůst je statisticky významný. Dynamika nárůstu obsahu draslíku (Obr. 16), nebyla na jednotlivých variantách stejná, největší nárůst byl zaznamenán u hnojiva Silvamix R + st. který průměrně činil $128 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tab. 12), i varianta Silvamix A měla statisticky významný nárůst draslíku oproti kontrole.



Obr. 15: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah K za celé sledované období.



Obr. 16: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah K v jednotlivých letech aplikace.

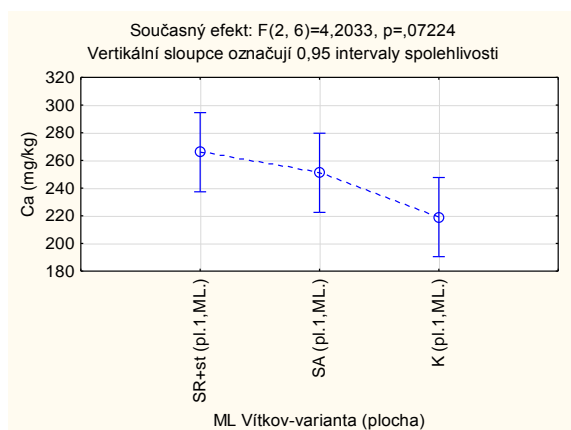
Tab. 12: Výzkumná plocha Vítkov mlazina, vliv hnojiv na střední charakteristiky vybraných pedochemických vlastností.

Hnojivo	H+(mmol/kg)		P (mg/kg,MII)		K (mg/kg,MII)	
	1. rok po apl	2. rok po apl.	1. rok po apl	2. rok po apl.	1. rok po apl	2. rok po apl.
SR+st	141,98	168,74	6,57	41,58	33,19	160,73
SA	124,82	181,52	5,92	11,81	45,92	84,77
K	143,00	192,07	5,99	12,02	31,88	53,12

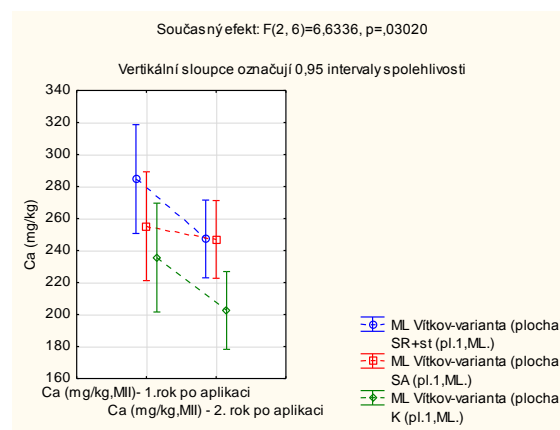
Vápník

Obsah vápníku (Tab. 13) na kontrolní variantě se pohyboval na úrovni nízkých limitů, hodnoty na stanovišti byly ($203\text{-}236 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Vliv hnojiv na obsah vápníku nebyl statisticky prokázán, na obrázku č. 17 je ovšem patrný mírný nárůst oproti kontrolnímu

stanovišti. Nejvyšší průměrný obsah vápníku byl zjištěn u varianty Silvamix R + st. ($285 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Na výzkumných plochách je patrný pokles hodnot v rámci experimentu, tento pokles ovšem není statisticky významný. Také časová dynamika není na variantách stejná, ale není prokázána žádná statistická významnost (Obr. 18). Žádná z variant v průběhu experimentu nedosáhla středního obsahu živin, všechny varianty zůstaly hodnoceny jako nízké z pohledu obsahu živin.



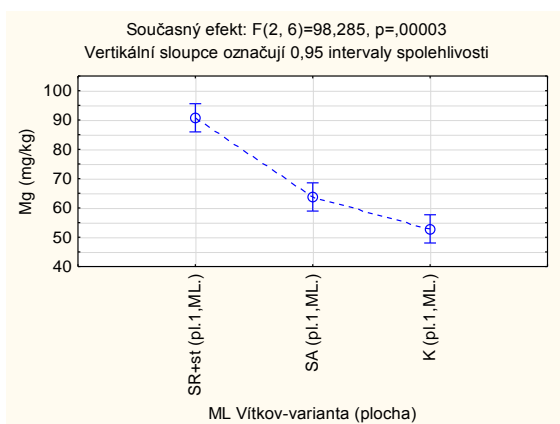
Obr. 17: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah Ca za celé sledované období.



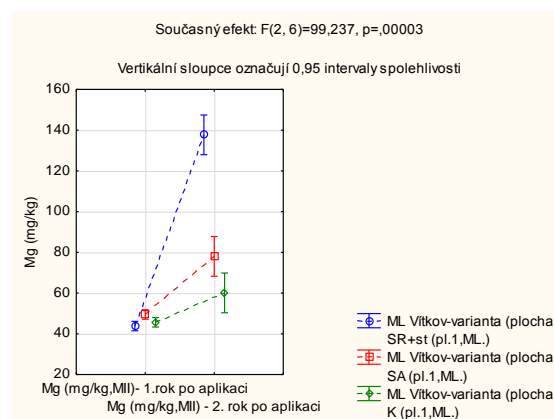
Obr. 18: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah Ca v jednotlivých letech aplikace.

Hořčík

Vyhodnocení hořčíku na kontrolní variantě nám ukázalo, že obsah je zde na střední úrovni obsahu živin (Tab. 13), hodnoty se pohybují v rozmezí ($46\text{-}60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Po vyhodnocení vlivu hnojiv je prokázán jejich statistický významný vliv na nárůst obsahu hořčíku na jednotlivých parcelách (Obr. 19). Prokazatelně nejvyšší vliv na obsah hořčíku má hnojivo Silvamix R + st., kde byl zároveň vyhodnocen nejvyšší obsah při druhém měření $138 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. U druhé varianty (Silvamix A) je také zaznamenáno statisticky významné navýšení oproti kontrole. Při posouzení vlivu hnojiv na obsah hořčíku v průběhu experimentu je zaznamenán statisticky významný nárůst hodnot obsahu hořčíku. Při posouzení časové dynamiky pro jednotlivé varianty je patrný rozdíl mezi jednotlivými hnojivy. Statisticky prokazatelný je tento rozdíl u hnojiva Silvamix R + st. (Obr. 20).



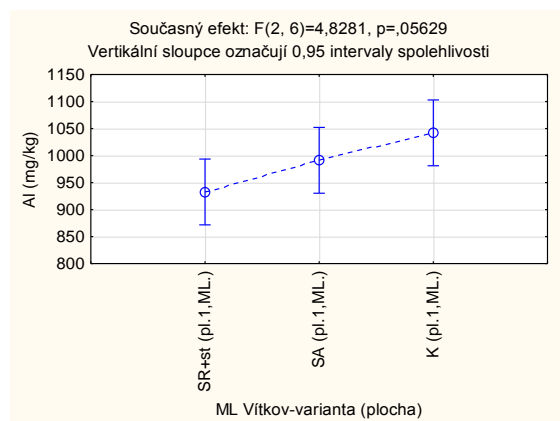
Obr. 19: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah Mg za celé sledované období.



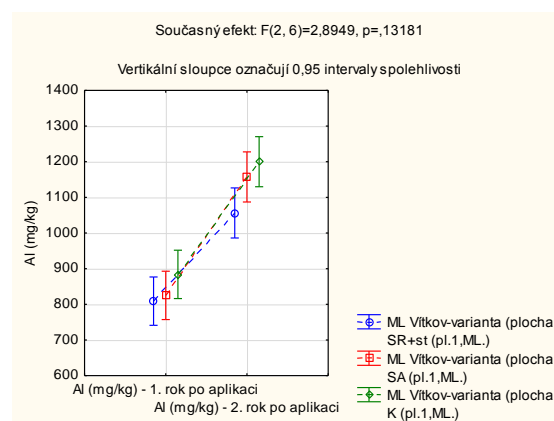
Obr. 20: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah Mg v jednotlivých letech aplikace.

Hliník

Obsah hliníku by neměl překračovat toxický limit, který je $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Vyhodnocení obsahu na kontrolní variantě ukázalo, že stanoviště sice na začátku nepřekračuje toxickou hodnotu, ale ve druhém roce měření je výrazně přes limit (Tab. 13). Použitá hnojiva sice mírně snižují množství hliníku (Obr. 21), ale hodnoty nejsou statisticky významné. Nejnižší množství hliníku bylo naměřeno na variantě Silvamix R + st. ($809\text{-}1056 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). V průběhu měření pozorujeme nárůst obsahu hliníku na všech hnojivových variantách včetně kontroly a vyhodnocujeme ho jako statisticky významný. Časová dynamika jednotlivých variant se výrazně nemění (Obr. 22).



Obr. 21: Celkový vliv aplikovaných hnojiv na obsah Al za celé sledované období.



Obr. 22: Vliv aplikovaných hnojiv na obsah Al v jednotlivých letech aplikace.

Tab. 13: Výzkumná plocha Vítkov mlazina, vliv hnojiv na střední charakteristiky vybraných pedochemických vlastností.

Hnojivo	Ca (mg/kg,MII)		Mg (mg/kg,MII)		Al (mg/kg)	
	1. rok po apl	2. rok po apl.	1. rok po apl	2. rok po apl.	1. rok po apl	2. rok po apl.
SR+st	284,65	247,23	43,81	137,69	808,98	1056,33
SA	255,19	246,93	49,49	78,02	825,00	1157,34
K	235,58	202,55	45,63	60,10	883,98	1200,06

4.3 Zhodnocení vlivu jednotlivých hnojiv

Z výsledků je patrné, že aplikovaná hnojiva měla významný vliv na určité půdní vlastnosti. V rámci experimentu byl vyhodnocován vliv hnojiv Silvamix R + st. a Silvamix A.

Pozorované rozdíly půdních charakteristik mezi hnojivovými variantami

U vyhodnocení půdní reakce aktivní je patrný významný rozdíl mezi variantami, hnojivo Silvamix R + st. má vyšší hodnoty (pH/H₂O) než Silvamix A. To dokazuje i rozdílná časová dynamika. Půdní reakce výměnná nevykazuje statistický významný rozdíl hodnot mezi hnojivy. Obsah oxidovatelného uhlíku nevykazuje žádný charakteristický rozdíl mezi hnojivy. Podobné je to u obsahu dusíku, kde není statisticky významný rozdíl. Kationtová výměnná kapacita je na variantách stejná. Vliv na hydrolytickou aciditu mezi hnojivy není patrný. Vliv hnojiv na fosfor vykazuje značnou rozdílnost, u varianty Silvamix R + st. je vyhodnocen statisticky významná nárůst naproti Silvamixu A. Stejně je tomu i u draslíku, kde varianta SR + st. výrazně přesahuje hodnoty varianty SA. Vápník se mezi jednotlivými variantami neliší. Hořčík na variantě Silvamix R + st. dle výsledků výrazně převyšuje obsah u varianty SA. Jako poslední hodnocený byl hliník, který nevykazuje významný rozdíl mezi jednotlivými hnojivy.

Tab. 14: Výzkumná plocha Vítkov mlazina, přehled kompletních výsledků Analýzy rozptylu, vliv hnojiv na jednotlivé půdní charakteristiky.

vlastnost	faktor	stupeň volnosti	F	p
<u>pH/H₂O</u>	hnojivo	2	9,44	0,14
	čas	1	13,01	0,11
	hnojivo * čas	2	5,32	0,47
<u>pH/KCl</u>	hnojivo	2	2,25	0,19
	čas	1	112,55	0,00
	hnojivo * čas	2	0,89	0,46
<u>C_{ox} (%)</u>	hnojivo	2	6,63	0,03
	čas	1	88,62	0,00
	hnojivo * čas	2	5,61	0,04
<u>N_t (%)</u>	hnojivo	2	1,78	0,25
	čas	1	160,36	0,00
	hnojivo * čas	2	14,18	0,01
<u>C:N</u>	hnojivo	2	6,97	0,03
	čas	1	12,10	0,01
	hnojivo * čas	2	13,21	0,00
<u>P (mg/kg)</u>	hnojivo	2	132,73	0,00
	čas	1	300,67	0,00
	hnojivo * čas	2	115,24	0,00
<u>Ca (mg/kg)</u>	hnojivo	2	4,20	0,07
	čas	1	55,42	0,00
	hnojivo * čas	2	6,63	0,03
<u>Mg (mg/kg)</u>	hnojivo	2	98,29	0,00
	čas	1	345,19	0,00
	hnojivo * čas	2	99,24	0,00
<u>K (mg/kg)</u>	hnojivo	2	87,44	0,00
	čas	1	557,74	0,00
	hnojivo * čas	2	154,29	0,00
<u>Al (mg/kg)</u>	hnojivo	2	4,83	0,06
	čas	1	380,44	0,00
	hnojivo * čas	2	2,89	0,13
<u>H (mmol/kg)</u>	hnojivo	2	17,20	0,00
	čas	1	51,51	0,00
	hnojivo * čas	2	2,13	0,20
<u>KVK (mmol/kg)</u>	hnojivo	2	5,90	0,04
	čas	1	112,37	0,00
	hnojivo * čas	2	0,70	0,53

5. Diskuze

Cílem této práce je posoudit vliv minerálních práškových hnojiv řady Silvamix na půdní prostředí. Konkrétně na vliv základních živin a nejdůležitější fyzikálněchemické vlastnosti půd.

Z měření, které probíhalo po dobu dvou po sobě následujících let, lze usuzovat, že použitá hnojiva měla významný vliv na některé půdní charakteristiky. Problematika výživy souvisí zejména s charakterem klimatu stanoviště, který může zásadně ovlivňovat vliv hnojiv na optimalizaci půdního prostředí.

Vliv na půdní reakci

Pokud budeme porovnávat stav půdní reakce na jednotlivých hnojivových variantách a kontrolní parcele zjistíme, že vliv hnojiv na půdní reakci nebyl statisticky prokázán na žádné variantě. Půdní reakce aktivní i výměnná je téměř shodná u parcel s hnojivy a kontrolní variantou. Kde je ovšem možné pozorovat statistický významný rozdíl je u časové dynamiky půdní reakce aktivní. Zde pozorujeme velmi podobný průběh mezi kontrolou a variantou SR + st., ale pokud se podíváme na variantu SA, vidíme statisticky významný pokles hodnot. Tento trend je pouze u půdní reakce aktivní, výměnná půdní reakce je v jednotlivých letech měření shodná u všech variant. Na všech parcelách je patrný pokles pH, ale není statisticky prokázán.

Vliv na obsahu C_{ox} a N_t

Pro určení obsahu humusu na výzkumné ploše byla použita analýza oxidovatelného uhlíku (C_{ox}). Vliv hnojiv na obsah C_{ox} je prokázán pouze u varianty SA, které vykazuje statisticky významný rozdíl oproti kontrolní parcele. Ale zároveň se vliv aplikovaných hnojiv překrývá intervaly spolehlivosti. Vliv hnojiv na navýšení obsahu v rámci časové dynamiky stanoviště nelze prokázat, jelikož se zásadně neliší od hodnot kontrolní varianty. Zajímavý je ale vliv na parcele SR + st, která v prvním roce měření vykazovala nejnižší hodnoty na výzkumné ploše, při následujícím měření dosahovalo průměrných hodnot ostatních variant.

Na všech zkoumaných stanovištích se pohyboval dle Vavříčka (2011) obsah N_t na střední úrovni po celou dobu experimentu. Vliv hnojiv na obsah N_t není statisticky

prokázán. Ovšem pokud posoudíme vliv na časovou dynamiku, je zde možné pozorovat navýšení množství dusík v půdě u hnojivy ošetřených variant.

Poměr C:N je brán jako významný ukazatel kvality humusu na stanovišti. Jeho optimální poměr by se měl pohybovat okolo 18-22. Při širším poměru může docházet k imobilizaci dusíku. Z výsledků je patrné, že poměr na výzkumné ploše není optimální, průměrné množství na kontrolní variantě bylo 28 C:N a plynule narůstalo. Hnojiva zde zapůsobila pozitivně a napomáhají snížení poměru C:N k optimálním hodnotám. Především díky přírůstu N_t , který byl ovlivněn aplikací hnojiv.

Vliv na kationtovou výměnu kapacitu

Aplikace hnojiv neměla žádný vliv na tuto půdní vlastnost. V rámci experimentu je patrný nárůst v rámci všech variant.

Vliv na hydrolytickou aciditu

Hydrolytická acidita byla hnojivy významně ovlivněna. Hodnoty na parcelách ošetřených hnojivy byly vyhodnocovány s nižším obsahem než na kontrolní variantě. Časová dynamika jednotlivých variant měla podobný nárůst jako kontrolní stanoviště. Rozdíl mezi aplikovanými hnojivy nebyl statisticky prokázán, ale varianta SA měla nejnižší hodnoty v rámci experimentu (Tab. 12).

Vliv na obsah fosforu

Obsah fosforu byl v rámci experimentu významně ovlivněn u hnojiva SR + st. Kde byl naměřen rapidní nárůst obsahu fosforu na parcele. Parcela s hnojivem SA nevykazovala žádný rozdíl obsahu oproti kontrolní variantě, i když má v rámci svého složení nejvyšší obsah fosforu (17%) z použitých hnojiv. Parcela SR + st. se jako jediná v druhém roce měření posunula v rámci vyhodnocení obsahu z velmi nízkých hodnot (méně než 20 mg/kg^{-1}) na nízké hodnoty.

Vliv na obsah draslíku

Aplikovaná hnojiva měla prokazatelný vliv na zvýšení obsahu draslíku. Nejvyšší nárůst byl pozorován u varianty SR + st., kde naměřené hodnoty dosahovaly až velmi vysokého obsahu v půdním prostředí. Varianta SA také prokazatelně navýšila obsah draslíku ovšem ne s takovou intenzitou jako SR + st. Časové dynamiky jednotlivých parcel jsou rozdílné a není zde pozorována stejná intenzita přírůstu.

Vliv na obsah vápníku

Vliv hnojiv na obsah vápníku na všech variantách nebyl statisticky prokázán. Z výsledků je patrný mírný nárůst obsahu vápníku na hnojivových variantách. Varianta SR + st. vykazuje trochu vyšší hodnoty než parcela SA.

Vliv na obsah hořčíku

Z výsledků je patrné, že množství hořčíku v půdním profilu bylo hnojivy statisticky významně navýšeno. Na variantě s přípravkem SR + st. byl zaznamenán nárůst obsahu této živiny. U této varianty byl vyhodnocen nejvyšší obsah hořčíku. Varianta SA také navýšila obsah, ale ne s takovou intenzitou jako SR + st.. Časové dynamiky parcel jsou rozdílné, nejvíce se liší varianta SR + st. (Obr 20).

Vliv na obsah hliníku

Obsah hliníku nebyl statisticky významně ovlivněn na žádné hnojivové variantě. Ale z výsledků je vidět nízký pokles hodnot na hnojivových variantách. Časová dynamika je na všech parcelách stejná.

Vliv chemické meliorace na lesní hospodářství je pozorován řadou studií, které prokazují pozitivní vliv na pedochemické vlastnosti kořenové zóny, výživu a odrůstání smrku (Remeš, 2004, Salaš 2000). Změny v půdním chemizmu prostředí způsobené hnojivy vyhodnocoval také Vavříček 2010, Remeš 2006, Kuneš 2013, Pecháček 2011. U všech autorů byl pozorován pozitivní vliv hnojiv, přičemž aplikace hnojiv nezpůsobila poškození půdního prostředí. U všech studií je patrné, že aplikovaná hnojiva ovlivnila v průběhu experimentu sledované faktory. Jak uvádí Dubský (2017), Podrázský et al., Vacek et al. (2006) aplikace hnojiv se výrazně projevila až ve druhém roce aplikace, to dokazují i výsledky obsažené v této práci. V rámci aplikace hnojiv byl v tomto experimentu výrazně ovlivněn obsah fosforu, draslíku a hořčíku, stejné výsledky uvádí i Salaš (2000).

Z výsledků publikovaných z předešlého experimentu na této výzkumné ploše, který byl zaměřen na obsah živin v asimilačních aparátech, odrůstání a zdravotní stav smrku ztepilého (Hošek, 2014), byl v rámci tohoto experimentu prokázán pozitivní vliv hnojiv na výživu odrůstání a zdravotní stav. Tudíž je zde pozorována určitá provázanost vlivu hnojiv na půdní chemizmus, výživu dřeviny a následně její zdravotní stav.

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení vlivu chemické meliorace na půdní prostředí v kulturách smrku ztepilého v oblasti Nízkého Jeseníku (PLO-29). Vliv byl vyhodnocován na jedné výzkumné ploše, na které byly vyhodnocovány tři varianty. Hnojiva byla aplikována na dvou a třetí sloužila jako kontrolní stanoviště. Odběr vzorků proběhl dvakrát a to následující rok a druhý rok od aplikace hnojiv. V rámci výzkumu byla použita hnojiva řady Silvamix (Silvamix R + stimulátor a Silvamix A).

V rámci práce byly vyhodnoceny základní pedochemické charakteristiky, půdní reakce, kationtová výměnná kapacita, hydrolytická acidita, kvalita humusu a proběhlo vyhodnocení obsahu základních živin v půdě. V rámci obsahu živin byly šetřeny fosfor, hořčík, draslík, vápník a hliník.

Aplikace hnojiva Silvamix R + st. měla rozdílný vliv na určité měřené charakteristiky než druhé aplikované hnojivo. U toho hnojiva zaznamenáváme nejvyšší hodnoty pH, ovšem rozdíly vůči Silvamixu A nejsou statisticky prokazatelné. Mírné navýšení oproti ostatním variantám v jednotlivých letech měření je patrné u uhlíku a dusíku. Kationtová výměnná kapacita je u hnojiva nižší než na kontrole, ale vliv nebyl statisticky prokázán. Statisticky významný je ovšem obsah H^+ (hydrolytická acidita), kde má hnojivo prokazatelně nižší hodnoty než kontrola, při podobné časové dynamice variant. Vliv hnojiva na obsah živin byl různorodý. Největší vliv tohoto hnojiva byl ovšem zaznamenán u fosforu, kde byl v druhém roce po aplikaci naměřen nárůst o 35 mg/kg. Tato varianta jako jediná má prokazatelný nárůst fosforu v půdě. Podobné navýšení proběhlo i u hořčíku ale i draslíku, kdy varianty dosahují nejvyšších hodnot výzkumné plochy. Vápník a hliník nebyl hnojivem výrazně ovlivněn, jejich obsah i časová dynamika je obdobná jako na kontrolní variantě a není zde žádný prokazatelný statistický rozdíl.

Hnojivo Silvamix A nevykazovalo tolik změn oproti kontrole jako předešlý přípravek, ale určité hodnoty byly ovlivněny. Na stanovišti byly pozorovány nejnižší hodnoty půdní reakce (pH). Výše uhlíku a dusíku nebyla významně ovlivněna, dynamika se podobala kontrolní variantě. Hydrolytickou aciditu hnojivo prokazatelně snížilo. Kationtová výměnná kapacita nebyla ovlivněna. Vliv na obsah živin v půdě nebyl tak velký jako u varianty SR + st., ale obsah hořčíku a draslíku byl ovlivněn

se statistickou významností. Tyto prvky ovšem nedosáhly ani zdaleka takového nárůstu jako u varianty SR + st.. Oproti předešlému hnojivu není ovlivněn obsah fosforu. A vliv na vápník a hliník není prokazatelný.

Z výsledků měření je patrné, že i když hnojivo Silvamix A obsahuje vyšší podíl dusíku, fosforu i hořčíku, neovlivnilo stanoviště tolik jako přípravek Silvamix R + st. To dokazuje, že jednotlivé vlivy hnojiv jsou závislé na ekologických podmínkách stanovišť. Chemickou melioraci můžou do jisté míry omezovat i mikroklimatické podmínky a klimatické výchyly stanoviště. Jak je prokázáno i v jiných studiích, správnou aplikací použitých hnojiv můžeme dosáhnout zlepšení pedochemických vlastností lesních půd a tím dosáhnout lepšího odrůstání a zdravotního stavu narušených lesních porostů.

Summary

The bachelor's thesis focused on the evaluation of the impact of chemical amelioration on the soil environment in the young stands of Norway spruce in Nížký Jeseník (NFR 29). The influence was evaluated on a research plot, where the three variants were evaluated. The fertilizers were used on the two plots and the last plot served as control plot. The samples were collected twice, one and two years after the fertilizer application. Within the research, the Silvamix (Silvamix R + stimulator a Silvamix A) series fertilizer was used.

In this work, the basic pedochemical characteristics, soil reaction, cation exchange capacity, hydrolytic acidity, humus quality, were evaluated. The evaluation of the content of basic nutrients in the soil was also done. Within the nutrient content, the phosphorus, magnesium, potassium, calcium and aluminium, were investigated.

The fertilizer Silvamix R + st. application had different influence to some measured characteristics than other applied fertilizer. The fertilizer affects the reduction of the soil reaction. Significant effect of fertilizer was proven in the hydrolytic acidity, where has the fertilizer provably lower values than in the control, with very similar time period dynamic. The affect of fertilizer to nutrients content was varied. Proven increase was observed for phosphorus, magnesium and potassium. The calcium and aluminum weren't significantly affected by fertilizer and there is no proven statistical difference.

The fertilizer Silvamix A did not show much changes compare to control as variant SR + st.. On the site, the lowest values of soil reaction (pH) were observed. The amount of Cox and Nt was not significantly influenced. Hydrolytic acidity was provably reduced. The influence for number of nutrients in the soil was not such a big as in the variant SR + st., but the content of magnesium and potassium was affected with statistical significance. The increase is not so great as in the SR + st.. The phosphorus content is not affected compared to SR + st. variant. The affection is not proven for calcium and aluminium. From the measurement results it is evident, that even if the fertilizer Silvamix A contains higher amount of nitrogen, phosphorus and magnesium, did not influence the site as much as the fertilizer Silvamix R + st.. This proves, that the individual fertilizer effects relate to ecological site conditions. The chemical amelioration can slightly limit also microclimatic conditions and climatic site deflections. As demonstrated in other studies, by the correct application of fertilizers, it

is possible to improve pedochemical forests soil characteristics and thereby achieving better growth and better health status of disturbed forest stands.

Seznam použité literatury

BARNES, B.V., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H., 1998. *Forest Ecology*. 4th ed. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, J. Wiley, 774 s.

CULEK, M., 1996. *Biogeografické členění České republiky*. Praha, Enigma, 347 s.

DEMEK, J. et al., 1987. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR*. Academia, Praha., 643 s.

EVERS F. H, HUTTL R. F. 1990. *A new fertilization strategy in declining forests*. In: Zottl H. W., Huttel R. F. (eds.): *Management of nutrition in forests under stress*. Water, Air and Soil Pollution, 54: 495-506.

HAUPTMAN, I., BIČÍK, I., KUKAL, Z. POŠMOURNÝ, K., (eds.). 2009. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult.

HLUŠEK, J. 2004. *Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur*. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

HOŠEK, M.. *Efekt aplikace minerálních hnojiv a organominerálního stimulačního přípravku na výživu, vývoj a odrůstání smrkových monokultur v PLO 29 - Nizký Jeseník*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Fakulta lesnická a dřevařská.

HRUŠKA, J., CIENCALA, E., (eds.). 2005. *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. Praha, Česká geologická služba, 153 s.

HÜTTL, R. F., 1987. „*Neuartige*“ *Waldschäden*, Ernährungsstörungen und Düngung. Allg. Forstz., 42: 289–299.

JANOŠKA, M. 2001. *Nizký Jeseník očima geologa*. Olomouc: Univerzita Palackého.

KUNEŠ, I., ZAHRADNÍK, D., BALCAR, V., ŠPULÁK, O., BALÁŠ, M., KOŇASOVÁ, T., KACÁLEK, D., VÍTÁMVÁS, J., JANČOVÁ, A., NOVÁKOVÁ, O., MILLEROVÁ, K. Effects of fertilisation on biomass of Norway spruce on a harsh mountain site. *Journal of Forest Science*, 2013, roč. 59, č. 1, s. 8-21.

MATERNA, J., 1963. *Výživa a hnojení lesních porostů*. SZN, Praha, 227 s.

MATULA, J., 1977. *Výživa rostlin*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, 182 s.

MEHLICH, A. 1978. *New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese, and zinc*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 9(6):477-492.

NÁROVEC, V., 1993. *Soustava hnojení v lesních školkách s tradičním pěstováním sadbového materiálu na minerální půdě*. Zprávy lesnického výzkumu, 38, č. 2, 30 -33 s.

NÁROVEC, V., 2001. *100x o hnojení v lese*. 2. vyd. Písek: Lesnická práce, 31

NĚMEČEK, J., A KOL., 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. ČZU Praha, VÚMOP Praha, 78 s.

PECHÁČEK, J. -- VAVŘÍČEK, D. -- SAMEC, P. Soil environment and nutrient status of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) underplantings in conditions of the 8th FAZ in the Hrubý Jeseník Mts. 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*. 2011. sv. 57, č. 4, s. 141-152.

PELÍŠEK, J., 1964. *Lesnické půdoznalství*. SZN, Praha, 568 s.

PLÍVA, K., ŽLÁBEK, I., 1986. *Přírodní lesní oblasti ČSR*. Praha, SZN, 313 s.

- PODRÁZSKÝ, V., 2004. *Vliv vápnění na chemické vlastnosti lesních půd Jizerských hor, Orlických hor a Krkonoš*. Lesnická práce, 50(8). 353-359
- PODRÁZSKÝ, V., 2005. *Účinky melioračních opatření a potenciál jejich využití v imisních oblastech ČR*. In: Hruška J, Cienciala E (eds.). Dlouhodobá acidifikace anutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Praha, Česká geologická služba: 119-121.
- PODRÁZSKÝ, V. 2006: *Logging and forest decline effects on the humus horizon in the Šumava Mts*. Journal of Forest Science, 52 (10): 439 – 445.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHTOVÁ I. 2003. *Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic*. Journal of Forest Science, 7: 141-147.
- POLENO, Z., VACEK, S., 2011. *Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů*. Lesnická práce s.r.o. Kostelec nad Černými lesy. 319s.
- PRŮŠA, E., 2001. *Pěstování lesů na typologických základech*. Vyd. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 593 s.
- REJŠEK, K., 1999. *Lesnická pedologie - cvičení*. [skriptum]. MZLU v Brně, 154 s.
- REMEŠ, J. – PODRÁZSKÝ, V. Fertilization of spruce monocultures on the School Training Forest territory in Kostelec nad Černými lesy. *Journal of Forest Science*, 2006, roč. 52, č. 1, s. 73 - 78.
- REMEŠ J., VIEWEGH J., PODRÁZSKÝ V., VACEK S. 2004. *Výsledky aplikace hnojiv SILVAMIX v lesních porostech*. Lesnická práce, 83: 81-83.
- RICHTER, R., HLUŠEK, J., 1994. *Výživa a hnojení rostlin*. I. obecná část. [Skriptum]. Brno, Ediční středisko VŠZ, 171 s.

ŠÁLY, R., 1978. *Podá základ lesnej produkcie*. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, Bratislava., 235 s.

ŠIMEK, M., 2003. *Základy nauky o pôde - 1. Neživé složky pôdy*. České Budějovice, Biologická fakulta JU, 131s.

ŠIMEK, M., 2005. *Základy nauky o půdě*. 2. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 158 s.

ÚRADNÍČEK, L. 2003. *Lesnická dendrologie I.: (Gymnospermae)*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., HEJCMAN, M., REMEŠ, J., 2006. *Effect of Mg fertilization on yellowing disease of Norway spruce at higher elevations of the Šumava Mts., Czech republic*. Journal of Forest Science, 10: 474–481.

VAVŘÍČEK, D., 2011. *Péče o úrodnost půd v lesních školkách*. In *Péče o půdu v lesních školkách - Sborník referátů přednesených na instruktážním kurzu*. Brno, Tribun EU s.r.o. 46–77.

VAVŘÍČEK, D. -- PECHÁČEK, J. -- JONÁK, P. -- SAMEC, P. The Effect of Point Application of Fertilizers on the Soil Environment of Spread Line Windrows in the Krušné hory Mts. *Journal of forest science*. 2010. sv. 56, č. 5, s. 195--208.

VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A., 2014. *Lesnická pedologie, skripta – učební text*, Mendelova univerzita v Brně. 283s

VRÁNOVÁ, V., SAMEC, P., 2005. *State of soil sorption complex in substitute stands under decreased air – pollution load in submontane conditions of the Podkrkonoší Region*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. sv. 8, č. 1, s. 1 – 14.

ZBÍRAL J., HONSA I., MALÝ S., 1997. *Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚZ: 150.

ZBÍRAL, J., 2002. *Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy*. Brno, ÚKZÚZ, 197 s.

Seznam internetových zdrojů

DUBSKÝ, M., Použití pomalu působících hnojiv Silvamix®Forte a Silvamix® v práškové formě pro hnojení dřevin v kontejnerech. [online] citováno 1. února 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.silvamix.com/clanky/39/clanek/55/cz/pouziti-pomalu-pusobicich-hnojiv-silvamix-forte-a-silvamix-v-praskove-forme-pro-hnojeni-drevin-v-kontejnerech>

NÁROVEC, V., JURÁSEK, A., 2000. *Několik poznámek k přihnojování lesních kultur* [online] citováno 1. února 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.lesprace.cz/casopislesnicka-prace-archiv/rocnik-79-2000/lesnicka-prace-c-4-00/nekolik-poznamek-kprijhnojovani-lesnich-kultur>

POD, *Slezská Harta* [online] citováno 1. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.pod.cz/stranka/slezska-harta.html>

PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., KRATOCHVÍL, J. [online] citováno 1. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.silvamix.com/clanky/39/clanek/47/cz/moznosti-vyuziti-v-lesnim-hospodarstvi>

SALAŠ, P., ŘEZNÍČEK, V., *Využití hnojiv silvamix R v lesních školkách* [online] citováno 1. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-79-2000/lesnicka-prace-c-3-00/vyuziti-hnojiv-silvamixr-v-lesnich-skolkach>

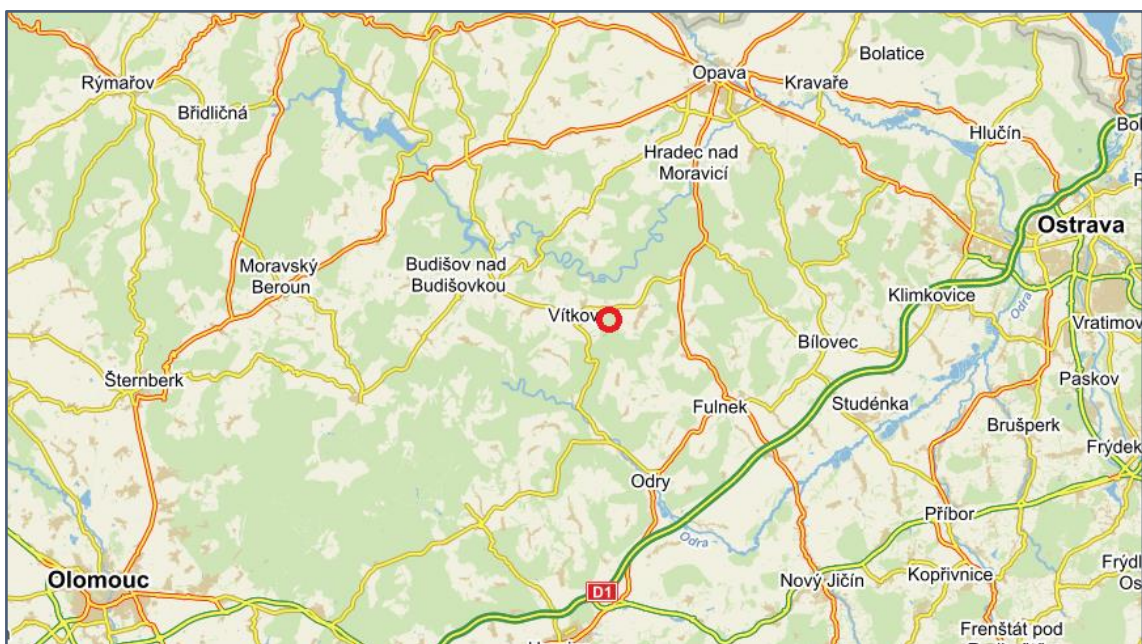
ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., *Stav lesních půd a chřadnutí smrku* [online] citováno 1. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-92-2013/lesnicka-prace-c-6-13/stav-lesnich-pud-a-chradnuti-smrku>

WILTSCH K., LELEK p., *Řeka odra I* [online] citováno 1. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <http://www.oderske-vrchy.cz/clanek/vodopis/reka-odra-i/1/>

Přílohy

Seznam použitých příloh

- Obr. 1: Mapa zájmového území
- Obr. 2: Výzkumná plocha Vítkov - mlazina
- Obr. 3: Vytyčení hranice výzkumné plochy, Vítkov - mlazina
- Obr. 4: Ukázka zdravotního stavu porostu, Vítkov - mlazina
- Obr. 5: Pohled do porostu, Vítkov - mlazina
- Obr. 6: Ukázka označení hodnocených jedinců
- Obr. 7: Ukázka měření jedinců
- Obr. 8: Okraj porostu a pohled na přístupovou cestu



Obr. 1: Mapa zájmového území (zdroj: <http://www.mapy.cz/>)



Obr. 2: Výzkumná plocha Vítkov – mlazina



Obr. 3: Vytyčení hranice výzkumné plochy, Vítkov – mlazina



Obr. 4: Ukázka zdravotního stavu porostu, Vítkov – mlazina



Obr. 5: Pohled do porostu, Vítkov – mlazina



Obr. 6: Ukázka označení hodnocených jedinců



Obr. 7: Ukázka měření jedinců



Obr. 8: Okraj porostu a pohled na přístupovou cestu