

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno 2016

Tereza Slivková

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

**Vliv růstových stimulantů a vybraných hnojiv na revitalizaci lesních
ekosystémů ve stádiu kultur v oblasti skarifikovaných degradací
Krušných hor (LS Klášterec n. O.)**

Bakalářská práce

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv růstových stimulátorů a vybraných hnojiv na revitalizaci lesních ekosystémů ve stádiu kultur v oblasti skarifikovaných degradací Krušných hor (LS Klášterec n. O.) zpracoval/a 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/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 2.5.2016

podpis studenta

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat panu doc. Dr. Ing. Dušanu Vavříčkovi za jeho odborný dozor, ochotu při vedení psaní této bakalářské práce a za cenné rady k jejímu dokončení. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Janu Pecháčkovi, Ph.D. za odbornou pomoc při psaní a sestavování dílčích výsledků pro tuto práci. Ještě bych chtěla poděkovat svým rodičům za duševní podporu při studiu a tvorbě této bakalářské práce.

Abstrakt

Zpracovala: Tereza Slivková

Název práce: Vliv růstových stimulátorů a vybraných hnojiv na revitalizaci lesních ekosystémů ve stádiu kultur v oblasti skarifikovaných degradací Krušných hor (LS Klášterec n. O.)

Na skarifikovaných plochách 7. lesního vegetačního stupně v Krušných horách byla založena výzkumná plocha se 6 hnojenými parcelami. Na této ploše je zkoumán vliv jednotlivých hnojiv na výživu a odrůstání smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.). Na jednotlivých přihnojených parcelách se k sazenicím a vyšším stromkům bodově aplikují tabletová hnojiva řady Silvamix[®] (Silvamix[®] R30S, Silvamix[®] R50 + stimulanty a Silvamix[®] Forte), Agluform 90S a organominerální stimulační přípravek Vermaktiv stimul + Cu. Z těchto variant byly jednotlivě odebírány vzorky nejmladšího jehličí a to jednou ročně na konci vegetačního období. Dále byly jednou ročně měřeny vrcholové prýty na jednotlivých variantách. Na této výzkumné ploše se jednoznačně určil přínos hnojiv na podpoře výživy a odrůstání kultur smrku ztepilého.

Klíčová slova: tabletová hnojiva řady Silvamix[®], Vermaktiv Stimul +Cu, Agluform 90S, smrk ztepilý, 7. lesní vegetační stupeň, skarifikace, výživa, odrůstání, Krušné hory

Abstract

Work by: Tereza Slivková

Title of the thesis: The influence of growth promoters and selected fertilizers on the revitalization of the forest ecosystems in the stage of cultures in the area scarification degradation of the Ore Mts. (LS Klášterec n. O.)

On scarification surfaces 7. forest vegetation in the Ore Mts., was founded by research area is 6 fertilizer plots. This area is examined the influence of individual fertilizer on food and grip of Norway spruce (*Picea abies* Karst./L./). On the individual parcels to fertilising seedlings and higher trees given problems applied pelletized fertilizer Silvamix[®] series (Silvamix[®] R30S, Silvamix[®] R50S promoters and Silvamix[®] Forte), Agluform 90S and organo - stimulatory product Vermaktil Stimul + Cu. Of these variants were individually sampled the youngest needles and once a year at the end of the growing season. In addition, once a year measured the top shoots on the individual variations. To this research area will clearly determine the contribution of fertilizer to promote nutrition and cultures Norway spruce grip.

Key words: pelletized fertilizer series Silvamix[®], growth, Ore Mts., Agluform 90S, Vermaktil Stimul + Cu

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce.....	3
3 Literární přehled.....	4
3.1 Úloha hnojení a hnojiv na úseku lesního hospodářství	4
3.1.1 Charakteristika procesu hnojení a jeho význam pro lesní dřeviny	4
3.1.2 Typy hnojení.....	4
3.1.2.1 Hnojení základní a operativní.....	5
3.1.2.2 Hnojení dle jeho účelu	5
3.1.3 Typy hnojiv	6
3.1.4 Hnojiva řady Silvamix®	7
3.1.4.1 Tabletová hnojiva Stromkonifer a Stromfolixyl	8
3.2 Růstové regulátory a fytohormony	9
3.2.1 Auxiny.....	9
3.2.2 Gibereliny	10
3.2.3 Cytokininy.....	10
3.2.4 Kyselina abscisová	11
3.2.5 Etylen.....	11
3.3 Makroelementy (a mikroelementy) ve výživě lesních dřevin	12
3.3.1 Dusík a jeho význam.....	12
3.3.1.1 Nedostatek ve výživě	12
3.3.1.2 Koloběh prvku	13
3.3.2 Fosfor a jeho význam	13
3.3.2.1 Nedostatek ve výživě	14
3.3.2.2 Koloběh prvku	14
3.3.3 Draslík a jeho význam.....	14
3.3.3.1 Nedostatek ve výživě	14
3.3.3.2 Koloběh prvku	15
3.3.4 Vápník a jeho význam	15
3.3.4.1 Nedostatek ve výživě	15
3.3.4.2 Koloběh prvku	16
3.3.5 Hořčík a jeho význam	16
3.3.5.1 Nedostatek ve výživě	16
3.3.5.2 Koloběh prvku	17

3.4 Přírodní podmínky zájmové oblasti.....	17
3.4.1 Obecná charakteristika Krušných hor	17
3.4.2 Specifika půd krušnohorského regionu.....	19
3.4.2.1 Buldozerová příprava půd	20
3.4.2.2 Stresové faktory půdního prostředí v KH.....	21
3.5 Humusová složka půdního prostředí	22
3.5.1 Humusové látky a jejich význam pro lesní hospodářství	22
3.5.2 Využití rašelinových substrátů u půdně degradovaných systémů	24
4 Metodika	25
4.1 Základní pedologický a fytoecologický průzkum na výzkumné ploše.....	25
4.2 Aplikace hnojiv	25
4.3 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu	26
4.3.1 Odběr vzorků jehličí	26
4.3.2 Laboratorní analýzy jehličí	27
4.3.3 Statistická analýza	28
4.4 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůsty.....	29
4.4.1 Výškový přírůst.....	29
4.4.2 Statistická analýza	29
4.5 Metodika vyhodnocení zdravotního stavu	29
4.5.1 Hodnocení zdravotního stavu	29
4.5.2 Statistická analýza	30
4.6 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na váhu jehlic smrku ztepilého	30
4.6.1 Vážení jehlic	30
4.6.2 Statistická analýza	30
5 Výsledky práce	32
5.1 Charakteristika výzkumné plochy KH Bojiště	32
5.1.1 Popis půdní sondy	32
5.2 Vliv aplikovaných hnojiv na obsah živin	35
5.2.1 Vliv na obsah dusíku.....	35
5.2.2 Vliv na obsah fosforu.....	38
5.2.3 Vliv na obsah draslíku.....	40
5.2.4 Vliv na obsah vápníku.....	42
5.2.5 Vliv na obsah hořčíku	45
5.2.6 Vliv na obsah síry.....	47
5.3 Vliv aplikovaných hnojiv na přírůsty	48
5.3.1 Vliv u vyšších stromků (A - starší).....	49

5.3.2 Vliv u sazenic (B – mladé sazenice)	50
5.4 Vliv aplikovaných hnojiv na zdravotní stav (vitalitu)	51
5.4.1 Vliv u vyšších stromků (A - starší).....	51
5.4.2 Vliv u sazenic (B – mladé sazenice)	53
5.5 Vliv aplikovaných hnojiv na váhu jehlic smrku ztepilého	54
5.5.1 Vliv u vyšších stromků (A- starší).....	54
5.5.2 Vliv u mladých sazenic (B)	55
6 Diskuse	56
6.1 Vliv aplikovaných hnojiv na dusík.....	56
6.2 Vliv aplikovaných hnojiv na fosfor	56
6.3 Vliv aplikovaných hnojiv na draslík	57
6.4 Vliv aplikovaných hnojiv na vápník	58
6.5 Vliv aplikovaných hnojiv na hořčík	59
6.6 Vliv aplikovaných hnojiv na síru	60
6.7 Vliv jednotlivých hnojiv na přírůst.....	60
6.8 Vliv aplikovaných hnojiv na zdravotní stav	61
7 Závěr	63
8 Literární přehled.....	67
9 Přílohy	71

1 Úvod

Z pohledu ledních ekosystémů půda představuje substrát, který umožňuje zakořenění vyšších rostlin. Tato funkce je podmíněna schopností půdy poskytovat substrát zajišťující trvalou (dlouhodobou) stabilitu rostlin a trvale (dlouhodobě) poskytovat dostatečné množství živin a vláhy (Vavříček a Kučera, 2014). Půda je hlavním prostředím, které zajišťuje základní fyziologické procesy rostlin.

V 70. – 80. letech byly lesní ekosystémy výrazně ovlivněny imisní zátěží z energetických zdrojů i ze zdrojů metalurgického průmyslu. Především byly postiženy porosty v příhraničních lesních oblastech. Dlouhodobé působení imisí může vyvolat jednak degradaci půdního prostředí s eluviací bazických mikroelementů do spodních horizontů půdních profilů, jednak mohou být živiny vyplavovány i z asimilačního aparátu lesních dřevin (Hynek, 2001).

Půdy v oblasti Krušných hor jsou v různé míře ovlivněny znečištěním ovzduší a depozicemi, změnou charakteru a struktury lesních porostů, mechanizovanou přípravou půdy pro zalesňování a různými postupy chemické meliorace. Tyto faktory vedou k vysoké variabilitě půdních vlastností a jejich slabé prostorové závislosti, což komplikuje hodnocení jejich prostorové rozložení. Produkční úroveň půd v oblastech náhradních porostů je i přes pozitivní vliv chemické a biologické meliorace na nízké úrovni (Šrámek et al., 2008)

Dále bylo v 80. letech tohoto století popsáno tzv. novodobé poškození lesů, které se projevovalo žloutnutím a předčasným opadem jehličí zejména smrkových porostů. Za příčinu barevných změn bylo určeno narušení rovnováhy výživy porostů. Dlouhodobé působení imisí a kyselá depozice vyvolaly v půdě degradační procesy, které jsou spojeny s výrazným až extrémním okyselením svrchních vrstev půdního profilu a vymývání živin- bazických prvků- Mg, Ca, K- ze sorpčního komplexu (Lomský et al., 2000).

Mimo vápnění se na mnohých územích začaly používat pomalu rozpustná tabletová hnojiva. Po roce 1993, kdy došlo k restrukturalizaci výrobního podniku v Přerově a kdy byla výroba hnojivých tablet Perform ukončena, dominovala aplikace různých typů hnojivých tablet, označovaných Silvamix[®] (ECOLAB Znojmo, spol. s.r.o.). Specifikem tohoto hnojiva je, že jeho vývoj probíhal na podkladě přesných požadavků tehdejšího podnikového ředitelství Severočeských státních lesů v Teplicích a později i dalších uživatelů. Vyústil v podrobné rozpracování technologických postupů

pro uplatnění hnojivých tablet v lesnické praxi, resp. pro výsadby lesních dřevin na imisních holinách. U hnojivých tablet Silvamix[®] se prosazovala povrchová aplikace, resp. pokládání hnojiva na půdní povrch vně obvodu průmětu korun přihnojovaných stromků. Tento způsob hnojení vycházel z doporučení, publikovaných v sousedním Německu (např. Burschel et Huss 1987). (Nárovec, 2004)

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení jednotlivých typů hnojiv na výživu různými živinami a následný přírůst a vitalitu u smrku ztepilého (*Picea abies/L/Karst.*) za 1. a 2. rok měření po aplikaci na skarifikovaných plochách 7. lesního vegetačního stupně v Krušných horách na LHP Klášterec nad Ohří.

3 Literární přehled

3.1 Úloha hnojení a hnojiv na úseku lesního hospodářství

3.1.1 Charakteristika procesu hnojení a jeho význam pro lesní dřeviny

Hnojení představuje cílenou činnost prováděnou za účelem dodávání hnojivých látek a zahrnuje dva typy přístupů: úpravu zásob živin v půdě; přímou úpravu výživy bezprostředně dřevinám pomocí aplikace živných roztoků nebo rychle působících vodorozpustných hnojiv na asimilační aparát (tzv. zelené hnojivo) (Vavříček a Kučera, 2014).

Aplikace vápnění a hnojení, tj. hnojiv a látek s hnojivým a melioračním účinkem, je významnou, determinující součástí chemické meliorace stanovišť. Pod tímto pojmem je nutné rozumět vnos chemicky, biologicky, mikrobiologicky a fyziologicky aktivních látek s obsahem živin (bioelementů) majících za cíl zintenzivnění koloběhu těchto prvků a zlepšení stavu výživy lesních dřevin nebo zlepšení či obnovení kvality stanoviště. Cíle aplikace jsou produkční, tj. hnojiva a hnojivé materiály jsou aplikovány především pro stimulaci primární produkce lesního porostu, nebo dodané látky či živiny mají stabilizovat a revitalizovat dřevinu, popřípadě půdní složku lesního ekosystému (Podrázský, V., 2001).

V zásadě bylo použito látek, majících zlepšit a zintenzivnit koloběh živin v lesních ekosystémech, odstranit důsledky chemické degradace půd a zabránit jejich další acidifikaci a vyplavování živin. Tato opatření lze členit na přímá, dodávající do ekosystému deficitní živiny a zvyšující tím intenzitu jejich cyklů a na nepřímá, zvyšující úroveň těchto procesů intenzivnější činností půdních organismů jeho důsledku zlepšení stavu jejich prostředí (Podrázský, 2003).

3.1.2 Typy hnojení

V lesních porostech je nutno postupy hnojení aplikovat na základě důkladného a komplexního rozboru situace a uvážení všech důsledků provedeného opatření. 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. Zohledníme-li další hlediska, lze hovořit o: hnojení produkčním, diagnostickým,

regeneračním podle funkce, hnojení kultur, dospělých porostů, speciálních a intenzivních kultur podle stáří a typu lesních porostů, přihnojování, hnojení pozdním podle doby aplikace, hnojení lokálním, pruhovém, celoplošném, vrstevnatém, povrchovém, po zapravení podle způsobu aplikace hnojivé látky, ručním, mechanizovaném, pozemním či leteckém hnojení podle použité techniky, hovoříme o mimokořenové aplikaci (Podrázský, V., 2001).

3.1.2.1 Hnojení základní a operativní

Základní hnojení je metoda, kterou se upravují fyzikální, chemické a s tím související biologické vlastnosti půdy. Používá se pro nastartování degradačních a revitalizačních procesů. Na základě výsledků šetření a účelu, za jakým je hnojení prováděno, se k hnojení přistupuje při zjištění nevhodných forem humusu, při výrazném nástupu acidifikace půdy s extrémně nenasyceným sorpčním komplexem, při výrazném ochuzení půdy o živiny, při negativních projevech fyziologického stavu rostlin a snižování produkce (Vavříček a Kučera, 2014).

Operativní hnojení představuje doplňování živin při manifestaci akutního nebo prokázání latentního deficitu jednoho nebo více bioelementů (Podrázský, V., 2001). Znamená přímé ovlivnění stavu a podmínek výživy rostlin. Provádí se při akutním nedostatku živin, při zhoršeném zdravotním stavu, který se projevuje na fyziologii dřevin, v obsahu živin v asimilačním aparátu a karenčními jevy a jako následek imisí (Vavříček a Kučera, 2014).

3.1.2.2 Hnojení dle jeho účelu

Chemickou melioraci na stanovištích rozlišujeme pomocí několika ekosystémových hledisek:

- **Meliorační hnojení**- uskutečňuje se vždy před sadbou celoplošně. Cílem je dodat chybějící živiny (Mauer, 2009).
- **Startovací hnojení**- aplikuje se vždy bezprostředně k rostlinám s cílem omezit dopady některých ekologických stresorů (Walker a Hunt, 1992).
- **Udržovací hnojení**- účinnost melioračního hnojení je maximálně 6 let, po této době je potřeba hnojení opakovat (Mauer, 2009).

- **Vitální hnojení**- aplikované pro stimulaci růstu tekutými přípravky na asimilační orgány rostlin (Procházka et al., 1997).

3.1.3 Typy hnojiv

Hnojiva rozdělujeme podle jejich chemického složení na jednosložková a dvousložková hnojiva. Jednosložková hnojiva obsahují jednu živinu jako hlavní, mohou také obsahovat doprovodné ionty (např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^-), popřípadě mikroelementy. Dělíme je na hnojiva dusíkatá, fosforečná, draselná, vápenatá a hořečnatá. Vícesložková hnojiva mají obsah s minimálně dvěma nebo více hlavními živinami, obsahují i doprovodné ionty a mikroelementy. Dělíme je na hnojiva dvojitá (NP, NK, PK), trojitá (plná-NPK), mikrohnojiva a hnojiva se sírou.

Dále hnojiva dělíme podle účinnosti na hnojiva přímá a nepřímá. Přímá opatření lze označit i jako hnojení, při němž jsou dodávány živiny ve formě především minerálních hnojiv. Jako nepřímá opatření lze chápat v první řadě vápnění, označované někdy i jako nepřímé hnojení. Aplikace látek na bázi karbonátů, hydroxidů a oxidů vápníku a hořčíku v první řadě upravuje půdní chemismus (Podrázský, 2004).

Kromě klasického typu přihnojení je pro rychlé odstranění akutního deficitu možno využít kapalného hnojení na list. Zůstává omezen pro relativně vysoké náklady a rizika (poškození asimilačních orgánů vysokou koncentrací, splavení při srážkách). Nejčastěji se k přihnojování používají minerální hnojiva jednosložková a vícesložková ve formě práškové, granulované či tzv. tvarové (tablety, brikety, kotlíky). Prášková forma splňuje při ruční aplikaci požadavek na rovnoměrnost a rychlost rozpuštění, tvarová 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 prostředky (snížení prašivosti) (Podrázský, V., 2001).

K dispozici jsou i typy hnojiv vyrobené s přihlédnutím ke specifickým požadavkům v oblasti lesního hospodářství. K těm patří především dlouhodobost působení, pomalé rozpouštění a požadavky variabilního složení. Jako příklad lze uvést hnojiva řady SILVAMIX[®] (ECOLAB Znojmo, Česká republika), která tyto požadavky splňují (Podrázský, V., 2001). Tato hnojiva existují v tabletové formě, což je výhodnější pro aplikaci k rostlinám na hůře dostupných stanovištích. V rakouských poměrech se

používají hnojiva typu BIOMAG, vzniklá částečným pálením dolomitů (ve slovenských podmínkách kaustický dolomit) (Podrázský, V., 2001).

3.1.4 Hnojiva řady Silvamix®

Lesní hnojiva řady Silvamix byla vyvíjena již od roku 1983. Při jejich přípravě se vždy důsledně vycházelo z požadavků a připomínek lesnické praxe a zejména ve formě hnojivých tablet se od poloviny 80. let minulého století stále uplatňují k přihnojování výsadeb lesních dřevin na imisních a kalamitních holinách či v jinak pro obnovu lesa zatížených poměrech České republiky (Nárovec, V. a Kubíček, J., 2004).

Pro hnojení a dohnojování trvalých kultur byla vyvinuta řada speciálních zásobních hnojiv s prodlouženou dobou účinnosti. Pomalé a postupné uvolňování živin z těchto hnojiv je zajišťováno rozdílnými mechanismy a nutno podotknout, že i s rozdílnými výsledky. Doba působení je závislá na typu a dávce hnojiva, na vlastnostech půdy a klimatických podmínkách. Pomalu působící hnojiva můžeme rozdělit na tři základní typy: vodorozpustná hnojiva obalená či kapslová různými látkami, hnojiva pomalu rozpustná ve vodě a uvolňující živiny pozvolným rozpouštěním nebo hydrolýzou, biologicky rozložitelné organické sloučeniny.

Lesnický výzkum se spíše orientoval na hnojiva druhého typu (hnojiva vzhledem ke svému chemickému složení těžko rozpustná ve vodě a uvolňující živiny pozvolným rozpouštěním nebo hydrolýzou). Hnojivo bylo původně vyvinuto pouze pro potřeby lesnictví, později byl sortiment rozšířen i na oblast výživy zahradnických a speciálních kultur. V současnosti zahrnuje řada Silvamix® asi devět druhů hnojiv, které se od sebe navzájem liší poměrem živin (Silvamix® Forte, Silvamix® W, Silvamix® Mg, Silvamix® J, Silvamix® R, Silvamix® A, Silvagen®, Silvaform®, Silvamix®) (Salaš, 2004).

Pomalejší uvolňování živin z hnojiv Silvamix® je však významné i pro eventuální ovlivnění životního prostředí. Především je nutné zdůraznit, že celkové množství živin, které se v těchto hnojivech běžně aplikují, je ve srovnání s celkovou zásobou živin v nadložním humusu a v organické hmotě velmi malé. V doporučených dávkách lesních hnojiv řady Silvamix® při základních lesních kultur se aplikuje cca 20-50 kg N, 6-20 kg P, 7-45 kg K a 7-25 kg Mg na 1 ha (Materna, J., 1999).

Hnojiva řady Silvamix® lze použít k dohnojování kultur, ale pomáhají i při jiných obtížích se zdravím v pěstění kultur. V posledních letech nabývá na významu chronické

poškození především smrkových porostů, tzv. žloutnutí smrku. Takzvané žloutnutí smrku představuje poměrně závažný a častý problém na mnoha územích České republiky. V některých oblastech vede až k hynutí porostů, hlouběji bylo studováno například na Šumavě a v západní části Krušných hor. Různé příčiny vedou k nedostatečné výživě- v první řadě hořčíkem. Kromě bezpodmínečného snížení kyselé depozice představuje vhodné opatření přihnojení deficitními živinami. V zájmovém území vedla aplikace poměrně malého množství vhodného hnojiva- Silvamix[®] Mg ke značnému zlepšení stavu olistění a především k radikálnímu snížení žloutnutí u smrku od prvních let od aplikace (Podrázský et al., 2005).

Hnojiva obsahují hlavní živinu- dusík, ve formě močovino-aldehydových kondenzátů, vyznačujících se různou rozpustností ve vodě v závislosti na délce polykondenzátového řetězce. Poskytují zdroj pomalé dusíkaté výživy. Výraznou předností hnojiv Silvamix[®], Silvagen[®] a Silvaform[®] jsou málo rozpustné podvojně fosforečnany draselnohořečnaté, které zaručují pozvolné uvolňování i dalších základních živin: fosforu, draslíku a hořčíku.

3.1.4.1 Tabletová hnojiva Stromkonifer a Stromfolixyl

Tato hnojiva řadíme mezi řadu hnojiv Silvamix[®]. Tabletová hnojiva řady Stromkonifer a Stromfolixyl je zaměřena především na aplikace a výživu krytokořenného sadebního materiálu, který má značné přednosti před prostokořennými sazenicemi. Tablety lze také úspěšně využívat přímo při zalesňování, kdy je aplikujeme těsně před výsadbou přímo do kořenového balu. Je možno zalesňovat v průběhu celého roku, není poškozován kořenový systém, sazenice netrpí šokem po zalesňování a kultura může být zajištěná v důsledku stimulovaného rozvoje kořenového systému současně s nižšími ztrátami po výsadbě.

Tabletová hnojiva výše uvedených řad obsahují základní živiny dusík, vápník, hořčík, draslík a fosfor. Poměry jednotlivých receptur jsou sestaveny tak, aby odpovídaly nárokům optimální výživy sazenice nejen z aspektu na vývoj nadzemní biomasy. Tablety jsou formovány pro maximálně dvouleté sazenice a jedno vegetační období. Další dávkování se upravuje dle věku a druhu sazenice.

Tabletová hnojiva Stromkonifer (pro jehličnany) a Stromfolixyl (pro listnaté dřeviny) byla navržena pro minerální hnojení krytokořenné sadby v PE obalech, kontejnerech, ale také pro zalesňování.

Tabletová hnojiva Stromkonifer i Stromfolixyl v rašelinových a dobře vyžralých substrátech předčí svými účinky na výškový přírůst sazenic běžně užívaná minerální hnojiva. Zvláště výrazný pozitivní vliv mají tabletová hnojiva na rozvoj kořenů, zejména pak na jemnou kořenovou frakci.

Získané výsledky i podrobná statistická šetření na základě testování souborů jednoznačně prokázaly pozitivní vliv stimulační látky v tabletách na růst a objem kořenového systému listnatých i jehličnatých dřevin.

Odzkoušená tabletová hnojiva mohou být úspěšně využita v rámci pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin při obalových technologických postupech s jednoletou expozicí (Vavříček, D., 2000).

3.2 Růstové regulátory a fytohormony

Růst rostlin je ireverzibilní změna jejich tvaru. Často se u něho zdůrazňuje jeho kvantitativní stránka. Avšak růst je těsně spjat s diferenciací, tedy se změnami kvalitativními, zahrnovanými do pojmu vývoj. Regulace rostlinného růstu, nemají tedy vztah jen k růstu, ale i k vývoji rostlin (Procházka, S., 1997). U rostlin jsou růstové aktivity početných vrcholů redukovány chemickými signály hormonální povahy, fytohormony. Také zprostředkování signálů z okolního prostředí se děje v rostlině s pomocí fytohormonů. Navíc regulace jednotlivých pochodů růstu a vývoje se uskutečňuje za součinnosti všech nebo alespoň většiny fytohormonů. Interakce různých skupin fytohormonů v průběhu růstu a vývoje je obecným rysem hormonální regulace u rostlin (Šetlík et al., 1998).

3.2.1 Auxiny

Auxin je nejdéle známým rostlinným hormonem; jeho existence byla prokázána ve dvacátých letech našeho století. Kyselina indolyl-3-octová byla dlouho jediným známým auxinem. Dalším přirozeným auxinem je kyselina fenylloctová (PAA). Dobře se rozpouštějí v organických rozpouštědlech a ve vodném alkalickém prostředí. Auxin je

syntetizován nejen v apexu, ale i v mladších listech, květních orgánech a vyvíjejí se v plodech, zejména v semenech (Procházka, S., 1997).

Auxin je tedy fytohormonem, který má zásadní význam pro organogenezi a utváření rostlin. Udržuje polaritu rostlin, ovlivňuje větvení nadzemních a podzemních částí rostlin, reguluje prodlužování rostlin (negativně a pozitivně), účastní se tropizmů a reguluje organogenezi *in vitro* a vůbec má zásadní vliv při meziorganových komunikacích (Šetlík et al. 1998).

V praxi se většinou používají auxiny syntetické. V zahradnictví se auxiny používají zejména ke stimulaci zakořeňování řízků (Procházka, S., 1998).

3.2.2 Gibereliny

Gibereliny patří do skupiny terpenů. Všechny gibereliny jsou slabé organické kyseliny; jsou to bílé krystalické látky, špatně rozpustné ve vodě a dobře rozpustné v organických sloučeninách či mírně alkalických vodních roztocích. Gibereliny jsou látky stabilní; nedoporučuje se je však autoklávovat- do sterilních médií se přidávají přes bakteriální filtr. Gibereliny vznikají pravděpodobně ve všech rostlinných orgánech. Nejvyšší hladiny giberelinů nacházíme v místech aktivního růstu a nově tvořících orgánů (Procházka, S., 1997).

Urychlují růst rostlinných orgánů (hlavně lodyhy), přerušují období klidu u semen, hlíz a cibulí, vyvolávají tvorbu bezsemenných plodů. Gibereliny mají rovněž velký význam při klíčení semen; umožňují syntézu enzymů, které štěpí zásobní látky, a zpřístupňují tak živiny pro růst klíčící rostlinky (Kincl et al., 2008).

Gibereliny se využívají pro stimulaci růstu plodů, při úpravě morfologie plodů (hroznové víno, jablka), pro zkrácení juvenilní periody u konifer, ve šlechtitelském procesu pro zkrácení doby u dvouletých rostlin. Byla vyvinuta řada inhibitorů biosyntézy giberelinu, které se používají proti poléhání a při úpravách struktur parkových porostů (Šetlík et al., 1998).

3.2.3 Cytokininy

Definovány jako látky, které v přítomnosti auxinu stimulují v některých rostlinných tkáňových kulturách buněčné dělení a vykazují další fyziologické účinky jako kinetin. Z těchto dalších fyziologických účinků cytokininů je důležitá zejména jejich schopnost v interakci s auxinem iniciovat diferenciaci pupenů a kořenů

v tkáňových kulturách řady rostlinných druhů. Z dalších biologických účinků cytokininů jsou důležité: stimulace větvení stonků a odnožování rostlin při potlačení dominance apikálního pupene, zpomalení stárnutí rostlinných pletiv a orgánů, stimulace diferenciacie plastidů, tvorby chlorofylu a škrobu, iniciace tvorby semen (Procházka, S., 1997).

Komerční využití je především v biotechnologiích při množení rostlinného materiálu. Jsou činěny pokusy použít syntetický cytokinin pro snížení potřeby dusíku v půdě (Šetlík et al., 1998).

3.2.4 Kyselina abscisová

ABA je slabá kyselina, lehce rozpustná v metanolu, etanolu, éteru, chloroformu a etylacetátu. Transport ABA v intaktních rostlinách je dynamický a probíhá ve floému, xylému i parenchymatických buněk. ABA je syntetizována především v dospělých listech. Chloroplasty v listech obsahují (Procházka, S., 1997).

Zpomaluje růstové procesy, navozuje u rostlin odpočinek (dormanci). ABA rovněž zvyšuje odolnost rostlin vůči nepříznivým vnějším vlivům (stresovým faktorům), např. nízkým teplotám či vodnímu stresu (uplatňuje se při zavírání průduchů) (Kincl et al., 2008).

3.2.5 Etylen

Etylen je plynný uhlovodík produkovaný téměř všemi částmi rostlin, avšak nejproduktivnější jsou rostoucí části rostlin. Výrazný nárůst produkce etylenu nastává během zrání plodů, stárnutí a opadu plodů a květů. V rostlině se transportuje prekurzor etylenu, ACC, a ten může konjugovat a z konjugátu zase uvolňovat, zatím co většina etylenu difunduje z buňky do mezibuněčných prostorů a dále průduchy do atmosféry (Šetlík et al., 1998).

Etylen zpomaluje růst kořenů i stonků a má klíčovou roli při regulaci opadu listů, květů i plodů. Působení etylenu se komerčně uplatňuje v posklizňovém dozrávání plodů (Kincl et al., 2008).

Etylen jako plyn je svými vlastnostmi jistě nevhodný k praktickému využití, snad jen s výjimkou jeho využití při dozrávání ovoce v kontrolované atmosféře. Antagonistů etylenu, iontů stříbra, se často využívá při skladování řezaných květů a v mnoha in vitro regeneračních systémech ke zvýšení regenerace. Nejvyššího využití dosáhl regulátor, ze

kterého je etylen uvolňován v rostlinných pletivech, kyselina 2- chloretylfosfonová, známá pod komerčními názvy Ethrel, Camposan, Flordimex (Procházka, S., 1997).

3.3 Makroelementy (a mikroelementy) ve výživě lesních dřevin

Příjem živin dřevinami probíhá ve formě molekul nebo iontů. Za hlavní biogenní elementy jsou považovány: N, P, S, K, Ca, Mg a jako stopové: Cl, B, Mo, Fe, Mn, Zn, Cu. Vedle elementů životně nezbytných přijímají dřeviny i četné elementy postradatelné, z nichž jsou zejména Si, Al, případně Na, Sr, Pb, Cl. Jednotlivé elementy, obsažené v rostlinách, jsou přijímány různými cestami. Zatímco CO₂ a O₂ jsou přijímány listy převážně ze vzduchu, dostávají se jiné elementy do rostliny převážně přes kořeny. Význam jednotlivých elementů může mít rozdílnou váhu při výživě lesních dřevin v závislosti na různých faktorech jako například různost druhů rostlin, různost vzájemného poměru jednotlivých živin v půdě, různost dalších vlastností stanoviště apod. (Klimo, E., 2003).

3.3.1 Dusík a jeho význam

Dusík patří k nejrozšířenějším prvkům; je přítomen v atmosféře, hydrosféře, hydrosféře i litosféře. Celkový obsah dusíku v půdě se pohybuje v rozmezí hodnot 0,1-0,2% (Vavříček a Kučera, 2014). Dusík je podstatnou součástí četných organických sloučenin, které mají rozhodující význam pro látkovou výměnu a pro růstové procesy. Úroveň výživy dusíkem ovlivňuje obsah bílkovin, vhodných aminokyselin a amidů. I tvorba chlorofylu je závislá kromě jiného na dusíkaté výživě. Dusíkatá výživa ovlivňuje kromě toho i dýchání kořenů jehličnanů, dobu kvetení, tvorbu plodů a proces zrání (Klimo, E., 2003).

3.3.1.1 Nedostatek ve výživě

Barevné změny nejdříve na starších jehlicích a na listech ve spodní části koruny, zbarvení je světle zelené až žluté po celé ploše asimilačních orgánů, později se tyto zbarvují do hnědo žluta, před opadem do oranžova až červená (jako na podzim). Změny při prohlubujícím se nedostatku postupují k mladším částem koruny. Již latentní deficit

má za následek zeslabení růstu a menší rozměry asimilačních orgánů (jehlic a listů) (Podrázský, V., 2001).

3.3.1.2 Koloběh prvku

Cyklus dusíku v suchozemském ekosystému sestává většinou z několika základních procesů. Plynný N_2 je procesem fixace molekulárního dusíku redukován na amoniak (NH_3 , respektive amonium NH_4^+). Fixace N_2 probíhá i v atmosféře účinkem elektrických výbojů a působením slunečního záření, avšak naprostá většina fixovaného N_2 připadá na mikrobiální proces, jenž je katalyzován enzymem nitrogenázou. Amonná forma dusíku je v různých sloučeninách zabudována do biomasy. Po jejím odumření je amoniak z organických vazeb uvolněn. Může být znovu využit jako živina, vázán (fixován) v půdě, volatilizován do atmosféry nebo nitrifikací převeden na plynný oxid dusný (N_2O) a molekulární dusík (N_2). V těchto formách se dusík vrací do atmosféry a cyklus N se uzavírá. (Šimek, M., 2003)

Dusík akumulovaný v půdě v organické hmotě zde může setrvávat stovky let, příp. tisíce let, ale nakonec je transformován procesem amonifikace do formy NH_3 , nebo NH_4^+ , kdy je buď odebírán rostlinami nebo je dále transformován procesem nitrifikace do formy NO_3^- (Klimo, E., 2001). Nitrifikací se nejčastěji rozumí biologická oxidace amonia na nitrit a nitrát. Jako denitrifikace se nejčastěji označuje proces, kterým jsou oxidované formy dusíku, tj. NO_3^- a NO_2^- , redukovány na plynné dvojjatomové sloučeniny N_2O a N_2 ; jedná se o disimilační redukci sloužící k získání energie (Šimek, M., 2003).

3.3.2 Fosfor a jeho význam

Primárním zdrojem fosforu v půdě jsou fosforečné minerály v matečných horninách (např. apatit). Fosfor se nachází v půdě v anorganických i organických vazbách v celkovém množství 0,01- 0,1% P_2O_5 , z čehož více jak polovina je vázaná v organických formách. Přejít organicky vázaného fosforu do půdního roztoku musí napřed projít mineralizací (Klimo, E., 2000).

3.3.2.1 Nedostatek ve výživě

Nedostatek fosforu je vizuálně obtížně rozeznatelný, typická špinavě tmavozelená až modrozelená barva. Listy matné, kožovité, na spodní straně čepele často červeně až fialově zbarvené. Na okrajích listů někdy žlutohnědé až červenohnědé zbarvení ve tvaru půlměsíce, později od špičky zasychají. Dochází k předčasné opadu, podobně jako u dusíku se vizuální symptomy projevují nejdříve u starších asimilačních orgánů (Podrázský, V., 2001).

3.3.2.2 Koloběh prvku

Cyklus fosforu, na rozdíl od cyklů C nebo N, nezahrnuje masivní přenos P mezi vodními a suchozemskými ekosystémy a atmosférou, stejně jako fosforečné sloučeniny neslouží jako zdroj energie pro mikroorganismy. Naproti tomu, podobně jako v případě C a N, v cyklu fosforu mají významnou úlohu půdní mikroorganismy. Podstatě se podílejí na rozpouštění (solubilizaci) anorganických sloučenin P a na rozkladu (mineralizaci) organických sloučenin.

Většina sloučenin fosforu je málo rozpustná nebo nerozpustná, a tedy velmi špatně přijatelná pro organismy. Po vnesení rozpustných forem fosforu do půdy dochází poměrně rychle k jejich vázání (fixaci) na půdních koloidech a k přeměně na nerozpustné sloučeniny. Minerální sloučeniny fosforu jsou rozpuštěny (solubilizovány) za přispění mikroorganismů a kořenů rostlin, významnou úlohu v solubilizaci fosforu má i mykorhiza. Organické sloučeniny fosforu jsou mineralizovány činností enzymů fytáz a fosfatáz, z nichž mnohé jsou extracelulární (Šimek, M., 2003).

3.3.3 Draslík a jeho význam

Primárním zdrojem draslíku v půdě jsou sopečné minerály jako živce a muskovit. Význam draslíku ve výživě lesních dřevin je značně široký. Zasahuje výrazně (přes bobtnání hydrofilních koloidů) do vodního režimu rostlin a tím i do procesů látkové výměny. Kromě odolnosti vůči vadnutí, zvyšuje draslík i odolnost rostlin vůči mrazu (Klimo, E., 2003).

3.3.3.1 Nedostatek ve výživě

Vizuální nedostatky ve výživě- růst zpočátku normální, listy a jehlice tmavozelené. Později na starších jehlicích a listech ve spodní části koruny nastupuje lehká chloróza, poté charakteristické nekrózy na listových špičkách, postupně se rozšiřují na celý okraj listu, který se stáčí dolů a lžičkovitě vyboulí. Je pozorována kadeřavost listů. U jehličnanů nejdříve u starších ročníků zažloutnutí až bledě zelené, případně až měďnaté červené zbarvení. U listnáčů se barví okraje a špičky starších listů hnědě a odumírají, uschlé listy však zůstávají na rostlinách. Výhony nedostatečně dřevnatí a při silnějším nedostatku odumírají. Asimilační orgány jsou zmenšené, rostliny jsou náchylné k plísňovým onemocněním (Podrázský, V., 2001).

3.3.3.2 Koloběh prvku

Zvětráváním minerálů se jejich původně pevná krystalová struktura postupně narušuje a ionty draslíku (i dalších prvků) na zvětralých místech krystalů se postupně stávají výměnnými ionty, tj. mohou být nahrazeny jinými kationty. Výměnné ionty se posléze dostávají do půdního roztoku, odkud mohou být přijímány jako živina. Z půdního roztoku je přijatelný draslík (K^+) kontinuálně odčerpáván mikroorganismy a rostlinami. V přirozených ekosystémech je většina draslíku přijatelného organismy vrácena zpět do půdy ve formě kořenových exsudátů, exkrementů, odumřelých buněk atd.. Vzhledem ke značné rozpustitelnosti draselných sloučenin, a tím pohyblivosti draslíku v půdním profilu, je v každém ekosystému určitá část draslíku vymývána z půdy do spodních vod, odplavována povrchovým odtokem a odnášena i erozí půdních částic (Šimek, M., 2003).

3.3.4 Vápník a jeho význam

Zdrojem vápníku v půdním prostředí rostlin jsou zejména karbonátové horniny vápence a dolomity, ale kromě toho je vázán i ve formě silikátů (plagioklasy, amfiboly, augit), ale nachází se v horninách usazených jako pískovce, opuky, nebo v dalších mineráliích jako apatit, sádrovec. Vápník má v půdě značný význam pro udržování půdní úrodnosti, dále má vliv na udržení určité půdní reakce, kde působí jako pufr proti působení iontů H^+ . Rovněž pozitivně působí na stav půdní struktury (Klimo, E., 2003).

3.3.4.1 Nedostatek ve výživě

Nedostatek jen v silně kyselých půdách a substrátech. Odumírání vrcholových částí výhonů, stejně jako svinování čepelí nejmladších listů. Konce výhonů a listů jsou někdy hákovitě zahnuté, příznaky komplikované, častý souběh s deficitem jiných živin (Mg) (Podrázský, V., 2001).

3.3.4.2 Koloběh prvku

Při zvětrávání hornin a minerálů přechází vápník do roztoků, z nichž se v závislosti na pH a obsahu CO_2 vylučuje ve formě karbonátů (uhličitanů). Vápník se do půdního roztoku dostává především působením H_2CO_3 na CaCO_3 , neboť vzniklý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ je dobře rozpustný a disociací se uvolňuje Ca^{2+} , které se ochotně váží na výměnné pozice v půdním sorpčním komplexu (Ca zde může tvořit až 70% vázaných kationtů) (Šimek, M., 2003).

3.3.5 Hořčík a jeho význam

Zdrojem hořčíku v půdě jsou jednak silikáty (amfibol, augit, olivín) nebo v karbonátové formě je vázán spolu s vápníkem (dolomit). Pro rostliny má hořčík velký význam. Účastní se jako hlavní součást tvorby chlorofylu, čímž se podmiňuje i dobrá asimilace a růst dřevin. Větší část hořčíku je vázaná na bílkoviny a funguje jako aktivátor různých enzymů (Klím, E., 2003).

3.3.5.1 Nedostatek ve výživě

Vizuální nedostatky ve výživě- příznaky se objevují rovněž nejdříve u starších jehlic a listů, kde díky poruchám v tvorbě chlorofylu dochází k vytváření bledě zelených až žlutých chlorotických skvrn. Listová nervatura a k ní přilehlé části asimilačních orgánů zůstávají normálně zbarveny, na listech je tak patrné mramorování. Při pokročilejších příznacích se vyskytují odumírající našedlé plošky, postupně se rozšiřují a zasychají. Nedostatky se šíří z vnitřku plochy listů. U některých dřevin dochází ke svinování okrajů, typické je i jejich hnědé zbarvení. Listy předčasně usychají a opadávají. U jehlic jsou příznaky podobné deficitu K: špičky jehlic jsou žluté a při

ztížených podmínkách dochází k jejich usychání až k usychání celých výhonů (Podrázský, V., 2001).

3.3.5.2 Koloběh prvku

Podobně jako vápník se hořčík uvolněný zvětráváním minerálů pohybuje v prostředí ve vazbě snadno rozpustného kyselého uhličitanu ($Mg(HCO_3)_2$). Celkově je však pohyblivost hořčíku asi poloviční ve srovnání s pohyblivostí vápníku (Šimek, M., 2003).

3.4 Přírodní podmínky zájmové oblasti

3.4.1 Obecná charakteristika Krušných hor

a) Vymezení území- Krušné hory jsou horskou oblastí Krušnohorské soustavy, která svou severozápadní polovinou zasahuje do Spolkové republiky Německo. Podélná osa oblasti (SV-JZ) je dlouhá cca 130 km. Na JZ jsou Krušné hory vymezeny výrazným zlomovým svahem orientovaným do Chebské kotliny mezi obcemi Hluboká a Nový Kostel, SV omezení oproti Děčínskému meziohří je nevýrazné. Jihovýchodní vymezení proti podkrušnohorským pánvím tvoří 500 m vysoký zlomový svah. Pohoří je v ČR široké jen 6-19 km (Demek et al., 1987).

Na náhorních plošinách Krušné hory dosahují výšky 750- 1000 m. Nejvyšší vrchol Klínovec (1243 m) výrazně vyčnívá nad okolním územím. K oblasti vedle Krušných hor patří Smrčiny, které tvoří její nejzápadnější část. Jde o zvlněnou plošinu o výšce 500- 750 m rozčleněnou četnými zářezy vodotečí. Katastrální rozloha oblasti činí 182 414 ha a při lesnatosti 67 % plocha lesů 121 944 ha. Horské lesy zaujímají 63,7 % lesů přírodní lesní oblasti (Vacek et al., 2003).

b) Geomorfologie a geologie- Krušné hory jsou tvořeny zdviženou tektonickou krou, ukloněnou k severozápadu do Saska (Culek, 1996). Původně zarovnaný povrch byl v důsledku saxonského vrásnění na rozhraní oligocénu a miocénu vysoko vyzdvižen podél ZJZ- VSV orientovaného krušnohorského pásma. Tím je ostře vymezen ostrý ráz pohoří více méně bez předhoří. Jedná se především o náhorní plošinu s mírně zvlněným terénem a značně členitý zlomový svah. Krušné hory jsou budovány převážně krystalickými břidlicemi a žulovými tělesy. Ve východní části pohoří jsou časté

ortoruly, biotické a dvojslídne pararuly, granaticko- muskovitické pararuly a svory i biotické žuly. V západní části pohoří převládají abiotické a grafitické svory, dvojslídne a muskovitické svory a kvarcity (Vacek et. al., 2003).

c) Klima- Teplota na vrcholových plošinách kolísá mezi 2,7 °C na vrcholu Klínovce a 5,0°C (Přísečnice) až 5,5°C (Vejrpty) v teplejších chráněných údolních polohách. Srážky kolísají mezi 900-1200 mm. Na nejvyšších elevacích je patrný vliv vrcholného fenoménu. Podnebí je tedy velmi drsné a vlhké. Celá vrcholová oblast leží v návětrí západního proudění, která přepadá přes jihovýchodní hranu. Během poklesu do pánví se prudce abioticky ohřívá, přičemž jeho relativní vlhkost silně kolísá. Podnebí na svahu tak vykazuje mimořádně strmý gradient od chladného vlhkého klimatu náhorní plošiny po teplé a mimořádně suché klima úpatních pánví (Culek, 1996).

d) Půdy- V Krušných horách je vyvinuta výrazná výšková stupňovitost od podhorských až po horské půdy. V nejnižších partiích převládají kambizemě, výše přecházejí do kryptopodzolů a nejvyšší polohy pokrývají podzoly. Ve sníženinách náhorní plošiny jsou časté gleje a organozemě. Na mírných svazích ovlivněných vodou pseudogleje, na strmých svazích rankery i litozemě a podél toků fluvizemě. Vesměs se jedná o půdy písčitohlinité až hlinité, oligotrofní až mezotrofní a poměrně kyselé (Vacek et. al., 2003).

e) Biota, vegetační stupňovitost a SLT- Květena bioregionu je spíše uniformní, s několika mezními prvky, exklávních výskytů je málo, zejména ve flóře rašelinišť. Převažuje středoevropská lesní flóra středních a vyšších poloh. Charakteristické druhy jsou např. zimolez černý (*Lonicera nigra*), všenska nachová (*Prenanthes purpurea*), a třtina chlupatá (*Calamagrostis villosa*). K význačným druhům patří subalpínské druhy, např. žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*), koprovník štětínolistý (*Meum anthamanticum*) i středoevropské oreofyty, např. kyseláč horský (*Acetosa alpestris*) a bika lesní (*Luzula sylvatica*). Na rašeliništích rostou druhy boreomontánní, např. koprenáč vytrvalý (*Swertia perennis*), ostřice chudokvětá (*Carex pauciflora*) (Culek, M., 1996).

Z hlediska vertikálního členění přirozené vegetace se na úpatí svahů nacházely květnaté bučiny a na ně navazovali dominantně zastoupené bikové bučiny. Hřbetní partie pokrývaly acidofilní horské bučiny a nejvyšší polohy v okolí Klínovce klimaxové smrčiny. Nejrozšířenější jsou LVS: 5. – jedlobukový (30,6%), 7. – bukosmrkový

(28,0%) a 6. smrkobukový (26,3%). Dominantní soubory lesních typů jsou 7K- kyselá buková smrčina (18,8%), 5K- kyselá jedlová bučina (16,2%) a 6K- kyselá smrková bučina (18,8%) (Vacek et al., 2003).

f) Porostní poměry- Od 15. století kolonizační tlaky prudce stoupají a v polovině 16. století dosahují maxima. V této době byly již rozsáhlé plochy lesů zcela vytěženy. Od poloviny 16. století proto byly jednotlivým horním lesům přidělovány lesy rezervované pro potřeby erárních dolů a hutí. Těžba a pastva v nich byla přísně regulována horními řády. Ty však zcela nezabránilly pokračujícím těžbám bez dostatečné obnovy. Ve snaze o řádné obhospodařování a ochranu značně přetěžovaných lesů Čech, včetně Krušných hor, byl v r. 1754 vydán c. k. patent- „Lesní řád pro Čechy“, který přikazoval zlepšit obhospodařování v lese, povinnost zalesnit vykácené plochy, zakazoval proměnu lesů na pole a louky i pastvu dobytka v lese. Lesy hospodářské v současné době zaujímají 60,7%, lesy ochranné 4,9 % a lesy zvláštního určení 34,4% (Vacek et. al., 2003).

g) Ochrana přírody- Státní ochrana přírody zde pečuje o 40 maloplošných zvláště chráněných území o celkové výměře 2 690,27 ha. Nejznámější a největší z nich je Národní přírodní rezervace Božídarské rašeliniště. Rašeliniště s porosty blatky přecházejí ve smrkové porosty s hojným výskytem mlčivce horského (*Cicerbita alpina*) a žebrovice různolisté (*Blechnum spicant*). V těchto porostech se uplatňuje přírodě blízký management (Vacek et. al., 2003).

3.4.2 Specifika půd krušnohorského regionu

Krušné hory jsou oblastí nejvíce poškozenou imisně ekologickými stresory v Evropě. Imisní situace v synergismu s klimatickými extrémami ve východní části pohoří v 60. - 90. letech vedla téměř k totálnímu rozpadu lesních ekosystémů. Odumírající porosty byly celoplošně těženy a silně kyselé povrchové horizonty v důsledku kyselé depozice byly shrnuty buldozery do valů (Vacek et. al., 2003). Při velkoplošné skarifikaci půd byly obnaženy imisemi relativně nezasažené půdní horizonty a byly tak vytvořeny uniformní reliéfy valů, čímž došlo k výrazné degradaci takto ošetřených ploch. Byla tak odstraněna vrstva, která má zásadní význam pro existenci a výživu kořenových systémů lesních dřevin (Vavříček et al., 2003). Vznikající tzv. náhradní porosty byly zakládány s cílem rychlé obnovy lesa na rozsáhlých holinách po těžbě

chřadnutím poškozených porostů. S pěstováním náhradních dřevin vznikaly také problémy. Jedním z prvních příznaků možného nepříznivého vývoje nových porostů bylo zhoršování stavu kultur smrku pichlavého pozorováno na počátku 80. let. Příčinami byly zejména zhoršené růstové podmínky a narušená výživa kultur (Jirgle, 1984). Po výrazném poklesu emisí SO₂ od roku 1989 docházelo k výrazným regeneračním procesům prakticky ve všech porostech (Vacek et al., 2003). Jejich původ je dán nejen civilizační a industrializační zátěží celého „černého trojúhelníku“, ale i již silně sníženým odolnostním potenciálem celého Krušnohoří (Vacek, Balcar, 2002).

V souvislosti s chřadnutím lesů bylo v někdejších letech využito vápnění. Plošné letecké vápnění bylo na území někdejší ČSSR největší měrou prováděno v letech 1978-1991 v souvislosti s rychlým odumíráním porostů na značných rozlohách zejména hercynských náhorních plošin. Tehdy v oblasti Krušných hor došlo k vápnění 62 000 ha (Šrámek et al., 2003). Umělý vstup Ca²⁺ jako faktoru ekologické substituce může v klimaticky extrémních horských podmínkách vést mimo jiné i k urychlení biogenní mineralizace a následně k celkovému úbytku organické hmoty. Riziko z celoplošného vápnění vyplývá zejména ve ztrátě organické hmoty nadložního surového humusu a v rámci stimulované mineralizace. Zásoba nadložního humusu a Ct byla po vápnění nižší (Kreuzer, 1995). Poslední rozsáhlé přímé poškození lesních porostů SO₂ na ploše více než 10 000 ha bylo v Krušných horách pozorováno v roce 1996 (Bridges et al., 2002).

3.4.2.1 Buldozerová příprava půd

V oblasti náhorní plošiny Krušných hor se velkoplošné odlesnění v rozmezí 1972- 1989 podílelo na vytvoření specifických podmínek. Paralelně došlo i ke změnám mikroklimatu, edatopu a také celkových a sukcesních podmínek ekosystému. Celoplošná úprava půdy dozerovou technologií vedla k výrazné degradaci edatopu. Byla odstraněna vrstva halorganických horizontů a při extrémní technologii i část horizontů minerální půdy. Nejvýznamnější příčinou degradace půdního profilu bylo odstranění holorganických horizontů. Při odkrytí profilů došlo k procesu degradace půdy především z aspektu fyzikálně chemických parametrů.

Buldozerová příprava půdy byla široce využívaným opatřením v rámci obnovy lesních porostů postiženými imisemi. Uplatňována byla především v oblasti náhorní plošiny Krušných hor, neboť terénní a půdní podmínky její aplikace v jiných horských

pohořích tato opatření neumožňovali. Z technologického hlediska skýtalo několik výhod: následné zásahy, jako výsadba, ochrana, vápnění a hnojení, byly úpravou terénu značně usnadněny, skarifikace- „vyčištění“ umožňovalo rychlý postup při obnově lesa a prakticky maximálně v odstupu několika let opětovné zalesnění ploch, postižených odumíráním porostů. Ekologicky bylo používání buldozerové přípravy zdůvodňováno nutností odstranit svrchní, imisemi „intoxikovanou“ vrstvu s výhodností výsadby sazenic do zeminy spodních, zachovalejších horizontů. Valy nahromaděného materiálu v liniových formacích měly pak skýtat ochranu proti výraznému vlivu klimatu.

Plochy s celoplošnou dozerovou přípravou, s deponovaným organominerálním materiálem do liniových valů, vytváří stanoviště s edatopem a horizonty výrazně sekvenčně a kvantitativně odlišnými od profilů s přirozeným vývojem půdy. Obohacování minerální půdy na dozerových plochách vápněním vede až k nepřirozenému navyšování základních makrobioelementů, které obsahují u draslíku úrovně pouze středních, ale u dvouvalentních makroprvků (Ca, Mg) až vysokých zásob. (Vavříček a Šimková, 2003)

Současná revitalizace půdního prostředí je založena na rozhrnování liniových valů. Stanoviště s obnaženými organominerálními a spodickými horizonty jsou tak dotovány chybějícími humusovými látkami. Část v minulosti skarifikovaných ploch zůstává při zachování takzvaných mezipruhů s náhradními porosty bez jakékoliv uplatnění organickými látkami z liniových deponií. Při cca 4500 ha skarifikovaných ploch lze ošetřit následným rozhrnutím cca $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ celkové výměry (Vavříček et al., 2010)

3.4.2.2 Stresové faktory půdního prostředí v KH

Geomorfologické útvary náhorní plošiny Krušných hor (7. LVS) v komplexu s vysokým úhrnem srážek a půdotvorným substrátem většinou kyselých hornin, podmiňuje převažující proces podzolizace. Geneticky se formují podzoly modální až podzoly humusové. Při odlesnění se významně mění hydrické poměry a hydromorfismus zasahuje do svrchních vrstev a snižuje tak fyziologickou hloubku půdy. Současně se v oblasti náhorní plošiny projevují i některé extrémně fyzikálně chemických parametrů.

Z hlediska rozvoje podzemní biomasy a celkový stav ekosystému byly zjištěny některé závažné i podružné stresující faktory, uplatňující se na lokalitách v 7. lesním vegetačním stupni. Na náhorní plošině dochází vlivem vertikálního působení

gravitačních vod při vysokém úhrnu atmosférických srážek k umocnění přirozených degradačních procesů vlivem intenzivní podzolizace. Také nízká průměrná teplota a četné intenzivní deprese mají při půdotvorných procesech na náhorní plošině v tomto lesním vegetačním stupni svůj význam. Značná část této oblasti je při vysokých srážkách a horizontální foliaci metamorfitů pod vlivem podzemní vody, která snižuje fyziologickou hloubku půdy.

Do komplexu ekosystémových stresujících faktorů v 7. lesním vegetačním stupni přistupují více či méně závažné problémy, které se také mohou podílet na snižování fyziologické hloubky půdy:

- Extrémně nízká hodnota pH pouze v 11- 15 cm
- Výrazný nedostatek Mg až do 25 cm hlouběji
- Extrémní bazická saturace (2%) od 20 cm hlouběji
- Vysoký obsah hliníku pouze ve vrstvě cca 20- 30 cm
- Nadlimitní obsah olova pouze ve vrstvě 20- 30 cm
- Nízký obsah přípustného manganu (<1 mg) od 15 cm hlouběji
- Místy vysoký podíl celkové S v humifikačních horizontech Oh (vrstva cca 7- 12cm). (Vavříček, 2001)

3.5 Humusová složka půdního prostředí

3.5.1 Humusové látky a jejich význam pro lesní hospodářství

Humusem rozumíme komplex mrtvých organických látek původu rostlinného, živočišného i mikrobiálního, které jsou v různém stupni rozkladu a zejména v různém stupni humifikace a v různém spojení s nerostlým podílem půdy. Z toho plyne, že složení a povaha humusu podléhají neustálým změnám a jsou výslednicí podmínek prostředí (aerobní nebo anaerobní poměry, půdní reakce, charakter humusotvorného materiálu, složení půdní mikroflóry apod.) (Klimo, E., 2003).

Akumulace a přeměny organických látek v půdě (neboli vytváření humusových forem) představuje jeden ze základních částečných půdotvorných procesů. Skládá se ze

tří základních dějů: akumulace organické hmoty na povrchu a pod povrchem půdy, rozkladu a syntézy organických látek a rozkladu druhotných organominerálních sloučenin. Výsledkem dynamiky je humusová forma, která je definována jako skupina organických a organickou hmotou obohacených horizontů na půdním povrchu (Vavříček a Kučera, 2014).

Rovněž dynamika intaktních holorganických horizontů na rozsáhlých holinách přináší v dalších etapách řadu problémů. Ty souvisejí především s výživou lesních dřevin, neboť nadložní humus a nejsvrchnější vrstvy minerální půdy výživu lesních dřevin ovlivňují rozhodující měrou, dílem s narušeným koloběhem vody a biogenních látek. Také ochrana kořenového systému dřevin proti působení abiotických i biotických škodlivých činitelů a patogenů je podmíněna stavem a dynamikou nejsvrchnějších vrstev půdy. Závěry dosavadních šetření, významné pro určení důležitosti nadložního humusu (humusových forem) pro stav lesních ekosystému (porostů) uvádí následující přehled:

1. Svrchní vrstva půdy a její dynamika hrají základní roli v koloběhu živin a obecně v geobiochemických cyklech elementů.
2. Narušení vrstvy nadložního humusu vede k negativním změnám v cyklech bioelementů, jež se odrazí výrazným způsobem v růstových podmínkách stanoviště a tedy i ve stabilitě lesních ekosystémů.
3. Humusová vrstva představuje základní prostředí pro jemné kořání lesních dřevin, které zde nalézají naprostou většinu potřebných živin.
4. Humusová vrstva představuje ochranu proti toxickým působením některých látek, jež jsou uvolňovány acidifikací půdního prostředí (např. sloučeniny hliníku, manganu, těžké kovy). Její odstranění vede k výsadbě sazenic do toxického prostředí minerální půdy.
5. Mechanická (mechanizovaná) příprava vede ve většině případů ke zhoršení podmínek pro následné výsadby, pokud nebyl zásah veden cíleně ke zlepšení limitujících pedo- a hydrofyzikálních charakteristik půdy.
6. Cílem lesnických, resp. lesopěstebních meliorací je tedy maximální šetření vrstvy nadložního humusu, naopak její narušení je nutno

posuzovat jako poškození stanoviště s negativním dopadem na vývoj ekosystému lesa (lesního porostu). (Podrázský, V., 2001)

Náhorní plošina Krušných hor byla do konce 70. let vystavena rozsáhlé imisní kalamitě. Při obnově lesních ekosystémů bylo využito i těžké lesní mechanizace. Svrchní vrstvy půdy, které byly považovány za toxické, byly shrnuty do podélných liniových valů. Došlo tak k výrazné degradaci půdního prostředí a narušení živinových toků (Vavříček et al., 2010). Narušení vrstvy nadložního humusu a obecně lesní půdy je nevyhnutelným doprovodným jevem a ve většině případů vlastně i cílem, nebo jedním z cílů mechanizované přípravy stanoviště pro zalesnění. Zvláště počáteční technologie přípravy byly z hlediska narušení kontinuity půdního prostředí velmi neuvážené a někde i bezesbytku odstranily jednu ze základních složek edatopu, tj. organickou hmotu, jako jediný zdroj dusíku v lesní půdě (Vavříček, Šimková, 2003).

3.5.2 Využití rašelinových substrátů u půdně degradovaných systémů

Aktuálním trendem jsou organominerální hnojiva, popřípadě jejich směsi s dalšími substráty (rašelina, kokos, kompost apod.), jež dodávají nejen potřebné minerální živiny, ale díky výraznému podílu biologické složky i velký objem organické hmoty. Dodáním živé organické složky do půdy dojde ke stimulaci přirozených procesů, které vedou k maximálnímu využití jejího potenciálu ve prospěch úrodnosti. Jedná se o přirozený proces vývoje půdy, který je dodáním živých organismů účelově urychlen. Navíc při použití směsi organominerálního hnojiva, symbiotických mykorrhizních hub a případně kompostu nebo rašeliny nehrozí zhoršování půdní struktury, tak jako u syntetických hnojiv. Zatímco specifická hmotnost půdy je v čase stálá, protože je dána hustotou matečné horniny, jsou substráty významné tím, že je u nich cíleně zvyšován podíl organické hmoty, čímž se tato půdní charakteristika mění. Kromě tohoto primárního vylepšení dochází k tomu, že dodaná organická hmota a případné následné působení symbiotických organismů utváří půdní agregáty. Organická hmota a mykorrhiza mají také vliv na odolnost rostliny vůči vodnímu stresu (Henek a Dymák, 2011).

Obecně platí, že pěstební prostředí v kontejnerech se přizpůsobuje druhu pěstované rostliny. V první řadě se jedná o volbu substrátu. Ovšem kvalitní pěstební

substrát je limitován fyzikálními, chemickými, fyzikálně-chemickými a biologickými vlastnostmi. Komponentů na tvorbu substrátů je celá řada. Zatím nejkvalitnější zůstává rašelina. Kontejnery jsou pěstební nádoby vyrobené z různých hmot, převážně plastických. V současné době se již zcela prosadily kontejnery z měkčených umělých hmot, speciálně ošetřených pro pěstování na volné ploše. Mezi základní tvary kontejnerů patří čtvercové a kruhové. Z provedených pokusů vyplývá, že dřeviny pěstované ve čtvercových kontejnerech prokazatelně redukovaly točení kořenů u všech druhů rostlin v porovnání s tradičními kruhovými kontejnery. V nestabilním ekosystému kontejnerové kultury dřevin se stresové faktory projeví mnohem dříve a ostřeji než v kultuře pěstované ve volné půdě či dokonce ve stabilním ekosystému přírodními autoregulačními systémy (Sloup a Salaš, 2007).

4 Metodika

4.1 Základní pedologický a fytoecologický průzkum na výzkumné ploše

Půdní sonda byla vykopána na výzkumné ploše v části, která byla typická pro dané stanovištní podmínky, až po substrátový horizont C. Plocha je situována do porostu s výrazně extrémní skarifikací v minulosti, která nebyla v současné době ošetřena technologií rozhrnování liniových valů. Proběhl podrobný popis půdních horizontů, podle kterých byla vymezena půdní jednotka a její typ a subtyp na základě Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček et al., 2001). Tato sonda byla vykopána ručně za pomoci rýčů a lopat. Dále na této ploše byla sepsána synusie dřevin a jednotlivých bylin zde se vyskytujících. Výzkumná plocha byla následně zařazena do jednotky typologického klasifikačního systému (Peřina et al., 2011). Půdní typologie byla stanovena na základě fytoecenóz.

4.2 Aplikace hnojiv

Aplikace hnojiv se na výzkumné ploše provádí již dva roky. V roce 2014 se hnojilo v měsíci červenci, o rok později byl zásah proveden červnu a v roce 2015 taktéž.

Zásahy byly prováděny v těchto měsících, protože nastává vegetační období rostlin a ty pak po celou dobu mohou využívat výživné látky, které jim jsou těmito hnojivy dodávány. Bylo zde vymezeno 6 hnojených parcel, kde pět jich bylo ošetřeno hnojivem a jedna slouží jako kontrolní parcela. Na jednotlivých parcelách se hnojí dva typy stromků sazenice (B) a vzrostlejší stromky (A). Pro jednotlivé hnojení byla použita tabletová hnojiva Silvamix[®] R30S, Silvamix[®] R50S + stimulanty a Silvamix[®] Forte. Dále bylo využito tekutého přípravku Vermaktiv Stimul+ Cu a Agluform 90S.

Jednotlivá tabletová hnojiva byla bodově zapravena po obvodu koruny sazenice a následně byla pomocí rýče nebo sazeče zapracována do hloubky 3-5 cm tak, aby se zabránilo ztrátám hnojivých látek. Na sazenici bylo spotřebováno 80g hnojiva. Mladé stromky byly přihnojeny všechny, u starších jen ty označené a u sazenic byla hnojena celá ploška. Všechna použitá hnojiva jsou registrovaná a jejich použití bylo konzultováno a akreditovaným výrobcem ECOLAB Znojmo, spol. s r.o.. Ve formě postřiku byl použit Vermaktiv Stimul +Cu, přípravek byl připraven v poměru 1:100 s vodou. Takto připravený přípravek byl aplikován na asimilační aparát sazenic a stromků, kde na jednu variantu bylo spotřebováno 50dcl přípravku.

Silvamix[®] R50S má obsah dusíku celkově 14,5%, fosforu 7%, vodorozpustného draslíku 18%, hořčíku 5% a síry. Silvamix[®] R30S obsahuje množství dusíku kolem 10%, fosforu 7%, draslíku 18% hořčíku 7,5%, draslíku 18%, dále pak síru 4,3 %. Mezi hlavní složky Silvamixu[®] Forte patří dusík 17,5%, fosfor 17,5%, draslík 10,5%, hořčík 9%, bór 0,04 %, měď 0,05%, železo 0,7 % atd.. K hlavním složkám Agluform 90S náleží 10% dusíku, 7% fosforu, 11% draslíku a 4% hořčíku.

Vermaktiv Stimul je organominerální přípravek, který se vstřebává rostlinným pletivem a kořenovým systémem. Jedná se o frakcionovaný, speciálně upravený extrakt z živočišných a rostlinných buněk, obsahující organicky vázaný fosfor a dusík. Mimo tyto prvky je v extraktu obsaženo několik skupin aminokyselin, enzymů, hormonů, hormonů a dalších přírodních biostimulačně aktivních látek.

4.3 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na výživu

4.3.1 Odběr vzorků jehličí

Na konci vegetačního období byl proveden odběr jehličí, když prýty sazenic a stromků byly už zcela vyzrálé. U sazenic (B) a straších stromků (A) probíhali odběry jednotlivě pro obě varianty a to i jednotlivých druhů hnojiv. Na stromku se odebíral vždy ten nejmladší ročník jehličí z horní třetiny koruny. Na jedné parcele se vždy odebírali tři směsné vzorky, které vznikly smíšením alespoň z deseti jedinců na dané parcele. Takto se postupovalo u jednotlivých druhů hnojiv a kontrole na dané zkoumané ploše. Následně se prýty s jehličím usušily za laboratorních podmínek, aby šli snáze oddělit od sebe. Takto usušené jehličí zbavené větvičky u vzorku daného jehličí dalo do papírových sáčků a nadepsalo. Následně bylo odesláno do laboratoře k analýze.

4.3.2 Laboratorní analýzy jehličí

Ke zpracování těchto analýz došlo v akreditované laboratoři společnosti Morava s.r.o., která sídlí ve Studénce. Naše vzorky jehličí byly tedy za laboratorních podmínek vysušeny a dále se extrahovali 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 se provádělo 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 molybdátovanadátofosforečnou. Intenzita zbarvení se měří spektrofotometricky a vyhodnocení se provádí metodou kalibrační křivky.

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

Stanovení draslíku bylo provedeno atomovou emisní spektrofotometrií (plamenovou fotometrií). Po termické excitaci v plameni acetylen – vzduch dochází

k vyzařeni charakteristického kvanta draslíku. Intenzita záření je úměrná koncentraci draslíku v optické ose přístroje (Zbiral, 1994).

4.3.3 Statistická analýza

Tato analýza byla provedena v programu Statistica. Do tohoto programu byly hodnoty laboratorní analýzy načteny z Excelu, kde byly uspořádány do přehledné tabulky. Po načtení dat se muselo prověřit, zda data neobsahují extrémní hodnoty. Toto bylo založeno na použití statistického testu Sharpira – Wilksova, dalším Bartlettovým testem se testovala homogenita rozptylů. Pokud bylo zjištěno, že data takovéto hodnoty neobsahují, byly splněny podmínky pro použití Anovy s opakovanými měřeními. Následně, aby bylo využito vícenásobné porovnání dat, podle kterého se mohli posoudit rozdíly mezi jednotlivými ploškami s rozdílnými hnojivy a jednotlivými léty. Vše se provádělo při hladině významnosti α , která v našem případě je stanovena na hodnotu 0,05. Výsledky výživy se dále hodnotí podle Bergmanna (1998).

Tab. 1: Obsah živin v asimilačních orgánech dostatečný z hlediska výživy 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	0,1	0,2	0,05	0,06	30
buk	optimum	1,9 – 2,5	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100
	karenční	1,1	0,1	0,4	0,05	0,08 (0,1)	10
borovice		1,4 – 1,7	0,14 – 0,30	0,4 – 0,8	0,25 – 0,6	0,10 – 0,20	50 – 500
modřín		1,6 – 2,3	0,15 – 0,30	0,5 – 1,1	0,6 – 0,9	0,12 – 0,30	35 – 200
jedle		1,3 – 1,8	0,13 – 0,35	0,5 – 1,1	0,4 – 1,2	0,15 – 0,40	50 – 500
douglaska		1,1 – 1,7	0,12 – 0,30	0,6 – 1,1	0,2 – 0,6	0,10 – 0,25	50 – 500
tis		1,6 – 2,5	0,14 – 0,25	0,9 – 2,0	0,25 – 1,0	0,10 , 0,25	40 – 500
dub		2,0 – 3,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,30 – 1,5	0,15 – 0,30	35 – 100
javor		1,7 – 2,2	0,15 – 0,25	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100
bříza		2,5 – 4,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,3	30 – 100
jasan		1,7 – 2,2	0,15 – 0,30	1,1 – 1,5	0,3 – 1,5	0,2 – 0,4	30 – 100
lípa		2,3 – 2,8	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,2 – 1,2	0,15 – 0,30	35 – 100
topol		1,8 – 2,5	0,18 – 0,30	1,2 – 1,8	0,3 – 1,5	0,2 – 0,3	35 – 100

Tab. 2: Poměr prvků v 1. ročníku jehličí smrku ztepilého pro zajištění vyvážené výživy (podle Hüttla 1990, Cape et al. 1990, Kazdy 1990). * = kritické hodnoty

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

4.4 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na přírůsty

4.4.1 Výškový přírůst

Na výzkumné ploše se také každoročně provedlo měření přírůstu vrcholových prýtů jednotlivých stromů na parcelách. Takto byly naměřeny přírůsty na všech variantách hnojiv, na každé přihnojené parcele se pohybovalo kolem 50 sazenic (B) a 50 starších stromků (A) smrku ztepilého. K měření se využil klasický dvoumetr, zjištěné přírůsty se zapsali do tabulky podle čísla jejich označení na ploše a hnojivé parcele.

4.4.2 Statistická analýza

. Tato analýza byla provedena v programu Statistica. Do tohoto programu byly hodnoty laboratorní analýzy načteny z Excelu, kde byly uspořádány do přehledné tabulky. Po načtení dat se muselo prověřit, zda data neobsahují extrémní hodnoty. Toto bylo založeno na použití statistického testu Sharpira – Wilksova, dalším Bartlettovým testem se testovala homogenita rozptylů. Pokud bylo zjištěno, že data takovéto hodnoty neobsahují, byly splněny podmínky pro použití Anovy s opakovanými měřeními. Následně, aby bylo využito vícenásobné porovnání dat, podle kterého se mohli posoudit rozdíly mezi jednotlivými ploškami s rozdílnými hnojivy a jednotlivými léty. Vše se provádělo při hladině významnosti α , která v našem případě je stanovena na hodnotu 0,05. Výsledky výživy se dále hodnotí podle Bergmanna (1998).

4.5 Metodika vyhodnocení zdravotního stavu

4.5.1 Hodnocení zdravotního stavu

Dále se na stanovišti hodnotil celkový zdravotní stav sazenic (B) a vzrostlejších stromů (A). Tento stav se hodnotil na základě morfologické kvality nadzemní části a vitality stromku. Vše se posuzovalo vizuální kontrolou daného stromku. Hodnocení je

sestavené z 5 stupňů posouzení daných parametrů (viz. Tab. 2). Takto se postupovalo u všech označených stromů na jednotlivých hnojných parcelách u každého z hnojiv zvlášť.

Tab. 3: Vyhodnocení zdravotního stavu

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

4.5.2 Statistická analýza

Tato analýza byla provedena v programu Statistica. Do tohoto programu byly hodnoty laboratorní analýzy načteny z Excelu, kde byly uspořádány do přehledné tabulky. Po načtení dat se muselo prověřit, zda data neobsahují extrémní hodnoty. Toto bylo založeno na použití statistického testu Sharpiro – Wilksova, dalším Bartlettovým testem se testovala homogenita rozptylů. Pokud bylo zjištěno, že data takovéto hodnoty neobsahují, byly splněny podmínky pro použití Anovy s opakovanými měřeními. Následně, aby bylo využito vícenásobné porovnání dat, podle kterého se mohli posoudit rozdíly mezi jednotlivými ploškami s rozdílnými hnojivy a jednotlivými léty. Vše se provádělo při hladině významnosti α , která v našem případě je stanovena na hodnotu 0,05.

4.6 Metodika vyhodnocení vlivu hnojiv na váhu jehlic smrku ztepilého

4.6.1 Vážení jehlic

Po vysušení nasbíraných jehlic smrku ztepilého u jednotlivých hnojných variant se následně odpočítalo 100 jehlic (vysušených do konstantní hmotnosti), které se zvážily na digitální váze a dané hodnoty se zapsaly do tabulky.

4.6.2 Statistická analýza

Tato analýza byla provedena v programu Statistica. Do tohoto programu byly hodnoty laboratorní analýzy načteny z Excelu, kde byly uspořádány do přehledné tabulky. Po načtení dat se muselo prověřit, zda data neobsahují extrémní hodnoty. Tato analýza byla založena na použití Kruskal- Wallisovy anovy pro porovnání více nezávislých vzorků.

Přehled zkratk použitých při statistickém vyhodnocení

Použitá hnojiva	Zkratka v grafech
Agluform 90S	SA+S2
Silvamic [®] R30S	SR+S2
Silvamic [®] R50S	SR50+S2
Silvamic [®] Forte	F
Vermaktil Stimul	V+S, Cu

5 Výsledky práce

5.1 Charakteristika výzkumné plochy KH Bojiště

Výzkumná plocha se nachází v LHC Klášterec nad Ohří (Krušné hory) a to v porostu 241A 2b/1b/0. Je umístěna v nadmořské výšce 865 n.m. náhorní plošiny s mírným svahem 6-8 %. Expozice plochy je Z (260°), nejsou zde ani žádné výrazné nerovnosti po celoplošné přípravě půdy. Základní dřevinou skladbou je smrk ztepilý (*Picea abies/L/Karst*). Na ploše je 80 – 90% pokryvnost povrchu bylinnou skladbou. V největším zastoupení je zde *Calamagrostis villosa* (75%), dále potom *Vaccinium myrtillus* (30%), *Juncus squarrosus* (20%), *Veronica officinalis* (10%), v menším zastoupení je zde *Nardus stricta* a *Galium anisophyllum*. Podle uvedených charakteristik zde byla určena lesní typologická jednotka podle typologického klasifikačního systému 7M3 (chudá extrémní stanoviště s nízkou bonitou cílových dřevin v 7. lesním vegetačním stupni).

5.1.1 Popis půdní sondy

Půdní typ podle Taxonomické klasifikačního systému půd České republiky (Němeček, 2011) je na této ploše popsán jako podzol modální antropicky skarifikovaný



Obr. 1: Půdní sonda

v iničiálním stádiu vývoje na muskoviticko biotickém svoru. Půdní sonda se skládá z následujících horizontů :

0 – 1 cm kyprý opad převážně trávovitého charakteru v nepravidelném uspořádání místy ve vrstvě až 0 – 3 cm a pomístitně naopak chybí, s příměsí horizontu s fermentačním procentem procesem hor. L + F

1 – 1,5 cm kyprá, mírně ulehlá drť s nepravidelnou strukturou a se zbytky *Calamagrostis villosa*,

horizontu navazuje přímo na humusem různě obohacenou organominerální vrstvu hor. A, nepatrná příměs měli hor. F+H

1,5(2) – 10 cm tmavě hnědá až černošedá, kyprá, velmi drobivá písčité zemina, jemně zrnitá 1 – 2 mm, mírně vlhká, silně prokořeněná, skeletnatost 30 – 35 %, horizont s hrubě vlnitým, zřetelným (2 – 4 cm) barevným přechodem dospodu, patrný vliv staré dřívější skarifikace, vyskytující se architektonice a distribuci kořenů vzniká riziko přísušků hor. Ahe (p)

10 – 20 cm šedá, ještě kyprá, mírně ulehlá, písčité, drobivá, jemně až středně zrnitá (2-3 mm), mírně vlhká, středně silně prokořeněná, skelet 40 % převážně ve formě středního až hrubého šterku (30-50 mm) s významným podílem šterku drobného, ojediněle drobný kámen (60-80 mm), horizont ještě se zřetelným (3-5 cm) vlnitým barevným přechodem dospodu. hor.Ep

20 – 35 cm šedohnědorezivá zemina, spíše tmavšího odstínu, nepravidelné barevnosti, velmi mírně ulehlá, písčité, drobivá, středně zrnitá, obohacená tmelícími humusovými látkami, středně vlhká, skelet 50-60 %, převážně ve formě středního šterku (20-40 mm) s významným podílem drobného šterku (10-20 mm), ojediněle drobný kámen (60-80 mm). Horizont s mírně vlnitým, více zřetelným (2-3 cm) barevným přechodem dospodu hor.Bhs

35 - 56 cm sytě rezivá zemina, ze zvětrávajícího biotitu, hlinitopísčité středně ulehlá, málo pevná, jemně až středně drobtovitá 2-3 mm, středně ulehlá, skelet 50-55 %, převážně hrubý šterk 30-60 mm, s významným podílem drobného šterku 10-30 mm, nerovnoměrné, horizont s téměř líniovým zřetelným (2-4 cm) barevným přechodem dospodu. hor.Bs

56 - 72 cm rezivošedá, hlinitopísčité s výraznou příměsí slíd, středně ulehlá zemina, ve spodní části horizontu až ulehlá, málo pevná, převážně v důsledku slíd, středně zrnitá, vlhká, skelet 75-80 % převážně ve formě středního kamene 110-160 mm, s významným podílem hrubého šterku 40-60 mm, horizont s mírným barevným (5-8 cm) líniovým barevným přechodem dospodu. hor.B/C

72 – 90 cm tmavě hnědorezivá, písčité zvětralina s vysokou příměsí slídy biotitu i muskovitu, ulehlá, málo pevná, spíše elementární až jemně zrnité (1-2 mm) struktury, vlhká, skelet 85-90 %, převážně ve formě středního kamene 120-160 mm s příměsí

navětralého hrubého štěrku 30-50 mm, neprokořeněný horizont s difúzním barevným přechodem dospodu. hor. C1



Obr. 2: Celkový pohled na výzkumnou plochu.

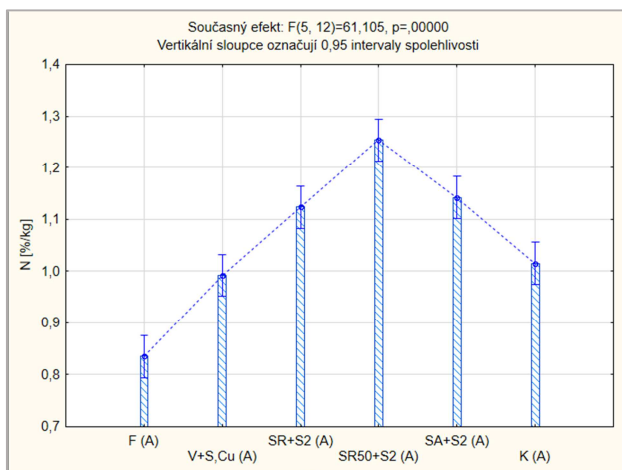


Obr. 3: Mladá sazenice (B) smrku ztepilého určená pro výzkum



Obr. 4: Vyšší stromek (A) smrku ztepilého určený pro výzkum

5.2 Vliv aplikovaných hnojiv na obsah živin



Obr. 5: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.

období lze soudit, že vliv aplikovaných hnojiv je statisticky významný a to při $p=0,00$, jak je patrné na Obr. 5 a v Tab. 4. Statisticky významný pozitivní vliv na množství dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého byl zaznamenán na variantě Silvamix[®] R50S (SR50+S2), která vykazuje největší průměrnou koncentraci a to 1,25 % N.kg⁻¹. Ve srovnání s kontrolou byl i na variantě Agluform 90S (SA+S2) zaznamenán výrazný pozitivní vliv a to s průměrnou hodnotou 1,15 % N.kg⁻¹. Mírný, ale stále pozitivní vliv vzhledem ke kontrole byl prokázán u varianty Silvamix[®] R30S (SR+S2). Poměrně hodně negativní vliv byl prokázán u varianty Silvamix[®] Forte (F) a Vermaktil Stimul (V+S,Cu), jejichž průměrná hodnota se pohybuje v průměru 0,85 % N. kg⁻¹ a 0,99 % N. kg⁻¹. U těchto variant tedy došlo ke snížení koncentrace dusíku a to docela ve velkém rozsahu, lze to tedy považovat za statisticky významné.

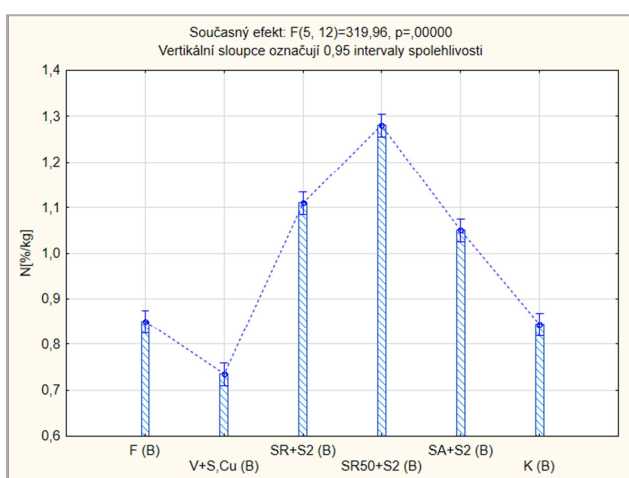
5.2.1 Vliv na obsah dusíku

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace

Na kontrolní variantě u větších stromků (A- starší) se výživa dusíkem během celého měření pohybuje mezi hodnotami 0,97 – 1,05 % N.kg⁻¹, z hlediska klasifikace podle Bergmanna (1998) tento stav výživy dusíkem můžeme považovat za suboptimum. Za tato

Chyba: meziskup. PC = ,00207, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		,83500	,99167	1,1233	1,2533	1,1417	1,0150
1	F (A)		0,000066	0,000000	0,000000	0,000000	0,000018
2	V+S,Cu (A)	0,000066		0,000303	0,000000	0,000097	0,391784
3	SR+S2 (A)	0,000000	0,000303		0,000337	0,498461	0,001409
4	SR50+S2 (A)	0,000000	0,000000	0,000337		0,001124	0,000001
5	SA+S2 (A)	0,000000	0,000097	0,498461	0,001124		0,000417
6	K (A)	0,000018	0,391784	0,001409	0,000001	0,000417	

Tab. 4: Tukeyho vícenásobné porovnání- Anova s opakovaným měřením- vliv hnojiv na množství N v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace.



Obr. 6: Celkový vliv hnojiv na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.

hodnotě $p=0,00$, jak vidíme na Obr. 6 a v Tab. 5. Velice výrazný a statisticky významný vliv byl zaznamenán na variantě SR50+S2, kde lze pozorovat průměrnou hodnotu 1,28 % N. kg^{-1} . Další výrazný nárůst koncentrace dusíku ve výživě je patrný u variant SR+S2 (1,11 % N. kg^{-1}) a SA+S2 (1,05 % N. kg^{-1}). Mírný negativní vliv na výživu dusíkem v sušině jehličí smrku ztepilého byl prokázán na variantách F (0,85 % N. kg^{-1}). Značně negativní vliv na výživu dusíkem měla varianta V+S,Cu (0,74 % N. kg^{-1}) vzhledem ke kontrole.

U mladých sazenic (B) na kontrolní variantě se výživa dusíkem během experimentu pohybuje v rozmezí hodnot 0,82 – 0,87 % N. kg^{-1} , což podle klasifikace Bergmanna (1988) posuzovat jako suboptimum. Aplikovaná hnojiva a jejich vliv na výživu lze za toto období posuzovat jako statisticky významný a to při

Chyba: meziskup. PC = ,00078, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		,85000	,73500	1,1100	1,2800	1,0500	,84333
1	F (B)		0,000012	0,000000	0,000000	0,000000	0,686150
2	V+S,Cu (B)	0,000012		0,000000	0,000000	0,000000	0,000021
3	SR+S2 (B)	0,000000	0,000000		0,000000	0,002893	0,000000
4	SR50+S2 (B)	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000	0,000000
5	SA+S2 (B)	0,000000	0,000000	0,002893	0,000000		0,000000
6	K (B)	0,686150	0,000021	0,000000	0,000000	0,000000	

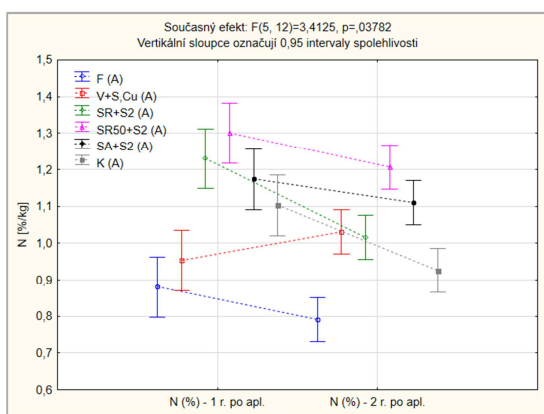
Tab. 5: Tukeyho vícenásobné porovnání- Anova s opakovaným měřením- vliv hnojiv na množství N v sušíně jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

b) Celkový vliv efektu čas

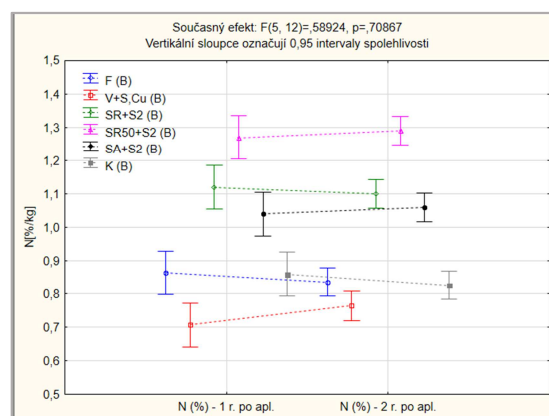
Vliv efektu čas se v průběhu šetření ukázal jako statisticky významný u vyšších stromků smrku ztepilého (A) a to při hodnotě $p=0,00$. Tato hodnota určuje značný rozdíl mezi oběma lety. Na Obr. 7 (kap. přílohy, str. 71) je možné vidět, že ve druhém roce po aplikaci byl zaznamenán patrný mírný pokles z hlediska celkové výživy dusíkem. Po prvním roce aplikace se průměrná hodnota výživy dusíkem pohybovala kolem $1,10 \text{ \% N. kg}^{-1}$, ve druhém roce došlo ke snížení na průměrnou hodnotu $1,02 \text{ \% N. kg}^{-1}$.

U mladých sazenic smrku ztepilého (B) se vliv efektu čas ukázal jako statisticky nevýznamný a to při hodnotě $p=0,88$. Na Obr. 8 (kap. přílohy, str. 72) je patrné, že mezi prvním a druhým rokem od aplikace neprokázal vzestup průměrné hodnoty ve výživě dusíkem, tato hodnota se oba dva roky pohybuje na průměrné hodnotě $0,97 \text{ \% N. kg}^{-1}$.

c) Vliv interakce efektu hnojiva a čas



Obr. 9: Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku v sušíně jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



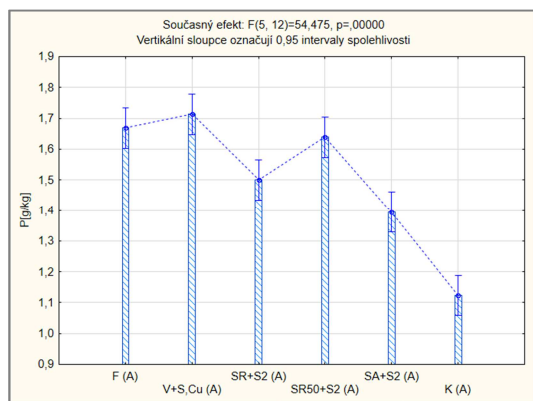
Obr. 10: Dynamika vlivu hnojiv na obsah dusíku v sušíně jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

V tomto případě je zřejmá statistická významnost interakce efektu hnojiva a čas. Z toho lze usuzovat, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách se lišila. Z Obr. 9 je zřejmé, že rostoucí trend byl zaznamenán jen na variantě V+S,Cu. U ostatních variant je patrný spíše klesající trend (F, SR+S2, SR50+S2, SA+S2 a K).

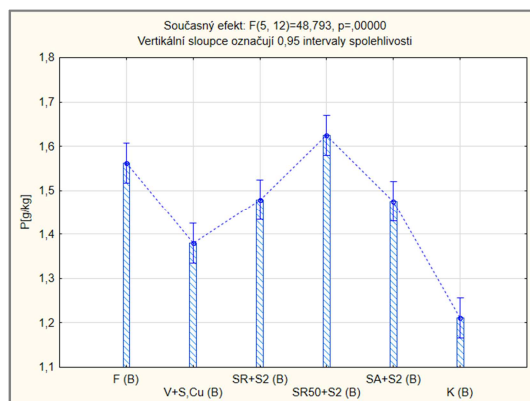
Na Obr. 10 je téměř neprůkazná statistická významnost interakce efektu hnojiva a čas. Z tohoto je patrné, že dynamika působení hnojiv se na jednotlivých variantách výrazně nelišila. U variant V+S,Cu, SR50+S2 a SA+S2 je patrný mírně rostoucí trend. U zbylých variant se objevil spíše mírně klesající trend. U obou trendů jsou změny v dynamice působení hnojiv velice nevýrazné.

5.2.2 Vliv na obsah fosforu

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace



Obr. 11: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.



Obr. 12: Celkový vliv hnojiv na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B) 1. a 2. rok od aplikace.

Na kontrolní variantě u větších stromků (A- starší) se výživa fosforem pohybuje v rozmezí mezi hodnotami 1,06 – 1,25 g P. kg⁻¹, což podle klasifikace Bergmanna (1988) lze považovat za nadoptimum. Podle Obr. 11 a Tab. 6 (kap. přílohy, str. 69) lze soudit, že vliv aplikovaných hnojiv na výživu fosforem je statisticky významný a to při hodnotě $p = 0,00$. Statisticky nejvýznamnější vliv hnojiva na výživu fosforem ve srovnání s kontrolou byl zaznamenán u varianty Vermaktil Stimul (V+S,Cu), jejíž

hodnota je 1,71 g P. kg⁻¹. Ve srovnání s kontrolou se významně prokázal i vliv u ostatních aplikovaných hnojiv. U hnojiva Silvamix[®] Forte (F) se hodnota pohybuje na průměrné hodnotě 1,67 g P. kg⁻¹, u Silvamix[®] R30S(SR+S2) - 1,50 g P. kg⁻¹, u Silvamix[®] R50S(SR50+S2) - 1,64 g P. kg⁻¹. Méně pozitivní vliv je patrný na variantě Agluform 90S (SA+S2) - 1,39 g P. kg⁻¹.

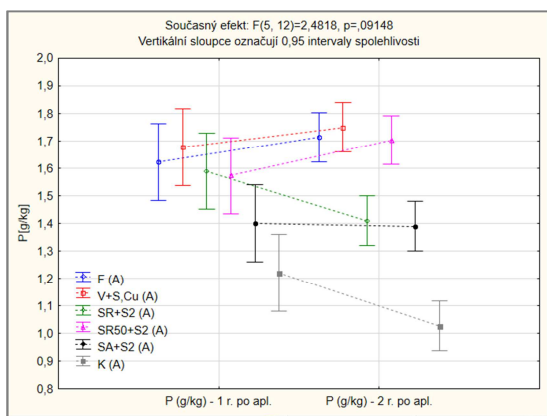
Na kontrolní variantě u mladých sazenic (B) se výživa fosforem pohybuje mezi hodnotami 1,16 – 1,26 g P. kg⁻¹, toto rozmezí hodnot lze podle Bergmanna (1988) posoudit za nadoptimum. Podle Obr. 12 a Tab. 7 (kap. přílohy, str. 69) lze usuzovat, že vliv aplikovaných hnojiv na výživu fosforem je statisticky významný a to při hodnotě p= 0,00. Největší vliv hnojiv na výživu byl zaznamenán u SR50+S2 (1,62 g P. kg⁻¹) a u F (1,56 g P.kg⁻¹) a to ve srovnání s kontrolou. I u ostatních hnojiv lze potvrdit lepší vliv hnojiv ve srovnání s kontrolou, avšak s menší statistickou významností. U hnojiva V+S,Cu se hodnota vyskytuje v průměru 1,38 g P. kg⁻¹, u SR+S2 - 1,47 g P. kg⁻¹ a u SA+S2 - 1,47 g P. kg⁻¹.

b) Celkový vliv efektu čas

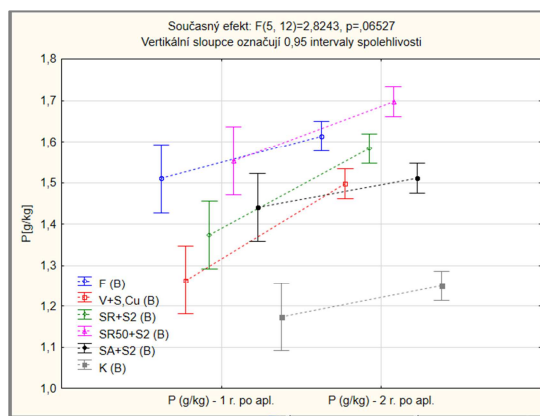
Vliv efektu času se v průběhu experimentu ukázal u vyšších stromků (A) jako statisticky nevýznamný a to při hodnotě p= 0,68. Z Obr. 13 (kap. přílohy, str. 72) je patrné, že se projevil nevýrazný rozdíl ve výživě fosforem mezi prvním a druhým rokem od aplikace. Tento rozdíl se projevil mírným snížením ve výživě fosforem ve druhém roce od aplikace. Průměrná hodnota 1,51 g P. kg⁻¹ se ve druhém roce od aplikace mírně snížila na průměrnou hodnotu 1,50 g P. kg⁻¹.

U sazenic (B) se vliv efektu čas projevil jako statisticky významný a to při hodnotě p= 0,00. Na Obr. 14 (kap. přílohy, str. 73) je zřejmé, že se projevil výrazný rozdíl ve výživě fosforem mezi oběma roky aplikace. Rozdíl se ukázal výrazným zvýšením průměrné hodnoty ve druhém roce aplikace. V prvním roce byla tato průměrná hodnota na 1,38 g P. kg⁻¹ a ve druhém roce od aplikace vzrostla na 1,52 g P. kg⁻¹.

c) Vliv interakce efektu hnojiva a čas



Obr. 15: Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu v sušíně jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



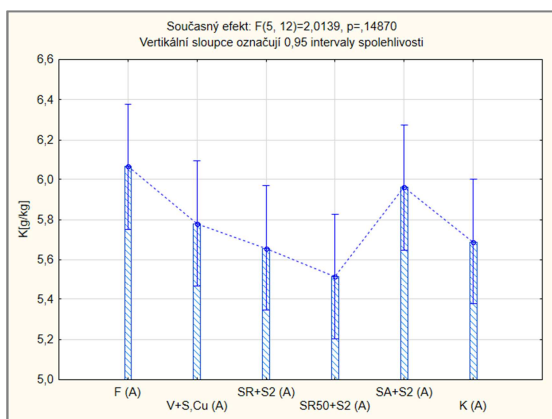
Obr. 16: Dynamika vlivu hnojiv na obsah fosforu v sušíně jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

Zde je zřejmá statistická významnost celkové interakce efektu hnojiva a čas. To znamená, že se hodnoty v prvním a druhém roce aplikace významně lišili. Z Obr. 15 je zřejmé, že rostoucí trend byl zaznamenán skoro u všech použitých variant hnojiv (F, V+S,Cu, SR50+S2). Výrazně klesající trend je možné pozorovat ve výživě na variantách SR+S2 a K. Dále zde můžeme sledovat nevýraznou interakci mezi jednotlivými roky aplikace a to u varianty SA+S2.

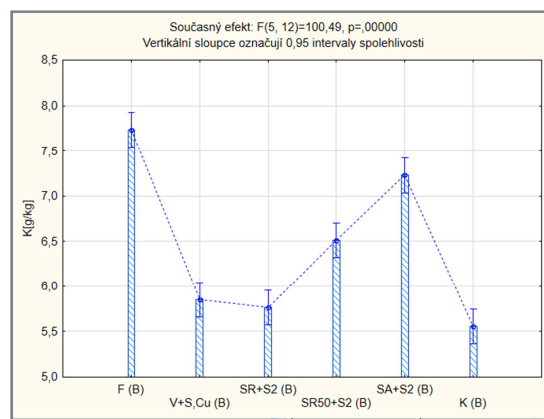
Na Obr. 16 můžeme také potvrdit statisticky významnou interakci efektu hnojiva a čas, tudíž došlo k tomu, že se hodnoty mezi druhým a třetím rokem výrazně liší. Je zde zřejmý výrazně vzrůstající trend mezi jednotlivými roky od aplikace na každé z variant u použitých hnojiv.

5.2.3 Vliv na obsah draslíku

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace



Obr. 17: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.



Obr. 18: Celkový vliv hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B) 1. a 2. rok od aplikace.

Na kontrolní variantě u vyšších stromků (A- starší) se výživa draslíkem pohybuje v rozmezí 5,4 – 6,0 g K. kg⁻¹, což lze podle klasifikace Bergmanna (1988) posoudit jako nadoptimum a to při hodnotě p= 0,15. Největší vliv ve výživě draslíkem se ukázal na variantě Silvamix® Forte (F) - 6,0 g K. kg⁻¹, tuto hodnotu lze považovat za statisticky významnou, což je patrné na Obr. 17 a Tab. 8 (kap. přílohy, str. 69). Méně výrazný vliv, ne však značně zřetelný, se projevil na variantě Agluform 90S (SA+S2 - 5,9 g K. kg⁻¹), tuto hodnotu lze považovat za statisticky významnou s ohledem na kontrolní variantu. U zbývajících variant se projevil nevýznamný vliv vzhledem ke kontrole (V+S,Cu, SR+S2, SR50+S2).

U mladých sazenic (B) na kontrolní variantě se výživa draslíkem pohybuje v rozmezí 5,4 – 5,7 g K. kg⁻¹, i zde se podle Bergmannovi klasifikace (1988) nacházíme v nadoptimu a to při hodnotě p= 0,00, což můžeme vidět na Obr. 18 a Tab. 9 (kap. přílohy, str. 69). Zde se nejvýznamněji prokázal vliv ve výživě draslíkem na variantě F - 7,8 g K. kg⁻¹, vzhledem ke kontrole lze tuto hodnotu považovat za výrazně statisticky významnou. Další výraznější nárůst ve výživě draslíkem se vyskytnul u varianty SA+S2 (7,3 g K. kg⁻¹). Se zřetelem ke kontrole se menší vliv ukázal u varianty SR50+S2 (6,50 g K. kg⁻¹). S ohledem na kontrolu žádný význam v hnojení se projevil na variantách V+S,Cu (5,7 g K. kg⁻¹) a SR+S2 (5,5 g K. kg⁻¹) a to i když je zde menší nárůst ve výživě draslíkem oproti kontrole.

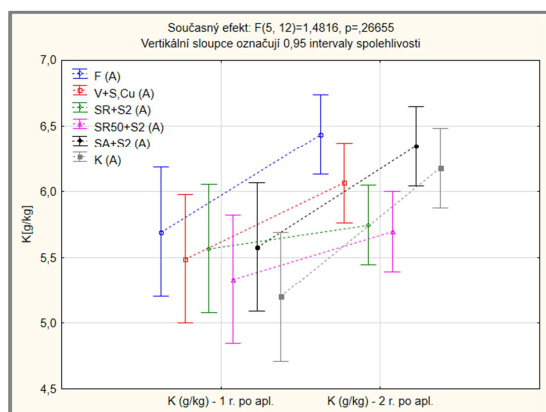
b) Celkový vliv efektu čas

Vliv efektu čas se v průběhu šetření u vyšších stromků (A) ukázal jako statisticky významný a to při hodnotě p= 0,00. Jak je patrné z Obr. 19 (kap. přílohy, str. 73),

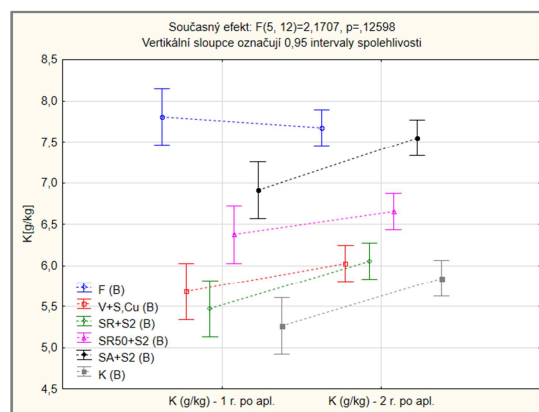
průměrná hodnota ve druhém a třetím roce od aplikace hnojiv značně liší. Průměrná hodnota 5,5 g K. kg⁻¹ v prvním roce od aplikace vzrostla ve druhém roce na průměrnou hodnotu 6,1 g K.kg⁻¹.

U mladých sazenic (B) se vliv efektu čas také projevil jako značně statisticky významný, jak je patrné na Obr. 20 (kap. přílohy, str. 74) a při hodnotě p= 0,00. Průměrná hodnota v prvním roce od aplikace byla 6,25 g K. kg⁻¹, tato hodnota vzrostla ve druhém roce na průměrnou hodnotu 6,63 g K. kg⁻¹.

c) Vliv interakce efektu hnojiva a čas



Obr. 21: Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



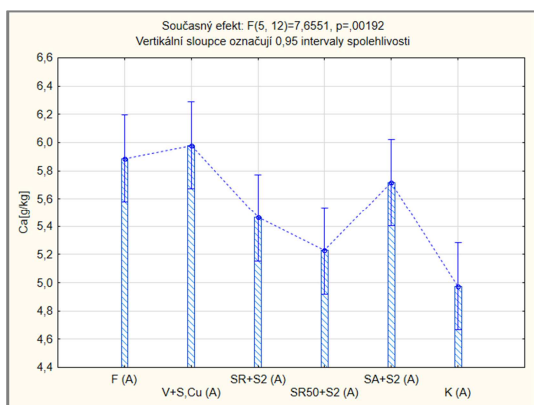
Obr. 22: Dynamika vlivu hnojiv na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

V tomto případě se značně projevila interakce efektu hnojiva a čas na statistické významnosti. Díky tomu lze usoudit, že dynamika působení hnojiv na jednotlivých variantách lišila. Z Obr. 21 můžeme usoudit, že na jednotlivých variantách převládá značný vzrůstající trend. Jen u variant SR+S2 a SR50+S2 se trend projevuje také vzrůstající tendencí, ale ne s takovou razancí.

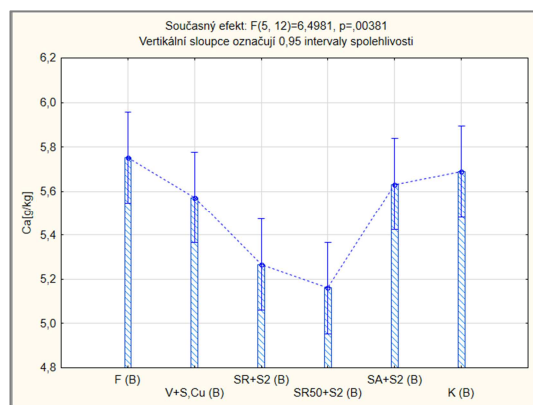
Na Obr. 22 je patrná statistická významnost interakce efektu hnojiva a čas, která je zřejmá rozdílností průměrných hodnot v jednotlivých letech od aplikace. U varianty F jako u jediné se projevil klesající trend ve výživě draslíkem. U všech zbylých variant se trend prokázal jako výrazně vzrůstající.

5.2.4 Vliv na obsah vápníku

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace



Obr. 23: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušíně jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.



Obr. 24: Celkový vliv hnojiv na obsah vápníku v sušíně jehličí smrku ztepilého (B) 1. a 2. rok od aplikace.

Na kontrolní variantě u vyšších stromků (A-starší) se výživa vápníkem pohybuje v rozmezí hodnot 4,6 – 5,3 g Ca.kg⁻¹, což podle Bergmannovi klasifikace (1988) lze hodnotit jako nadoptimum a to při hodnotě p= 0,00. Největší vliv na výživu vápníkem se projevil na variantách Vermaktil Stimul (V+S,Cu - 6,0 g Ca.kg⁻¹) a Silvamix[®] Forte (F - 5,9 g Ca. kg⁻¹), těmto hodnotám lze oproti kontrole přisoudit statistický význam, toto můžeme vidět na Obr. 23 a Tab. 10 (kap. přílohy, str. 70). Na hnojivé parcele Silvamix[®] R30S (SR+S2) se výživa vápníkem projevila průměrnou hodnotou 5,4 g Ca. kg⁻¹, na další Agluform 90S (SA+S2) je to 5,7 g Ca. kg⁻¹, vzhledem ke kontrole mají tyto hodnoty patrný význam. Mírný vliv lze přisoudit variantě Silvamix[®] R50S (SR50+S2), kde se hodnota ve výživě vápníkem s ohledem ke kontrole moc nenavýšila, hodnota se ustálila na průměru 5,2 g Ca. kg⁻¹.

U mladých sazenic (B) se na kontrolní variantě výživa vápníkem projevila mezi hodnotami 5,5 – 5,9 g Ca. kg⁻¹, toto podle Bergmannovi klasifikace (1988) můžeme hodnotit jako nadoptimum a to při hodnotě p= 0,00. Mírného statistického významu ve výživě vápníkem s ohledem na kontrolu dosáhla varianta F - 5,75 g Ca. kg⁻¹, což je k vidění na Obr. 24 a Tab. 11 (kap. přílohy, str. 70). Bez statistického významu se projeví průměry hodnot na ostatních variantách, na variantě SA+S2 (5,6 g Ca. kg⁻¹), na V+S,Cu (5,6 g Ca. kg⁻¹) a na SR+S2 (5,3 g Ca. kg⁻¹). Na hnojivé parcele SR50+S2 byla zjištěna nejmenší průměrná hodnota ve výživě vápníkem 5,2 g Ca. kg⁻¹.

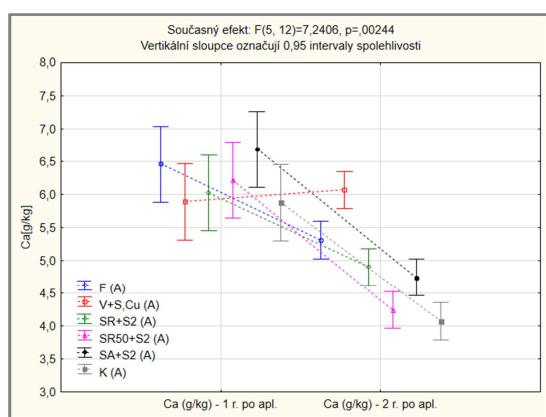
b) Celkový vliv efektu čas

Jako statisticky významný se ukázal vliv efektu čas u vyšších stromků (A) a to při hodnotě p= 0,00. Na Obr. 25 (kap. přílohy, str. 74) je patrné, že se hodnoty mezi

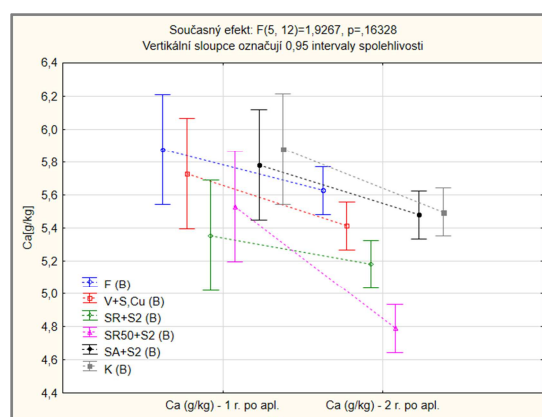
prvním a druhým rokem od aplikace vzájemně lišily. To se projevuje snížením průměrné hodnoty ve výživě vápníku ve druhém roce od aplikace. V prvním roce se průměrná hodnota ve výživě vápníkem pohybovala na 6,2 g Ca. kg⁻¹, kdežto ve druhém roce od aplikace se výrazně snížila výživa vápníkem na průměrnou hodnotu 4,9 g Ca. kg⁻¹.

U sazenic (B) se vliv efektu čas také prokázal jako statisticky významný, při hodnotě p= 0,00. Podle Obr. 26 (kap. přílohy, str. 75) je zřejmé, že se mezi hodnotami v prvním a druhém roce od aplikace projevil mírný rozdíl v průměrných hodnotách. Tato průměrná hodnota v prvním roce od aplikace činila 5,7 g Ca. kg⁻¹. Ve druhé roce se snížila na průměrnou hodnotu 5,34 g Ca. kg⁻¹.

c) Vliv interakce efektu hnojiva a čas



Obr. 27: Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



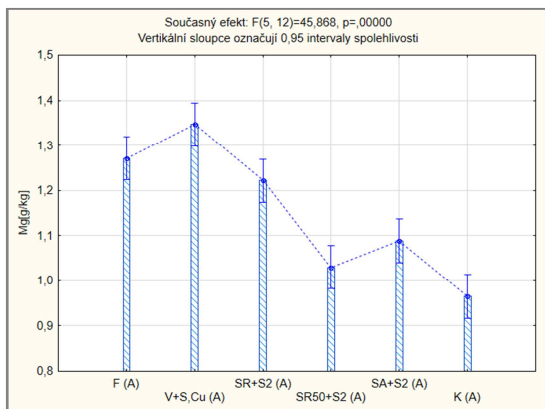
Obr. 28: Dynamika vlivu hnojiv na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

U výživy vápníkem se značně projevila interakce efektu hnojiva a čas u vyšších stromků (A) na statistické významnosti. Podle toho můžeme soudit, že se dynamika hnojiv na jednotlivých variantách lišila mezi prvním a druhým rokem od aplikace. Z Obr. 27 lze usoudit, že u většiny variant došlo k výraznému poklesu dynamiky ve výživě ve druhém roce od aplikace. Jen u přihnojené parcely V+S,Cu došlo mezi prvním a druhým rokem od aplikace k mírnému vzrůstajícímu trendu.

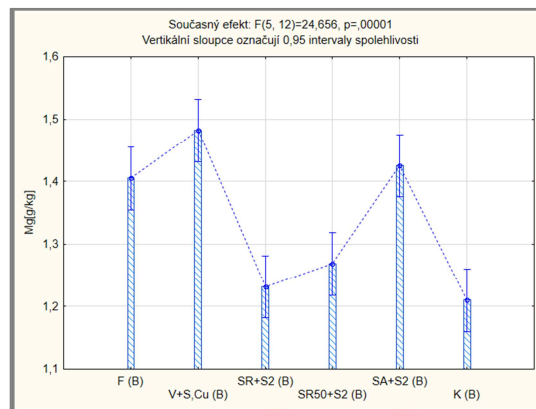
U sazenic (B) se dynamika vlivu efektu hnojiva a čas taktéž projevila jako statisticky významná. Na Obr. 28 se trend této dynamiky projevil jako pokles mezi průměrnými hodnotami prvního a druhého roku od aplikace. Výrazně klesající trend je patrný u varianty SR50+S2. U všech zbývajících variant se trend vlivu dynamiky efektu hnojiva a čas ukázal jako mírně klesající oproti variantě SR50+S2.

5.2.5 Vliv na obsah hořčíku

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace



Obr. 29: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.



Obr. 30: Celkový vliv hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B) 1. a 2. rok od aplikace.

U vyšších stromků (A - starší) se hodnoty na kontrolní variantě ve výživě hořčíkem pohybovaly v rozmezí $0,92 - 1,02 \text{ g Mg. kg}^{-1}$, což lze považovat podle Bergmannovi klasifikace (1988) za nadoptimum, a to při hodnotě $p=0,00$. Při zohlednění kontroly, tak největšího statistického významu ve výživě hořčíkem dosáhla podle Obr. 29 a Tab. 12 (kap. přílohy, str. 70) varianta Vermaktil Stimul (V+S,Cu - $1,35 \text{ g Mg. kg}^{-1}$). U variant Silvamix[®] R30S (SR+S2 - $1,22 \text{ g Mg. kg}^{-1}$) a Silvamix[®] Forte (F - $1,27 \text{ g Mg. kg}^{-1}$) je patrné, že mají také významný pozitivní vliv na výživu hořčíkem. Zbývající dvě varianty se projevily vůči kontrole mírným pozitivním vlivem na obsah hořčíku, jejich hodnoty dosahovali u Silvamix[®] R50S (SR50+S2 - $1,03 \text{ g Mg. kg}^{-1}$) a u Agluform 90S (SA+S2 - $1,09 \text{ g Mg. kg}^{-1}$).

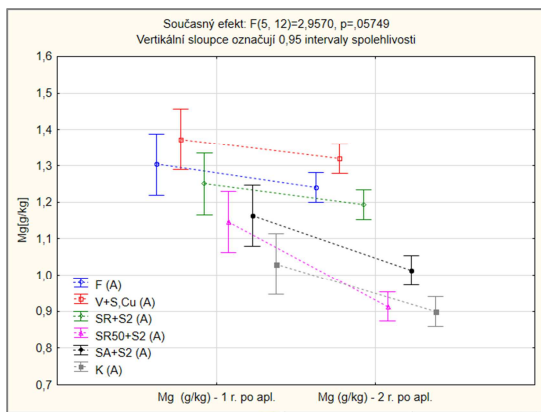
Na kontrolní variantě u mladých sazenic (B) se projevily hodnoty ve výživě hořčíkem v rozmezí $1,16 - 1,26 \text{ g Mg. kg}^{-1}$, podle Bergmannovi klasifikace (1988) lze i toto rozmezí zařadit do nadoptima a to při hodnotě $p=0,00$. Podle Obr. 30 a Tab. 13 (kap. přílohy, str. 70) lze za největší statisticky významnou variantu ve výživě hořčíkem považovat V+S,Cu ($1,48 \text{ g Mg. kg}^{-1}$). S menším pozitivním významem se projevily varianty SA+S2 ($1,42 \text{ g Mg. kg}^{-1}$) a F ($1,41 \text{ g Mg. kg}^{-1}$) vzhledem ke kontrole. Zbývající varianty jsou vůči kontrole zcela bez významu, průměrně dosahovaly hodnot u SR+S2 ($1,23 \text{ g Mg. kg}^{-1}$), u SR50+S2 ($1,26 \text{ g Mg. kg}^{-1}$).

b) Celkový vliv efektu čas

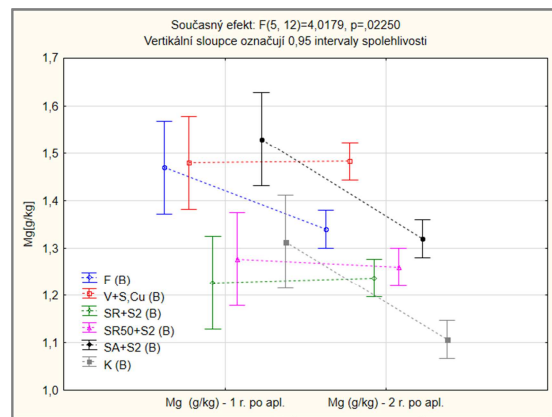
V tomto případě se efekt čas u vzrostlých stromků (A) ukázal jako statisticky významný a to při hodnotě $p=0,00$. Na Obr. 31 (kap. přílohy, str. 75) je patrné, že průměrné hodnoty se mezi prvním a druhým rokem od aplikace výrazně liší. V prvním roce od aplikace průměrná hodnota ve výživě hořčíkem byla $1,21 \text{ g Mg. kg}^{-1}$ a ve druhém roce klesla na průměrnou hodnotu $1,10 \text{ g Mg. kg}^{-1}$.

U sazenic (B) se vliv efektu čas projevil také jako statisticky významný, při hodnotě $p=0,00$. Podle Obr. 32 (kap. přílohy, str. 76) se vliv efektu času ve výživě hořčíkem mezi prvním a druhým rokem lišil. Průměrná hodnota v prvním roce od aplikace dosahovala $1,38 \text{ g Mg. kg}^{-1}$. Kdež to ve druhém roce od aplikace průměrná hodnota klesla na $1,29 \text{ g Mg. kg}^{-1}$.

c) Vliv interakce efektu hnojiva a času



Obr. 33: Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



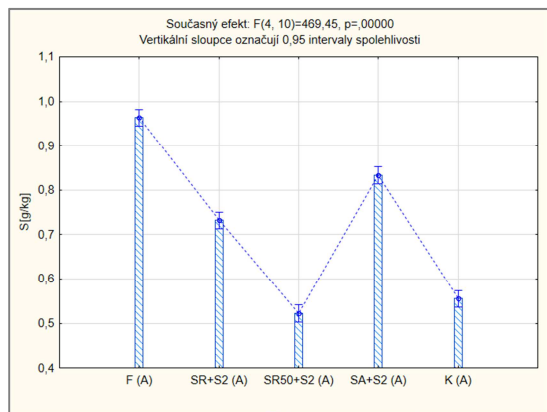
Obr. 34: Dynamika vlivu hnojiv na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

Interakce efektu hnojiva a času se ve výživě hořčíkem u vyšších stromků (A) projevila jako statisticky významná. Na Obr. 33 vidíme, že u většiny hodnot probíhá mírný klesající trend. Jen u variant SR50+S2 a SA+S2 je patrný větší klesající trend. Vše se projevuje klesajícím rozdílem mezi prvním a druhým rokem od aplikace.

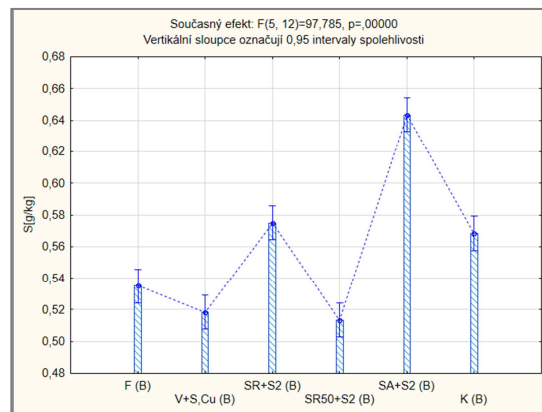
U sazenic (B) se interakce vlivu efektu hnojiva a čas, také projevuje jako statisticky významná ve výživě hořčíkem. Na Obr. 34 je patrné, že se zde objevuje trend výrazně klesající a to u variant F, SA+S2 a K. Dále se zde vyskytuje mírný vzestupný trend u varianty SR+S2. U zbývajících variant se vyskytuje nevýrazný stagnující trend mezi oběma roky a to tedy u V+S,Cu a SR50+S2.

5.2.6 Vliv na obsah síry

a) Celkový efekt hnojiva za první dva roky aplikace



Obr. 35: Celkový vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého (A) 1. a 2. rok od aplikace.



Obr. 36: Celkový vliv hnojiv na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého (B) 1. a 2. rok od aplikace.

U vyšších stromků (A - starší) se výživa síry na kontrolní variantě pohybuje v rozmezí 0,67 – 0,77 g S. kg⁻¹, to lze považovat za optimum a to při hodnotě p= 0,00. Na Obr. 35 a Tab. 14 (kap. přílohy, str. 71) můžeme vidět jednotlivé hodnoty ve výživě síry podle statistického významu. Varianta Silvamix[®] Forte (F - 0,97 g S. kg⁻¹) se ukázala jako statisticky nejvýznamnější ve výživě sírou vzhledem ke kontrolní variantě. Menší pozitivní vliv je patrný na variantách Agluform 90S (SA+S2 - 0,84 g S. kg⁻¹) a u Silvamixu[®] R30S (SR+S2 - 0,73 g S. kg⁻¹). Mírný negativní vliv je patrný na variantě Silvamix[®] R50S (SR50+S2 - 0,53 g S. kg⁻¹), které můžeme považovat za statisticky bezvýznamné s ohledem na výživu sírou na kontrole.

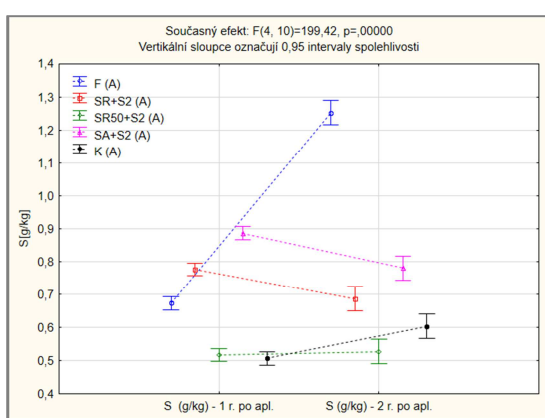
U mladých sazenic (B) na kontrolní variantě se výživa sírou pohybuje v rozmezí mezi hodnotami 0,56 – 0,58 g S. kg⁻¹, kterou lze taktéž považovat za optimum a to při hodnotě p= 0,00. Podle Obr. 36 a Tab. 15 (kap. přílohy, str. 71) lze usoudit, že největšího statistického významu ve výživě sírou dosáhla jediná varianta vzhledem ke kontrole a to SA+S2 - 0,64 g S. kg⁻¹. Ostatní hodnoty na variantách jsou statisticky bezvýznamné při posouzení s kontrolní variantou a mají spíše negativní vliv. Jejich průměrné hodnoty dosahovaly u varianty F (0,54 g S. kg⁻¹), na variantě V+S,Cu (0,52 g S. kg⁻¹), dále SR+S2 (0,57 g S. kg⁻¹), na variantě SR50+S2 (0,51 g S. kg⁻¹).

b) Celkový efekt času

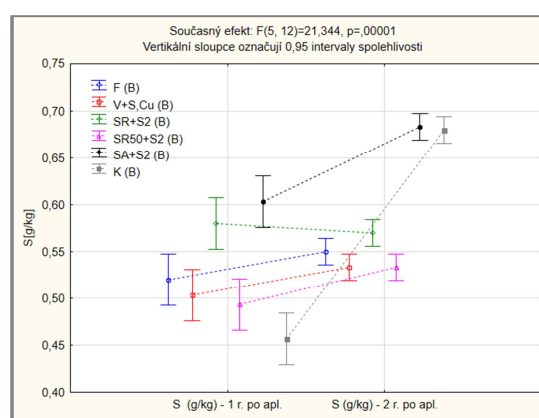
Na Obr. 37 (kap. přílohy, str. 77) je zřetelná statistická významnost efektu času u vyšších stromků (A) ve výživě sírou. Je zde patrné, že jednotlivé roky aplikace se vzájemně liší. Průměrná hodnota v prvním roce po aplikaci byla $0,67 \text{ g S. kg}^{-1}$ a následně vzrostla ve druhém roce po aplikaci na průměrnou hodnotu $0,77 \text{ g S. kg}^{-1}$.

U sazenic (B) se celkový efekt času také prokázal jako statisticky významný mezi první a druhým rokem od aplikace a to při hodnotě $p=0,00$, jak je patrné na Obr. 38 (kap. přílohy, str. 76). V prvním roce byla průměrná hodnota naměřena na $0,53 \text{ g S. kg}^{-1}$ a následně ve druhém roce po měření vzrostla na $0,59 \text{ g S. kg}^{-1}$.

c) Vliv interakce faktoru hnojiva a čas



Obr. 39: Dynamika vlivu hnojiv na obsah síry v sušíně jehličí smrku ztepilého (A) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.



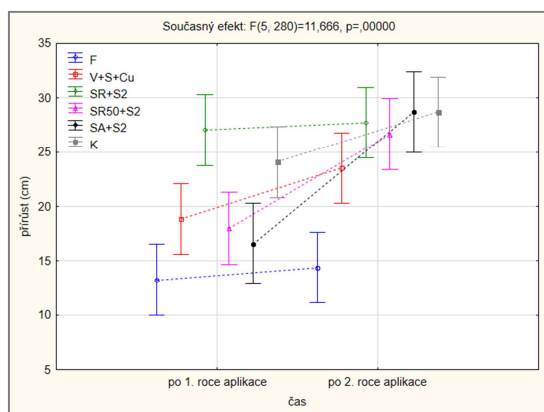
Obr. 40: Dynamika vlivu hnojiv na obsah síry v sušíně jehličí smrku ztepilého (B) v 1. a 2. roce po aplikaci hnojiv.

Na Obr. 39 je zřejmé, že je zde statistický význam faktoru hnojiva a času u vyšších stromků (A). Je zde patrný velmi vzrůstající trend u varianty F a mírně vzrůstající u variant K a SR50+S2. Naopak na variantách SA+S2 a SR+S2 se objevil mírně klesající trend.

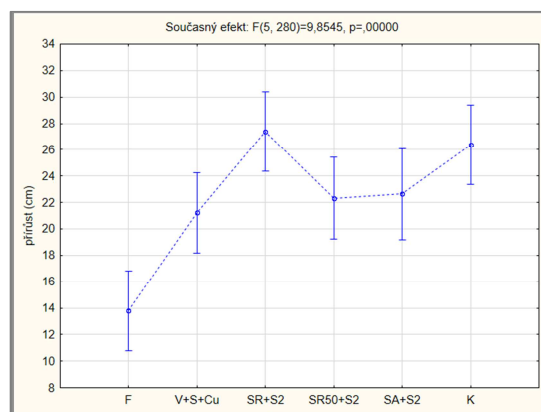
U sazenic (B) se interakce vlivu hnojiva a čas se také projevila jako statisticky významné. Je to patrné na Obr. 40, kde se objevují jednotlivé průměrné hodnoty mezi oběma roky značně rozdílné. Velmi rostoucí trend je patrný u K a SA+S2. Další mírně rostoucí trend vyplynul mezi prvním a druhým rokem od aplikace u variant V+S,Cu, F, SR50+S2. Mírně negativní trend, tedy klesající, je u SR+S2.

5.3 Vliv aplikovaných hnojiv na přírůsty

5.3.1 Vliv u vyšších stromků (A - starší)



Obr. 41: Interakce faktorů čas a hnojivo - dynamika vlivu hnojiv na výškové přírůsty smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci.

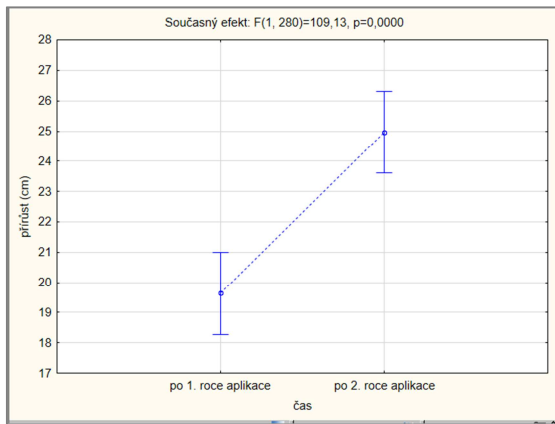


Obr. 42: Celkový vliv faktoru hnojivo na výškové přírůsty smrku ztepilého (za období 1. a 2. roku po aplikaci).

Na kontrolní variantě hodnota výškových přírůstů narůstá a je tedy velmi optimální. Vše je patrné na Obr. 41. V prvním roce od aplikace se průměrná hodnota výškového přírůstu pohybovala na 24 cm. Ve druhém roce dosáhl výškový přírůst průměrné hodnoty 27 cm. Podle toho můžeme usoudit nepatrný nárůst vzhledem k prvnímu roku od aplikace.

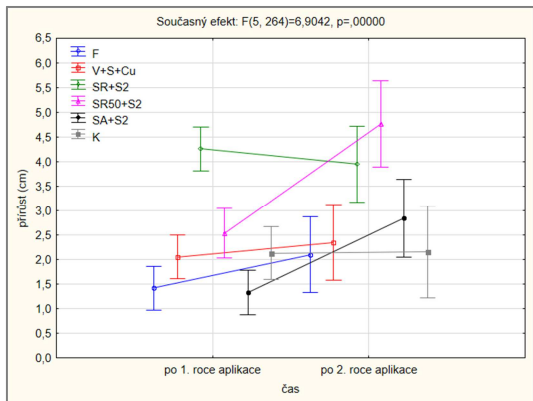
Na všech variantách podle Obr. 42 můžeme sledovat, že se jednotlivé střední hodnoty výškových přírůstů neshodují (tyto střední hodnoty jsou vždy vypočítané pro celé sledované období). Dobré hodnoty výškového přírůstu byly naměřeny na variantě SR+S2, kde hodnota průměrného přírůstu dosáhla 27 cm. Vzhledem ke kontrole jde v průměru o pouhý 1 cm rozdíl, takže se tomu nepřikládá statistický význam. Bohužel ani na ostatních variantách se neprojevila žádná průměrná hodnota, která by dosahovala lepších výškových přírůstů než na kontrolní variantě. Nejmenšího průměru dosáhla varianta F, jejíž průměrná hodnota se pohybuje na 14 cm, je zde tedy oproti kontrole propad o 12 cm. Na hnojivých parcelách V+S,Cu, SR50+S2 a SA+S2 se také neprojevil nárůst průměrných hodnot výškového přírůstu vzhledem ke kontrolní variantě.

Z Obr. 43 je zřejmé, že v jednotlivých letech měření nedošlo ke shodnosti středních hodnot výškového přírůstu.

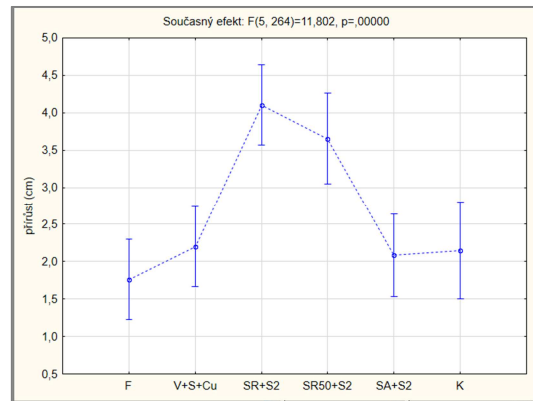


Obr. 43: Celkový vliv faktoru čas na výškové přírůsty smrku ztepilého (za období od 1. a 2. rok po aplikaci).

5.3.2 Vliv u sazenic (B – mladé sazenice)



Obr. 44: Interakce faktorů čas a hnojivo - dynamika vlivu hnojiv na výškové přírůsty smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci.



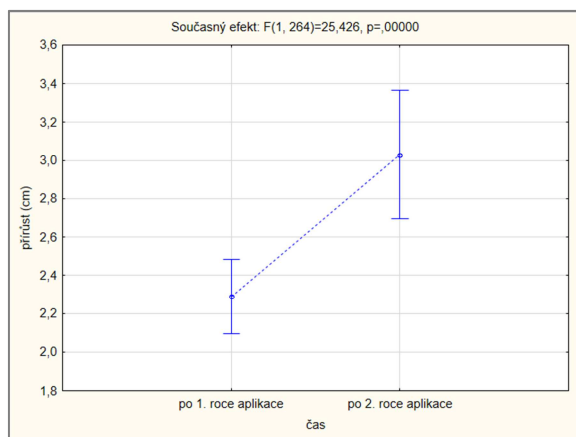
Obr. 45: Celkový vliv faktoru hnojivo na výškové přírůsty smrku ztepilého (za období 1. a 2. roku po aplikaci).

U sazenic (B) se na kontrolní variantě projevil slabě vzrůstající, spíše stagnující výškový přírůst, což lze na této výzkumné ploše a u sazenic považovat za optimum, jak je patrné na Obr. 44. Tedy v prvním roce se průměrná hodnota výškového přírůstu pohybovala na 2 cm a na této hodnotě se ustálila i druhý rok.

Na Obr. 45 lze pozorovat, že jednotlivé střední hodnoty výškového přírůstu se navzájem odlišují. Velice pozitivních hodnot dosahuje Varianta SR+S2, jejíž střední hodnota výškového přírůstu se pohybuje kolem 4 cm, vzhledem ke kontrole se jedná o rozdíl cca 2 cm, což lze považovat u sazenic jako staticky významné. Mírnější pozitivní vliv je zaznamenán na variantě SR50+S2, která dosahuje průměrné střední hodnoty 3,6 cm. Zbylé varianty se vzhledem ke kontrole projevily jako statisticky nevýznamné,

jejich průměrné střední hodnoty nedosahují ani hodnot výškové přírůstu na kontrolní variantě, jedná se o F, V+S,Cu a SA+S2.

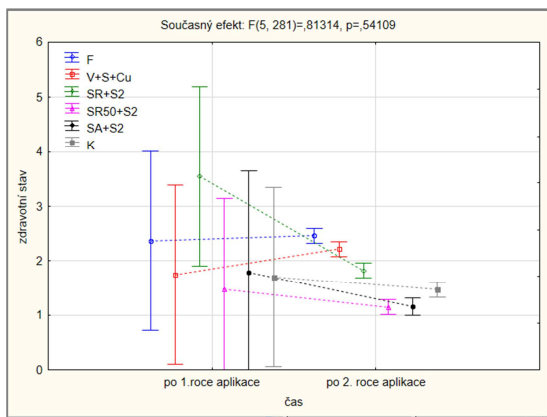
Dále z Obr. 46 je patrné, že v jednotlivých okamžicích měření nedošlo ke shodnosti středních hodnot výškového přírůstu (tedy mezi prvním a druhým rokem měření od aplikace).



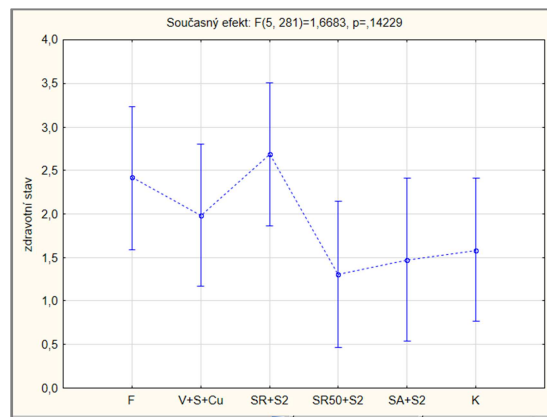
Obr. 46: Celkový vliv faktoru čas na výškové přírůsty smrku ztepilého (za období od 1. a 2. rok po aplikaci).

5.4 Vliv aplikovaných hnojiv na zdravotní stav (vitalitu)

5.4.1 Vliv u vyšších stromků (A - starší)



Obr. 47: Interakce faktorů čas a hnojivo - dynamika vlivu hnojiv na vitalitu smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci.

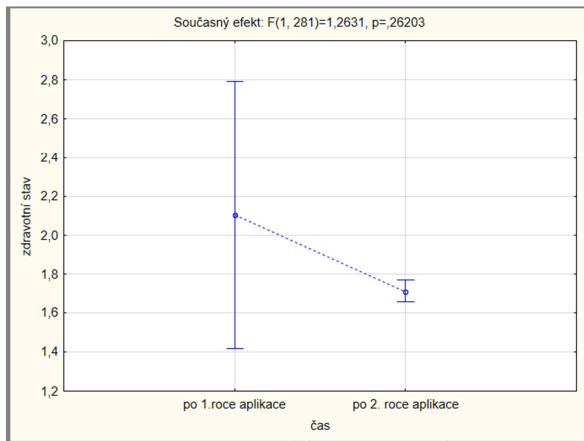


Obr. 48: Celkový vliv faktoru hnojivo na vitalitu smrku ztepilého (za období 1. a 2. roku po aplikaci).

Na kontrolní variantě podle Obr. 47 je zaznamenána mírně zlepšující se tendence, která se projevuje menší průměrnou hodnotou zdravotního stavu ve druhém roce od aplikace, což nasvědčuje pozitivnímu vlivu interakce času. V prvním roce se průměrná hodnota zdravotního stavu pohybuje na 2 a v druhém roce se snižuje na 1,5. Došlo tedy k nepatrnému zlepšení vitality a morfologické kvality nadzemní části.

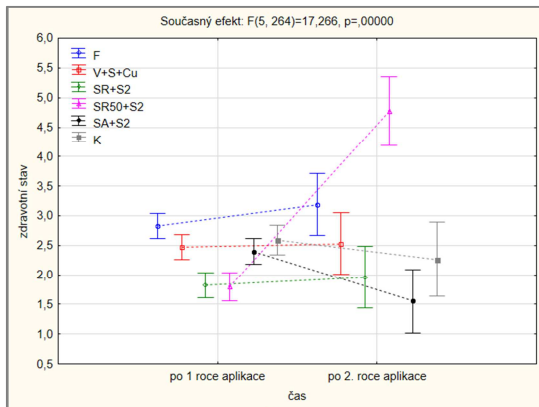
Na Obr. 48 je zřetelné, že jednotlivé hodnocení vitality a morfologické kvality nadzemní části se navzájem od sebe liší svými středními hodnotami. Nejlepší vitalitu vykazují stromky na variantě SR50+S2, kde se střední hodnota pohybuje na 1,25, což oproti kontrole vykazuje o malé procento lepší zdravotní stav. Podobně je na tom i varianta SA+S2 (1,5). Nutno ale podotknout, že se jedná jen o velmi malé rozdíly, ale v rámci této výzkumné plochy lze jim již dát pozitivní význam. Negativní vliv je zaznamenán na zbývajících variantách. Na variantě SR+S2 se prokázala nejhorší vitalita a morfologická kvalita nadzemní části, průměrná střední hodnota dosahuje 2,7, což znamená, že stromek je středně deformovaný a poškozený a má sníženou vitalitu.

Na Obr. 49 se ukázalo, že zdravotní stav mezi prvním a druhým rokem od aplikace se vzájemně liší. V prvním roce se průměrná hodnota vitality a morfologie nadzemní části pohybovala okolo hodnoty 2,1, kdežto ve druhém roce se zlepšila na 1,7. Byl zde tedy zaznamenán stav ve zlepšení vitality u všech používaných variant.

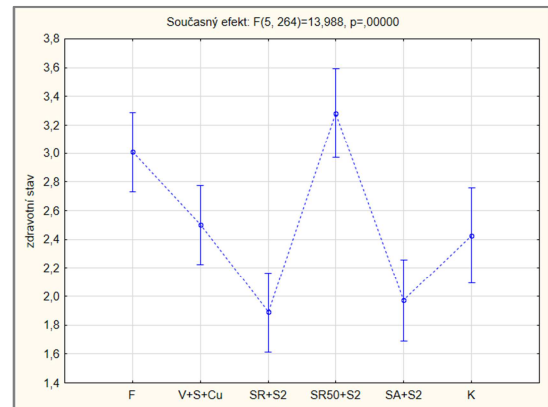


Obr. 49: Celkový vliv faktoru čas na vitalitu smrku ztepilého (za období od 1. a 2. rok po aplikaci).

5.4.2 Vliv u sazenic (B – mladé sazenice)



Obr. 50: Interakce faktorů čas a hnojivo - dynamika vlivu hnojiv na vitalitu smrku ztepilého v 1. a 2. roce po aplikaci.

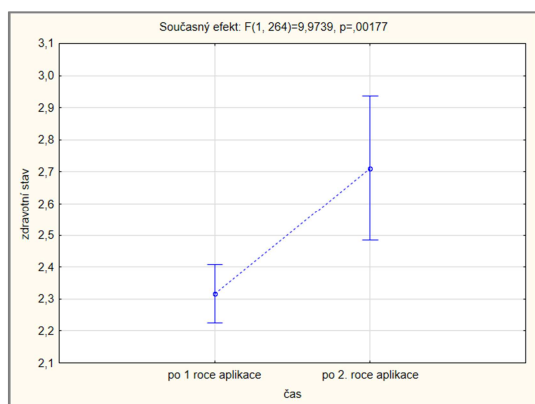


Obr. 51: Celkový vliv faktoru hnojivo na vitalitu smrku ztepilého (za období 1. a 2. roku po aplikaci).

Na kontrolní variantě u sazenic (B) se průměrné hodnoty mezi prvním a druhým rokem mírně liší, což lze posuzovat za pozitivní vliv, jak je patrné na Obr. 50. V prvním roce od aplikace se průměrná hodnota zdravotního stavu a morfologické kvality pohybovala na úrovni 2,6, kdežto u druhého roku po aplikaci se tato průměrná hodnota snížila na 2,4, což lze posoudit jako mírný statistický význam.

Podle Obr. 51 se sazenice (B) na kontrolní variantě pohybují na průměrné hodnotě 2,4 ve zdravotním stavu a morfologické kvality nadzemní části za oba roky od aplikace. Nejlepšího pozitivního vlivu dosáhly průměrné hodnoty variant SR+S2 (1,9) a SA+S2 (2,0). U těchto variant je zřejmá velmi vysoká statistická významnost v jednotlivých letech aplikace, protože se prokázal nejlepší vliv daných hnojiv.

Negativní vliv se projevil u hnojných variant SR50+S2 (3,3) a F (3,0), tyto stromku tedy vykazovaly značnou deformaci nadzemní části a viditelně sníženou vitalitu sazenic. Podobné průměrné hodnoty jako kontrola dosahovala varianta V+S,Cu (2,5).

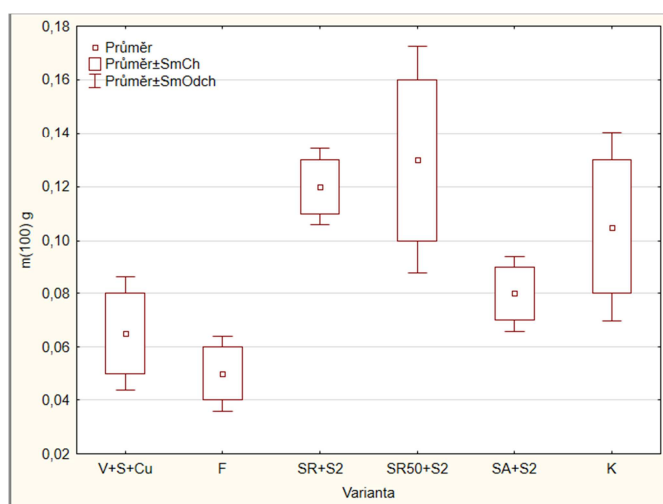


Obr. 52: Celkový vliv faktoru čas na vitalitu smrku ztepilého (za období od 1. a 2. rok po aplikaci).

Na dalším Obr. 52 je bohužel patrné, že zdravotní stav a morfologická kvalita nadzemní části se na všech variantách nezlepšila. Za první rok po aplikaci se průměrná hodnota ustálila na úrovni 2,3, kdežto ve druhém roce se tedy zdravotní stav zhoršil na průměrnou hodnotu 2,7.

5.5 Vliv aplikovaných hnojiv na váhu jehlic smrku ztepilého

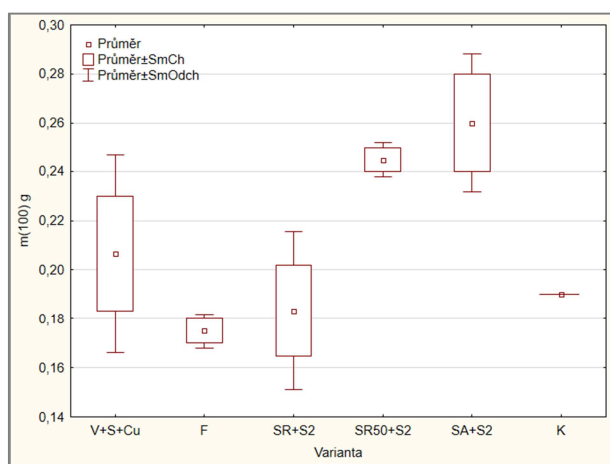
5.5.1 Vliv u vyšších stromků (A- starší)



Obr. 53: Vliv hnojivových přípravků na váhu jehlic ošetřených sazenic smrku ztepilého (A) po 2. roce od aplikace

Na Obr. 53 je možné vidět váhu 100 jehlic (vysušené do konstantní hmotnosti) po aplikaci hnojiv na jednotlivých parcelách po dvou letech. Na kontrolní variantě se průměrná hodnota pohybovala na úrovni 0,11 g. Statisticky významné se po této analýze ukázaly hnojivé varianty Silvamix[®] R30S (SR+S2) a Silvamix[®] R50S (SR50+S2). Na těchto plochách dosahovaly průměrných hodnot SR+S2 0,13 g a na variantě SR50+S2 0,12 g. Na ostatních variantách se medián vzhledem ke kontrole projevil zcela menšími hodnotami po zvážení jehlic. Na hnojené parcele Vermaktil Stimul (V+S+Cu) se pohybovala průměrná hodnota kolem 0,06 g, u Silvamix[®] Forte (F) 0,05 g a u Agluformu 90S (SA+S2) 0,08 g.

5.5.2 Vliv u mladých sazenic (B)



Obr. 51: Vliv hnojivových přípravků na váhu jehlic ošetřených mladých sazenic smrku ztepilého (B) po 2. roce od aplikace.

Podle Obr. 51 se na kontrolní variantě váha jehlic smrku ztepilého pohybovala na průměrné hodnotě 0,19g. Statisticky významné se ukázaly varianty SR50+S2 (0,25 g) a SA+S2 (0,26 g). Mírný pozitivní vliv se projevil na variantě V+S+Cu, zde se průměrná hodnota pohybovala na 0,21 g. Negativní vliv byl pozorován u parcel F (0,17 g) a SR+S2 (0,18 g).

6 Diskuse

6.1 Vliv aplikovaných hnojiv na dusík

Podle Bergmanna (1988) se optimální hranice ve výživě dusíkem v sušině jehličí pohybuje u smrku ztepilého v rozmezí 1,3 – 1,7 %. V rámci této práce bylo zjištěno, že se na výzkumné ploše obsah dusíku v biomase jehličí pohybuje pod spodní hranicí optimální hodnoty a to v rámci kontrolní varianty. Přesto, že na této výzkumné ploše v Krušných horách, byla použita hnojiva řady Silvamix[®] a enzym (Vermaktil Stimul), která mají určité zastoupení této živiny ve svém složení, došlo ve výživě dusíkem k minimálnímu ovlivnění, což uvádí např. Vavříček et al. (2011). Tuto hypotézu potvrdili i výsledky zjištěné v Krušných horách od Lomského (2003).

Z řady hnojiv Silvamix[®] se statisticky významně na výživu nejvíce uplatnila varianta Silvamix[®] R50S, která značně svou průměrnou hodnotou převýšila kontrolní plochu. Kladný vliv tohoto hnojiva na výživu dusíkem v Hrubém Jeseníku potvrdil ve své práci Vavříček et al. (2012).

Výsledek této práce se ve svém zjištění liší od výsledků jiných autorů, například Pecháčka (2013), který v oblasti Hrubého Jeseníku během své práce zjistil významný podíl této živiny na výzkumných plochách.

U tohoto prvku se nejčastěji posuzuje jeho poměr k vápníku (N/Ca) a dále k hořčíku (N/Mg). Na všech hnojných parcelách se tyto poměry pohybují pod kritickou hranicí. Na této výzkumné ploše došlo ke skarifikaci půdního prostředí, proto je zde nedostatek humusových látek a je zde obrovský obsah vápníku a hořčíku. Tento vysoký nepoměr živin se následně projevuje i v samotné výživě.

6.2 Vliv aplikovaných hnojiv na fosfor

Vacek et al. (2006) uvádí ve své studii, že nedostatek této živiny s minimálním zastoupením draslíku a hořčíku má značný vliv na vitalitu a vývoj smrkových porostů v horských oblastech. Na výzkumné ploše se hodnota zastoupení této živiny prokázala velmi nad limitní ve vztahu ke kontrole, jelikož podle Bergmanna (1988) se optimální hranice nachází v rozpětí 0,13 – 0,25%. Tedy tyto výsledky se vylučují v této oblasti s výzkumnými šetřeními Vavříčka et al. (2008), ve kterých uvádí výrazný deficit této

složky ve většině pohraničních pohoří. V publikaci od Šrámka et al. (2013) je uvedené, že v Jizerských horách je nižší obsah fosforu než v Krušných horách.

Velice pozitivně se zde projevilo hnojivo Silvamix[®] Forte a to velmi výrazným zvýšením obsahu v živinné formě pro odrůstající kultury. Ke stejnému výsledku dospěl i Lomský (2003), který zjistil průměrný nárůst této živiny v prvním o 85 % a ve druhé ročníku jehlic o 60%. Vavříček et al. (2010) ve své práci uvádí obdobné zhodnocení této živiny. V jeho šetření se také významným podílem na zvýšení obsahu fosforu v živině pro smrk ztepilý podílí Silvamix[®] R a Silvamix[®] Forte. Bohužel v šetření této práce se dospělo k závěru, že zde nemá takový statistický vliv taktéž i varianta Agluform 90S.

V roce 2011 uvádí Vavříček et al. (2011) v jedné ze svých výzkumných prací, že po využití hnojiv řady Silvamix[®] při bodové aplikaci v Krušných horách byl na výzkumných plochách zjištěn nižší obsah fosforu než na kontrolní variantě. Vzhledem ke zjištěným výsledkům po dvou letech aplikací hnojiv řady Silvamix na mé výzkumné ploše došlo na jednotlivých hnojných parcelách k opačnému výsledku vzhledem ke kontrole než v již zmíněné práci uvádí Vavříček et al..

6.3 Vliv aplikovaných hnojiv na draslík

Draslík má důležitý význam pro intenzivní odrůstání smrku ztepilého. Draslík se může objevit vedle fosforu jako velice limitující živina pro zdravotní stav a vývoj smrkových porostů v oblasti Českého lesa, jak uvádí ve své práci Jandl et al. (2001). Na výzkumné ploše, která byla hlavním předmětem zkoumání této práce, se ukázal obsah draslíku jako vysoce nadlimitní a to kontrolní ploše (5,4 – 6,0 g K/kg⁻¹). Z hlediska klasifikační stupnice dle Bergmanna (1988) se pozitivní hodnoty této živiny nacházejí v rozmezí 0,5 – 1,2 g K/kg⁻¹.

Podle disertační práce Pecháčka (2013) se na téměř všech jeho výzkumných plochách po aplikaci hnojiv Silvamix[®] R a Silvamix[®] Forte zvýšil po prvních třech letech od aplikace obsah draslíku. Na výzkumné ploše rozebírající v této bakalářské práci se potvrdil zvýšený obsah této živiny jen u Silvamixu[®] Forte, u kterého průměrná hodnota překročila vysoce průměrnou hodnotu na kontrolní variantě, je tedy vysoce statisticky významné. Pozitivní vliv se také prokázal u hnojiva Agluform 90S. U zbylých variant nedošlo k žádnému navýšení oproti kontrolní parcele.

Ve studiích Vavříčka et al. (2010, 2011) se jako pozitivní hnojivo na rozhrnutých valech Krušných hor ukázal Silvamix[®] R, jedná se o hnojivo s vyšším množstvím daného prvku v látkovém složení, toto se při analýzách na této výzkumné ploše nepotvrdilo.

Lomský et al. (2003) ve své studii uvádí, že po využití sypkého hnojiva Silvamix[®] F4 se obsah draslíku v jehličí charakterizoval dobrou výživou, aplikace hnojiva v zvýšila obsah draslíku v obou ročních jehličí a to o 33 % a 11 %, jeho výzkum byl proveden v Krušných horách na LS Kraslice.

U draslíku se většinou sleduje poměr foliárních koncentrací vzhledem k vápníku a hořčíku. U poměru K/Ca na všech hnojných parcelách došlo k poklesu pod kritickou hodnotu 2. Na těchto plochách dochází patrně k potlačení příjmu draslíku a to díky tomu, že je zde zvýšené množství vápníku ve výživě. Kdežto poměr mezi draslíkem a hořčíkem se na hnojných parcelách pohybuje v optimálním rozmezí $K/Mg = 2 - 15$.

6.4 Vliv aplikovaných hnojiv na vápník

Na výzkumné ploše byl zjištěn vysoký nárůst vápníku v biomase jehličí. Tento nárůst byl nejvíce zřetelný na hnojných parcelách, kde se použilo hnojivo Silvamix[®] Forte a Enzym, ale jedná se o hnojiva, která ve svém složení vápník mají, ale ve vysoké míře podporují jeho příjem smrkem ztepilým. K tomuto závěru dospěl ve svém šetření také Pecháček (2013) na výzkumných plochách v Hrubém Jeseníku, dále ve své práci uvádí vyšší příjem této živiny hnojiva Silvamix[®] R + stimulátor ve srovnání s kontrolou. V této práci zaměřené na výzkumnou plochu v Krušných horách se toto hnojivo projevilo velmi nízkým příjmem vápníku, ale stále ve vyšším rozmezí na rozdíl od kontroly.

Výrazné zvýšení vápníku u Enzymu (Vermaktil Stimul) také potvrzuje práce Vavříčky et al. (2012) v PLO Hrubý Jeseník na výzkumné ploše Ostružná. Lomský ve svých studiích (2006 a 2003) uvádí zvýšené stimulaci výživy vápníkem po aplikaci vícesložkového hořečnatého hnojiva Silvamix[®] F4, u kterého kromě jiné také došlo ke zvýšení foliárních koncentrací Mg, P a K, tato šetření prováděl na náhorní plošině Krušných hor a na LS Kraslice. Při jeho šetření došlo k nárůstu v první a druhém

ročníku jehličí o 16 % a 33 %. Jedno za dalších šetření zde provedl Vavříček et al. (2011), kdy bylo zjištěno, že po aplikaci Silvamixu[®] F nedošlo k navýšení této živiny.

U vápníku se harmonie ve výživě posuzuje podle poměru této živiny k draslíku (K/Ca) a k dusíku (N/Ca). Na všech hnojných variantách se tyto poměry pohybují podkritickou hranicí, tedy poměr vápníku je v nedostatku. U K/Ca je poměr pod hodnotou 2. U dalším poměru N/Ca se taktéž pohybuje pod spodní hranicí = 2.

6.5 Vliv aplikovaných hnojiv na hořčík

V roce 1999 se v oblasti západního Krušnohoří objevilo rozsáhlé žloutnutí smrkových porostů. Během vegetačního období navíc nedocházelo k regeneraci, ale naopak k usychání a opadávání jehlic- změny zdravotního stavu tedy byly v krátkodobém horizontu nevratné. Odběry jehličí v poškozených porostech ukázaly vážné nedostatky ve výživě hořčíkem. (Šrámek et al., 2003)

Při vyhodnocení průměrné hodnoty hořčíku obsaženého v sušině jehličí smrku ztepilého se v této práci použila klasifikace podle Bergmanna (1988), kde se průměrná hodnota pohybuje v rozmezí od 0,08 po 0,3 g Mg.k⁻¹. Při zohlednění této klasifikace se výsledky po statistickém zhodnocení u všech hnojiv a na kontrole pohybují v nad limitní hodnotě.

Na všech parcelách došlo k nárůstu hořčíku, ale jen tři z nich lze považovat za výrazně statisticky výrazné vzhledem ke kontrole. Jedná se o Silvamix[®] Forte, Vermaktil Stimul + Cu a Silvamix[®] R30S. V porovnání s prací Vavříčka et al. (2010), který prováděl výzkum na rozhrnutých valech Krušných hor a došel k výsledku, že Silvamix[®] F má malé zastoupení hořčíku. Výsledky této práce se dají srovnat s prací Pecháčka (2013), kterou prováděl v oblasti Hrubého Jeseníku a hnojiva Silvamix[®] F a Silvamix[®] R + stimulant se projevila výrazným vzestupem foliárního hořčíku na většině jeho výzkumných ploch. Dále se tyto výsledky dají srovnat s další prací Vavříčka et al. (2011), který v oblasti Krušných hor odzkoušel hnojiva Silvamix[®] Forte a Silvamix[®] R a zjistil, že nedošlo ke zvýšení foliární koncentrace této živiny, ale že naopak došlo k mírnému snížení vzhledem ke kontrole.

Hnojivo řady Silvamix[®] F4, které pro svou studii testoval Lomský et al. (2003), dospěl k závěru po odběru vzorků jehličí, že první ročník jehlic reagoval výrazněji na

aplikaci hnojiva než druhý ročník. Obsah v prvním ročníku této živiny vzrostl v průměru o 75 % a ve druhém ročníku o 43%.

Zde se harmonie ve výživě hodnotí podle poměru k draslíku a dusíku. Nedostatečný poměr ve výživě se projevil u N/Mg, kde se na všech parcelách tento poměr pohyboval pod kritickou hranicí = 2. Naopak u K/Mg se poměr ve výživě pohybuje v optimálních hodnotách (2-15).

6.6 Vliv aplikovaných hnojiv na síru

Poslední živinou je síra, která se v této práci posuzuje, která se při vyhodnocení výsledků statistickou analýzou pohybovala v nad limitu svou průměrnou hodnotou. Nejvíce statisticky významný se tento prvek projevil v hnojivu Silvamix® Forte. U hnojiv Silvamix® R30S, Silvamix® R50S a Agluform 90S se výsledky pohybují také v průměru výše než na kontrole, ale nepřisuzuje se jim takový pozitivní vliv jako u již jmenovaného hnojiva.

Podle studie Lomského et al. (2003), který testoval Silvamix® F4 na LS Kraslice, došlo logicky ke kulminaci obsahu síry v obou ročních jehličí a při podzimních odběrech zjistil vyšší obsah síry charakterizující slabou zátěž v oblasti imisemi síry.

Jiné výsledky pro tento prvek zatím nebyly zřejmě v žádné jiné studii či publikaci zveřejněny.

U síry se hodnotí harmonie ve výživě vzhledem k vápníku, hořčíku a dusíku. U poměru S/Ca se průměrná hodnota pohybuje pod spodní hranicí (<2), takto se tento poměr projevil na všech hnojných parcelách. Poměr mezi sírou a hořčíkem (S/Mg) se ukázal také pod spodní hranicí ve výživě. Jako poslední se hodnotil poměr mezi sírou a dusíkem (S/N). Tento poměr se pohybuje na všech hnojných parcelách v nadbytku, tedy nad optimální hranicí 0,03.

6.7 Vliv jednotlivých hnojiv na přírůst

Hnojiva řady Silvamix®

Na variantě, kde bylo použito hnojivo Silvamix® Forte, kde se nepotvrdil výrazný roční přírůst hlavního terminálu vzhledem ke kontrole. Podle studie Podrázského et al. (1999) se prvním rokem neprojevíly rozdíly mezi kontrolou a přihnojenou variantou, ale již druhým rokem byly rozdíly statisticky významné. Tohoto závěru dosáhl také Remeš et al. (2004).

Na výzkumné ploše byl zjištěn nejvyšší výškový přírůst právě na této variantě Silvamix® R30S. Tyto výsledky potvrzuje Vavříček et al. (2011) ve své studii, kde na těchto variantách taktéž došlo k nejvyššímu výškovému přírůstu.

Vliv živin hnojiva Agluform 90S na přírůsty hlavních prýtů u smrku ztepilého se po dvou letech aplikace ukázal jako zcela nevyhovující.

Výborné výsledky hnojiv řady Silvamix® jsou prokázány i ve studii Remeše et al. (2004), který zkoumal vliv těchto hnojiv Orlických a krušných horách. Podrázský et al. (1999) testoval tato hnojiva v lesních školkách, při výsadbě stanoviště náročných dřevin na degradovaná stanoviště i na extrémní imisní holině, kde prokázal příznivé působení na zlepšení růstu. Vhodnost těchto hnojiv pro přírůst potvrdil ve své správě i Fišer et al. (1990).

Vermaktil Stimul + Cu

Tato varianta se svým přírůstem hlavního terminálu projevila jako statisticky méně významná, kdežto měly stromy značný vzestup v růstu. K proti schůdnému zjištění došel Vavříček et al. (2010) ve své práci. Po aplikaci v Krušných horách došel k výsledku 50 % nárůstu přírůstů.

6.8 Vliv aplikovaných hnojiv na zdravotní stav

Hnojiva řady Silvamix®

V rámci této bakalářské práce se hodnotil zdravotní stav pro jednotlivé varianty na výzkumné ploše. Statistického významu nedosáhlo hnojivo Silvamix® Forte, což se výrazně liší s výsledky následující studie. Lomský et al. (2003) ve své studii potvrzuje, že při použití hnojiva Silvamix® F4, dochází ke zlepšení zdravotního stavu tj. revitalizaci postižených porostů žloutnutím smrku ztepilého.

K významnému negativnímu vlivu na zdravotní stav smrku ztepilého přispělo i hnojivo Silvamix® R30S oproti kontrole. Tyto výsledky jsou v rozporu se studiemi Vavříčka et al. (2010, 2011), který uvedl při aplikaci tohoto hnojiva, výrazné zlepšení stavu.

Podrázský et al. (1999) ve své správě uvádí, že hnojiva řady Silvamix® projevila jako účinný prostředek meliorace lesních půd a zlepšení zdravotního stavu lesních porostů.

Vermaktil Stimul + Cu

Toto nové organominerální hnojivo se na této variantě v působení na zdravotní stav smrku ztepilého se prokázalo jako významné vzhledem ke kontrole. Tento výsledek se dá srovnat s publikací Vavříčka et al. (2010).

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, jestli se v oblasti skarifikovaných degradací Krušných hor ukáže pozitivní přínos vybraných hnojiv po bodové aplikaci ve výsadbě smrku ztepilého (*Picea abies*/L./Karst.). Tato hnojiva byla vyzkoušena na výzkumné ploše, na které bylo založeno 5 přihnojených variant a jedna kontrola. U této výzkumné plochy se po oba roky pravidelně odebíraly vzorky půdy a jehličí z nejmladšího přírůstu ke konci vegetačního období. Nadále se každý rok měřil celkový přírůst vrcholových prýtů a hodnotil zdravotní stav a morfologická kvalita nadzemní části. U jednotlivých hnojiv byl každý rok vyhodnocován jejich účinek ve výživě mladých sazenic (B) a vzrostlých stromků (A). Z výsledků je možné vyvodit následující závěry:

U hnojiva Silvamix[®] Forte byl za dva roky aplikace vyhodnocen v biomase jehličí u vzrostlých stromků (A) vysoký nárůst fosforu, draslíku, vápníku a síry. Mírným nárůstem se projevil svým obsahem hořčík a žádný vzrůst se naopak neprojevil u dusíku. Vzhledem ke kontrole zde byly naměřeny menší průměrné hodnoty v přírůstech hlavního prýtu. Vliv tohoto hnojiva na vitalitu neměl vůči kontrole žádný vliv. U mladých sazenic (B) se v sušině jehličí značně projevil větší podíl fosforu, draslíku a hořčíku. Pro přírůst hlavního terminálu a vitalitu je statistické vyhodnocení stejné jako u vzrostlých stromků (A).

Vliv Vermaktilu Stimul + Cu se za oba roky aplikace projevil u vyšších stromků (A) vysokým nárůstem ve výživě fosforem, vápníkem a hořčíkem. Vzhledem ke kontrole se zdravotní stav a přírůst prokazatelně nezlepšil. Výrazně se toto hnojivo u sazenic (B) zvýšilo v příjmu živiny hořčík a mírným nárůstem fosforu. Stejně jako u vyšších stromků (A) se tato varianta hnojiva prokázala i na každoročním přírůstu a zhodnocení vitality.

Varianta hnojiva Silvamix[®] R30S u vzrostlých stromků (A) se významně podílela zvýšením živin v příjmu hořčíku, u zbývajících živin zde byl jen mírný nárůst. Mírné zlepšení přišlo u přírůstu hlavního terminálu vůči kontrole, ale je zde velice

špatný zdravotní stav stromků. U sazenic (B) se v biomase projevil nejvýznamněji nárůst dusíku. Na rozdíl od vzrostlých stromků (A) se zde projevil značný nárůst hodnot po změření průměrných přírůstů terminálů vzhledem ke kontrole, taktéž se i sazenice projevíly výborným zdravotním stavem.

Vzrostlé stromky (A) se u varianty Silvamix[®] R50S v biomase jehličí projevíly nejvýraznějším vzrůstem ve výživě dusíkem, u ostatních to není parné v tak značné míře. Vůči kontrole zde byly naměřeny velice nízké přírůsty, ale zdravotní stav byl výrazně lepší. U sazenic (B) byl zjištěn největší přírůst v sušině jehličí u výživy dusíkem, fosforem a draslíkem. Vzhledem ke kontrole se u sazenic (B) zvýšil přírůst hlavního prýtu, ale vitalita se značně zhoršila.

Na variantě Agluform byl zjištěn u vyšších stromků (A) zvýšený podíl v sušině jehličí draslíku, vápníku, hořčíku a síry. Vliv tohoto hnojiva na vývoj ošetřených stromů nebyl příliš výrazný vzhledem ke kontrole. Došlo také ke zlepšení zdravotního stavu a morfologické kvality nadzemní části. U sazenic (B) se projevíly výrazným zvýšením všechny živiny až na vápník, který je značně nízký. Přírůst hlavního terminálu nebyl také vlivem tohoto hnojiva příliš výrazný vůči kontrole. Zdravotní stav zde vyšel statisticky velice výborný.

V předešlé části byl sesumarizován převažující vliv vybraných hnojiv na celé výzkumné ploše. Je zde nutno podotknout, že vliv jednotlivých hnojiv je modifikován půdním prostředím. Dále zde v 7. LVS probíhá řada extrémních faktorů, které ovlivňují vývoj a odrůstání smrku ztepilého. Po vypracování jednotlivých statistických analýz je možné usoudit, že když se zvolí správné hnojivo pro jeho bodovou aplikaci v Krušných horách, tak bude mít značný vliv na podporu výživy, odrůstání a vitality nadzemní části smrku ztepilého.

Summary

The aim of this bachelor's thesis was to find out if in the area scarification degradation of the Ore mountains will show a positive contribution of selected fertilizers after the spot application in the planting of Norway spruce (*Picea abies/L./Karst.*). This fertilizer has been tried in the research area, on which was based a 5 fertilizer variants and one control. In this research area after the two years regularly take soil samples and pine needles from the youngest increment to the end of the growing season. Continue to each year of measured total growth of apical shoots, and evaluated health status, and morphological quality of the above ground parts. For each fertilizer each year evaluated their effect in the nutrition of seedlings (B) and mature trees (A). From the results it is possible to draw the following conclusions:

The fertilizer Silvamix[®] Forte was for two years the application has been evaluated in the biomass of pine needles on mature trees (A) high increase of phosphorus, potassium, calcium and sulfur. A slight increase is manifested in its content of magnesium and no growth on the contrary, expressed in nitrogen. Relative to the control, there were measured a smaller average values in the growths main terminals. The effect of this fertilizer on the vitality had to control no effect. For seedlings of (B) in the dry matter of the needles considerably showed a larger proportion of phosphorus, potassium and magnesium. For the growth of the main terminal and vitality is the statistical evaluation same as for mature trees (A).

The influence of Vermaktil Stimul + Cu for both years, the application manifested in the higher trees (A) a high increase in the nutrition of phosphorus, calcium and magnesium. Due to the control of health state and growth demonstrably improved. Significantly this fertilizer for seedlings (B) increase in intake of the nutrients

magnesium and to a slight increase in phosphorus. As well as in the higher trees (A) this variant of the fertilizer shown on the annual increment and the evaluation of the vitality.

Variant of the fertilizers Silvamix[®] R30S for mature trees (A) contributed significantly to the increase of nutrients in the intake of magnesium, for the remaining nutrients there was only a slight increase. A slight improvement came at the increment of the main terminal to check, but there is a very bad health condition of the trees. For seedlings of (B) in terms of biomass showed the most significant increase in nitrogen. Apart from the mature trees (A) are here exhibited significant increase in values after measuring the average growths terminals relative to the control, also even the seedlings have shown excellent state of health.

Mature trees (A) the variations of the Silvamix[®] R50S in the biomass of pine needles showed the most significant increase in nutrition with nitrogen, for the other it is not sweltering in a considerable extent. Against the check here were measured very low growths, but health status was significantly better. For seedlings of (B) was detected the largest growth in dry weight of pine needles for nutrition with nitrogen, phosphorus and potassium. Relative to the control in seedlings (B) increased growth of the main terminals, but vitality has greatly deteriorated.

On the variant of Agluform 90S was detected in the higher trees (A) an increased share in the dry matter of the needles of potassium, calcium, magnesium and sulfur. The influence of fertilizers on the development of the treated trees was not too significant relative to the control. There was also an improvement of the health status and the morphological quality of the above ground parts. For seedlings of (B) revealed a significant increase in all nutrients except for calcium, which is considerably low. Growth of the main terminal was also the influence of this fertilizer too significant against the control. Health status, here came out a statistically very good.

In the previous section was to summarize the prevailing effect of selected fertilizers on the entire research area. It is here to be noted that the influence of each fertilizer is modified by the soil environment. Furthermore, here in 7. LVS currently underway a number of extreme factors, that influence the development and growth of Norway spruce. After the development of various statistical analyses, it is possible to conclude that when you choose the right fertilizer for his dot application in the Ore

mountains, so will have a significant impact on the promotion of nutrition, growths and vitality in Norway spruce.

8 Literární přehled

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

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

DEMEK, J., 1987. Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 476 s.

Fišer, B. et al. 1990, Zpráva o výsledku ověření funkčnosti pomalu rozpustných hnojivých tablet Silvamix při dohnojování lesních výsadeb, [<http://www.silvamix.com/clanky/39/clanek/44/cz/zprava-o-vysledku-overeni-funkčnosti-pomalu-rozpustnych-hnojivych-tablet-silvamix-pri-dohnojovani-lesnich-vysadeb>]

Henek, M., Dymak, R. 2011, Role organické hmoty v půdě a požadavky na moderní substráty, In: Zahradnictví, sv. 2 č. 1, s. 56 – 57.

Hynek, V. et al. 2001, Degradace lesních půd, Lesnická práce č. 1, s. 73

JANDL, R., GLATZEL, G., KATZENSTEINER, K., ECKMULLNER, O., 2001. Amelioration of magnesium deficiency in a Norway spruce stand (*Picea abies*) with calcined magnesite. Water, air and Soil Pollution, 125: 1–17.

JIRGLE, J., 1984. Příčiny chřadnutí některých kultur náhradních dřevin v Krušných horách. Zprávy lesnického výzkumu, 2: 15–21.

Kincl, L. et al., 2008, Biologie rostlin, Fortuna Praha, s. 304.

Klimo, E. 2003, Lesnická pedologie, MZLU v Brně, s. 259.

KREUTZER, K. 1995. Effects of forest liming on soil processes. *Plant and Soil*, 168-169: 447–470 s.

Lomský, B. et al. 2003, Hnojení lesů v ČR v letech 2000 – 2002, In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR, Kostelec nad Černými lesy: lesnická práce, s. 8 – 16.

LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V., MAXA, M., 2006. Fertilizing measures to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, Issue SPEC. ISS: 65–72 s.

Nárovec, V., Kubíček, J. 2004, Komerční prezentace pro malorozpustná hnojiva řady Silvamix. [<http://vulhm.opocno.cz/silvamix.html>]

NÁROVEC, V., 2004. Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. *Lesnická práce*, 3: s. 128–129.

Mauer, O., 2009. Zakládání lesů I, MZLU v Brně, s. 172

Němeček, J., 2001, Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, ČUZ Praha spolu s VÚMOP Praha, s. 78

Pecháček, J. 2013, Optimalizace intaktního půdního prostředí horských poloh (7. - 8. LVS) bodovou technologií a vybranými tableťovanými hnojivy při obnově lesa v oblasti Hrubý Jeseník PLO 27, Disertační práce, MZLU v Brně, s. 206

Podrázský, V. et al. 1999, Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix, *Lesnická práce* č. 2

Podrázský, V. et al. 1999, Výsledky zkušební aplikace lesních hnojiv řady Silvamix v lesním hospodářství, [<http://www.silvamix.com/clanky/39/clanek/50/cz/vysledky-zkusebni-aplikace-lesnich-hnojiv-rady-silvamix-v-lesnim-hospodarstvi>]

Podrázský, V. 2001, Humusové formy a jejich význam v revitalizaci lesních stanovišť v závislosti na vegetační stupňovitosti. In: Sborník konference „Problematika lesnické typologie III“. Kostelec nad Černými lesy: ČZU Praha, 140 s.

Podrázský, V. 2002, Účinky melioračních opatření a potencionálního využití v imisních oblastech ČR, In: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví, Praha: MZP, CGU Praha, s. 104 – 119.

Podrázský, V. 2003, Chemická meliorace v komplexu lesních opatření, In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR, Kostelec nad Černými lesy: lesnická práce, s. 6 – 7.

Podrázský, V., Remeš, J. 2004. Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix v lesních porostech 2004, Lesnická práce, č. 2., s. 71

Podrázský, V., Ulbrichová, I., Vacek, S. 2005, Application of Mg- fertilizers to prevent and to decrease Norway spruce yellowing, Praha: Journal of Forest Science, 6 s.

PROCHÁZKA, S., ŠEBÁNEK, J., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., KAMÍNEK, M., BORKOVEC, V., HRADILÍK, J., HAVEL, L., ONDŘEJ, M., PSOTA, V., LUXOVÁ, M., RAUSCHEROVÁ, L., SLADKÝ, Z., VIZÁROVÁ, G., ČÍŽKOVÁ, R., KLÍČOVÁ, Š., ROZKOŠOVÁ, V., 1997. Regulátory rostlinného růstu. Academia, Praha, 395 s.

Sloup, J., Salaš, P. 2007, kontejnery a substráty ve školkařské produkci, In: Zahradnictví č. 2., s. 56 – 57.

Šetlík, L. et al. 1998. Fyziologie rostlin, skripta JČU, s. 195

Šimek, M. 2003, Základy nauky o půdě, 3. biologické procesy a cykly prvků, 4eské Budějovice, s. 151.

Šrámek, V. et al 2013, Vývoj zdravotního stavu a minerální výživy smrkových mlazin v Jizerských horách v období snižování imisní zátěže, Zprávy lesnického výzkumu, 58, s. 66 – 77.

Šrámek, V. et al. 2003, vápnění lesních porostů v ČR v letech 2000 – 2004, In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR, Kostelec nad Černými lesy: lesnická práce, s. 17 – 21.

Šrámek, V. et al. 2008, Stav prostředí v Krušných horách, Lesnická práce č. 1, s. 72

VACEK, S., BALCAR, V., 2002. Strategy of forest restoration in the Czech part of „black triangle“. In: Gardiber E. S., Breland L.J. (ed), Proceedings of the IUFRO conference on restoration of boreal and temperate forests. Documenting forest restoration knowledge and practises in boreal and temperate ecosystems. Denmark, Vejle April 28 – May 2, 2002. B. m., Danish Centre for Forest, Landscape and Planning. 14 –148. Reports No. 11/2002.

VACEK, S., VANČURA, K., ZINGARY, C. P., JENÍK, J., SIMON, J., SMEJKAL, J., 2003. Horské lesy České republiky. Praha, Mze ČR, 310 s.

Vavříček, D. 2000, Využití tabletového hnojiva při revitalizaci lesních ekosystémů. In: Slodičák, M. Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Opočno: Výzkumný ústav lesního a vodního hospodářství a myslivosti, s. 151 – 160.

Vavříček, D. 2001, Půdní prostředí- významný stresový faktor náhorní plošiny Krušných hor, In: Slodičák, M. et al., Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách 1. vydání. Teplice: Lesy ČR, s 11 – 20.

Vavříček, D. 2002, Některá rizika vyplývající z povrchového vápnění lesních ekosystémů ve vyšších polohách, In: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd- limitující faktor současného lesnictví. Praha: MZP, CGU Praha, s. 118 – 120.

Vavříček, D. et al. 2005, Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa II. Díl. Brno, s. 45

Vavříček, D. et al. 2010. Revitalizace půdního prostředí valů 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa. [Závěrečná zpráva]. Brno, Mendelu, LDF, s. 54.

Vavříček, D. et al., 2011. Vliv hnojení na výživu a růst smrku ztepilého na lokalitě Špičák v oblasti Krušných hor, Zprávy z lesnického výzkumu, 2 : 130 – 136.

Vavříček, D. et al., 2012. Bodová revitalizace půdy při obnově lesa v 7.- 8. LVS v PLO Hrubý Jeseník. [Závěrečná zpráva]. Brno, Mendelu, LDF, 173 s.

Vavříček, D., Kučera, A- Základy lesnické pedologie, v tisku.

VAVŘÍČEK, D., PECHÁČEK, J., ŠIMKOVÁ, P., BALÁŽ, G., FORMÁNEK, P., 2008. Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa – V. díl. [Parciální realizační výstup Grantové služby LČR – 1/2003]. Brno, MZLU, 49 s.

Vavříček, D., Šimková, P. 2004, Komparace skarifikovaných ploch mezi valy a přirozeným edatopem 7. LVS Krušných hor. In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Opočno: Výzkumný ústav lesního a vodního hospodářství a myslivosti, s. 29 – 44.

WALKER, R. F., HUNT, C. D., 1992. Controlled release fertilizer effects on growth and foliar nutrient concentration of container grown Jeffrey pine and singleleaf pinyon. Western Journal of Applied Forestry, 7: 113–117.

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

9 Přílohy

Chyba: meziskup. PC = ,00541, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		1,6683	1,7133	1,5000	1,6383	1,3950	1,1233
1	F (A)		0,310202	0,001881	0,493439	0,000032	0,000000
2	V+S,Cu (A)	0,310202		0,000298	0,102809	0,000007	0,000000
3	SR+S2 (A)	0,001881	0,000298		0,006864	0,029368	0,000001
4	SR50+S2 (A)	0,493439	0,102809	0,006864		0,000095	0,000000
5	SA+S2 (A)	0,000032	0,000007	0,029368	0,000095		0,000034
6	K (A)	0,000000	0,000000	0,000001	0,000000	0,000034	

Obr. 6: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,00261, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		1,5617	1,3800	1,4783	1,6250	1,4750	1,2117
1	F (B)		0,000049	0,015284	0,052842	0,012390	0,000000
2	V+S,Cu (B)	0,000049		0,005944	0,000003	0,007330	0,000098
3	SR+S2 (B)	0,015284	0,005944		0,000323	0,911863	0,000001
4	SR50+S2 (B)	0,052842	0,000003	0,000323		0,000267	0,000000
5	SA+S2 (B)	0,012390	0,007330	0,911863	0,000267		0,000001
6	K (B)	0,000000	0,000098	0,000001	0,000000	0,000001	

Obr. 7: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B) po jednom roce od aplikace-- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,12359, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		6,0650	5,7783	5,6567	5,5150	5,9600	5,6883
1	F (A)		0,183251	0,067249	0,018964	0,614338	0,088202
2	V+S,Cu (A)	0,183251		0,560035	0,218883	0,388367	0,665356
3	SR+S2 (A)	0,067249	0,560035		0,498501	0,160878	0,878614
4	SR50+S2 (A)	0,018964	0,218883	0,498501		0,048795	0,409840
5	SA+S2 (A)	0,614338	0,388367	0,160878	0,048795		0,205557
6	K (A)	0,088202	0,665356	0,878614	0,409840	0,205557	

Tab. 8: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,04661, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		7,7383	5,8533	5,7617	6,5133	7,2283	5,5533
1	F (B)		0,000000	0,000000	0,000000	0,001495	0,000000
2	V+S,Cu (B)	0,000000		0,476208	0,000190	0,000000	0,033102
3	SR+S2 (B)	0,000000	0,476208		0,000059	0,000000	0,120489
4	SR50+S2 (B)	0,000000	0,000190	0,000059		0,000094	0,000006
5	SA+S2 (B)	0,001495	0,000000	0,000000	0,000094		0,000000
6	K (B)	0,000000	0,033102	0,120489	0,000006	0,000000	

Tab. 9: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,12018, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		5,8867	5,9800	5,4633	5,2283	5,7150	4,9750
1	F (A)		0,649333	0,056019	0,006468	0,407858	0,000660
2	V+S,Cu (A)	0,649333		0,024033	0,002743	0,210159	0,000298
3	SR+S2 (A)	0,056019	0,024033		0,263113	0,232524	0,031164
4	SR50+S2 (A)	0,006468	0,002743	0,263113		0,031642	0,229628
5	SA+S2 (A)	0,407858	0,210159	0,232524	0,031642		0,003051
6	K (A)	0,000660	0,000298	0,031164	0,229628	0,003051	

Tab. 10: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,05365, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		5,7517	5,5717	5,2667	5,1600	5,6317	5,6883
1	F (B)		0,203166	0,003471	0,000829	0,387175	0,644279
2	V+S,Cu (B)	0,203166		0,041618	0,009565	0,661656	0,400091
3	SR+S2 (B)	0,003471	0,041618		0,440569	0,018284	0,008325
4	SR50+S2 (B)	0,000829	0,009565	0,440569		0,004168	0,001925
5	SA+S2 (B)	0,387175	0,661656	0,018284	0,004168		0,679241
6	K (B)	0,644279	0,400091	0,008325	0,001925	0,679241	

Tab. 11: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PČ = ,00290, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		1,2717	1,3467	1,2217	1,0300	1,0883	,96500
1	F (A)		0,032847	0,133944	0,000005	0,000073	0,000000
2	V+S,Cu (A)	0,032847		0,001704	0,000000	0,000003	0,000000
3	SR+S2 (A)	0,133944	0,001704		0,000049	0,001057	0,000003
4	SR50+S2 (A)	0,000005	0,000000	0,000049		0,085286	0,058615
5	SA+S2 (A)	0,000073	0,000003	0,001057	0,085286		0,001877
6	K (A)	0,000000	0,000000	0,000003	0,058615	0,001877	

Tab. 12: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PČ = ,00317, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		1,4050	1,4817	1,2317	1,2683	1,4250	1,2100
1	F (B)		0,036271	0,000180	0,001230	0,550181	0,000063
2	V+S,Cu (B)	0,036271		0,000006	0,000027	0,107078	0,000002
3	SR+S2 (B)	0,000180	0,000006		0,281736	0,000068	0,518003
4	SR50+S2 (B)	0,001230	0,000027	0,281736		0,000422	0,098178
5	SA+S2 (B)	0,550181	0,107078	0,000068	0,000422		0,000025
6	K (B)	0,000063	0,000002	0,518003	0,098178	0,000025	

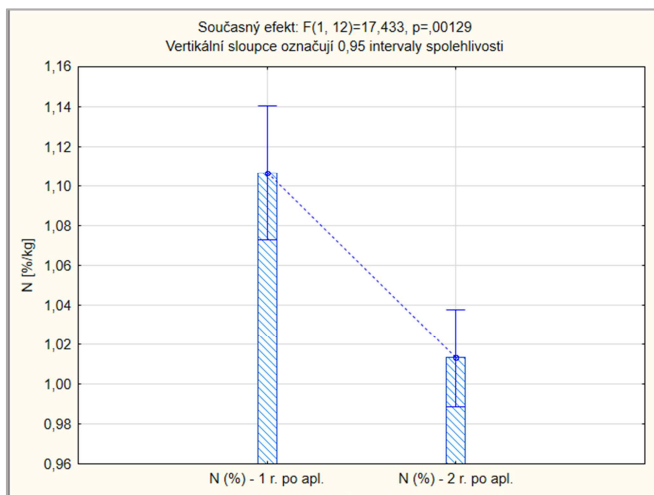
Tab. 13: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PC = ,00044, sv = 10,000						
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,96333	,73167	,52167	,83333	,55500
1	F (A)		0,000000	0,000000	0,000001	0,000000
2	SR+S2 (A)	0,000000		0,000000	0,000008	0,000000
3	SR50+S2 (A)	0,000000	0,000000		0,000000	0,020760
4	SA+S2 (A)	0,000001	0,000008	0,000000		0,000000
5	K (A)	0,000000	0,000000	0,020760	0,000000	

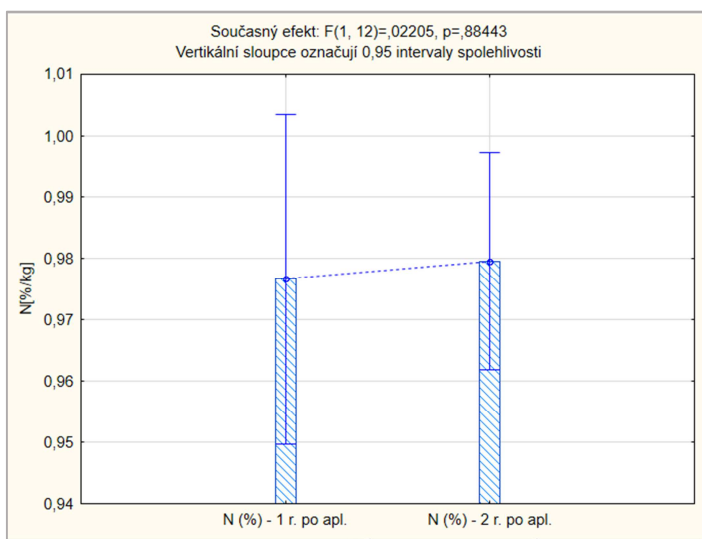
Tab. 14: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.

Chyba: meziskup. PČ = ,00014, sv = 12,000							
Č. buňky	Bojiště - varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		,53500	,51833	,57500	,51333	,64333	,56833
1	F (B)		0,033401	0,000090	0,008814	0,000000	0,000431
2	V+S,Cu (B)	0,033401		0,000003	0,484971	0,000000	0,000011
3	SR+S2 (B)	0,000090	0,000003		0,000001	0,000000	0,355628
4	SR50+S2 (B)	0,008814	0,484971	0,000001		0,000000	0,000004
5	SA+S2 (B)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000		0,000000
6	K (B)	0,000431	0,000011	0,355628	0,000004	0,000000	

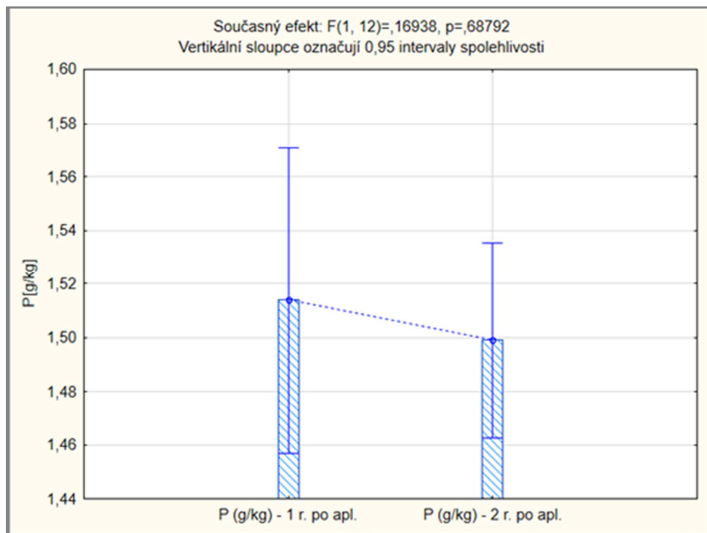
Tab. 15: Tukeyho vícenásobné porovnání jako výstup Anovy s opakovaným měřením, znázornění vlivu hnojiv na množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A) po jednom roce od aplikace- statisticky významné rozdíly vyznačeny červeně.



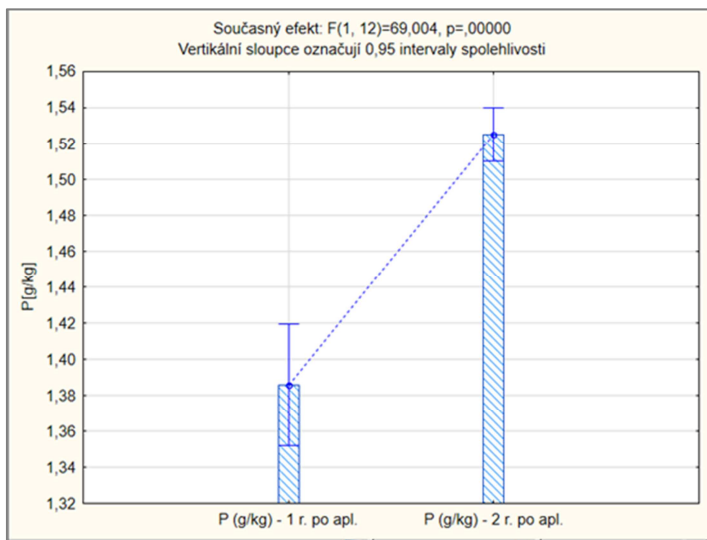
Obr. 7: Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A).



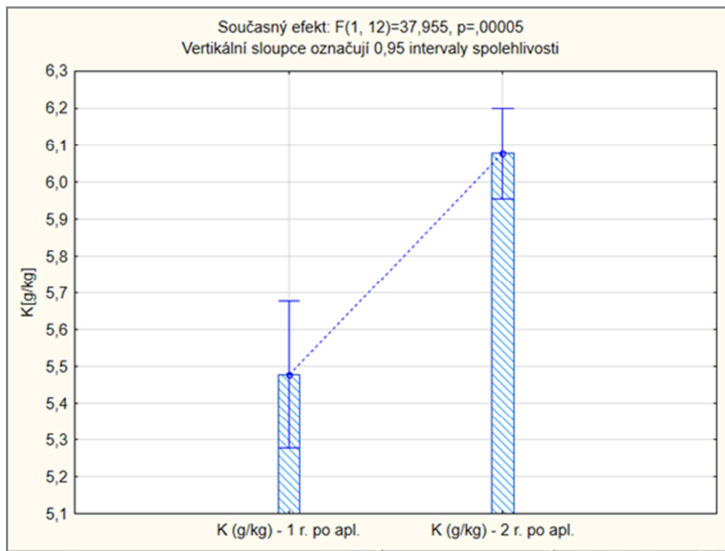
Obr. 8: Celkový vliv faktoru čas na obsah dusíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



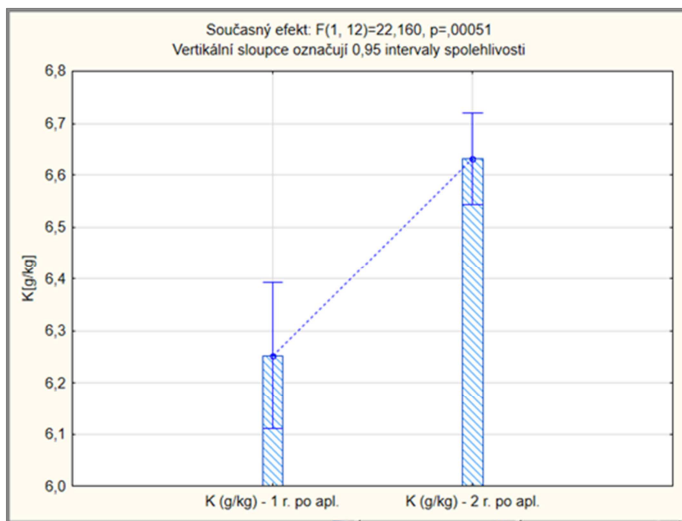
Obrázek 13: Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (A)



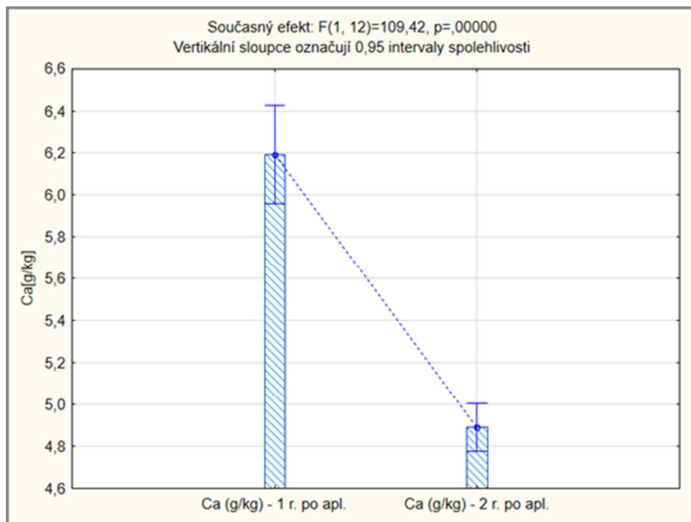
Obr. 14: Celkový vliv faktoru čas na obsah fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



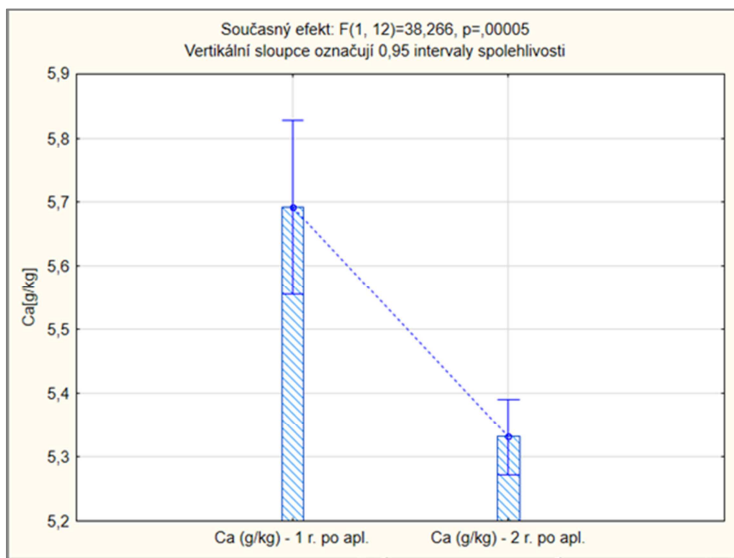
Obrázek 19: Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A)



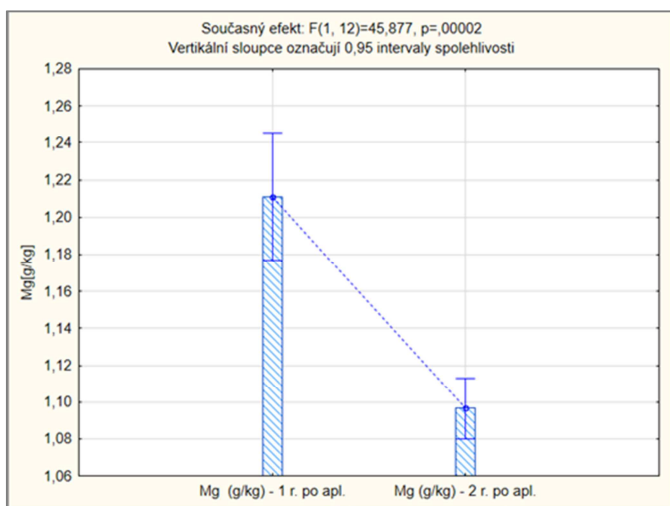
Obr. 20: Celkový vliv faktoru čas na obsah draslíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



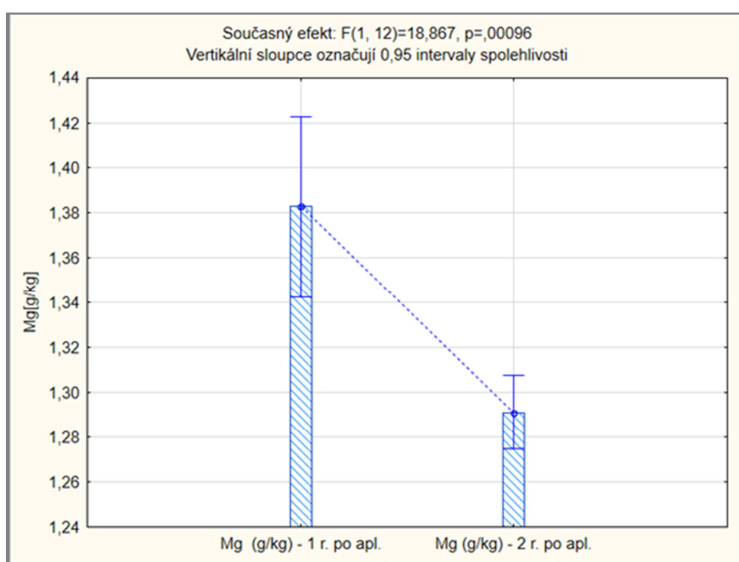
Obr. 25: Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého (A)



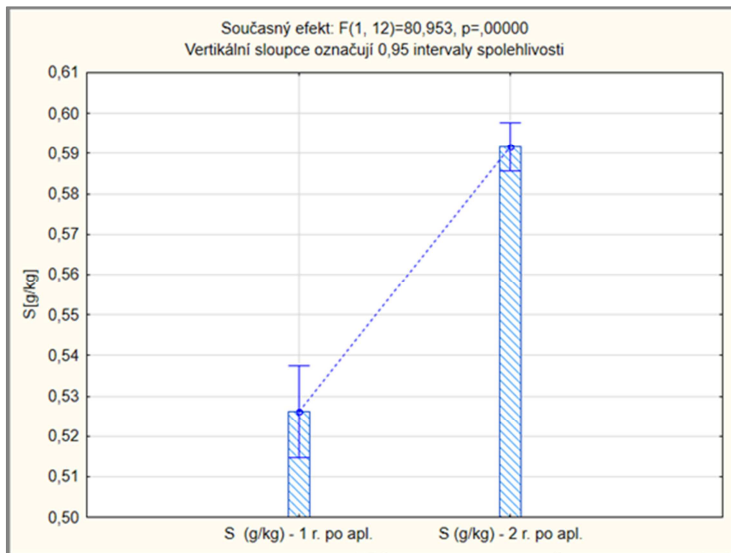
Obr. 26: Celkový vliv faktoru čas na obsah vápníku v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



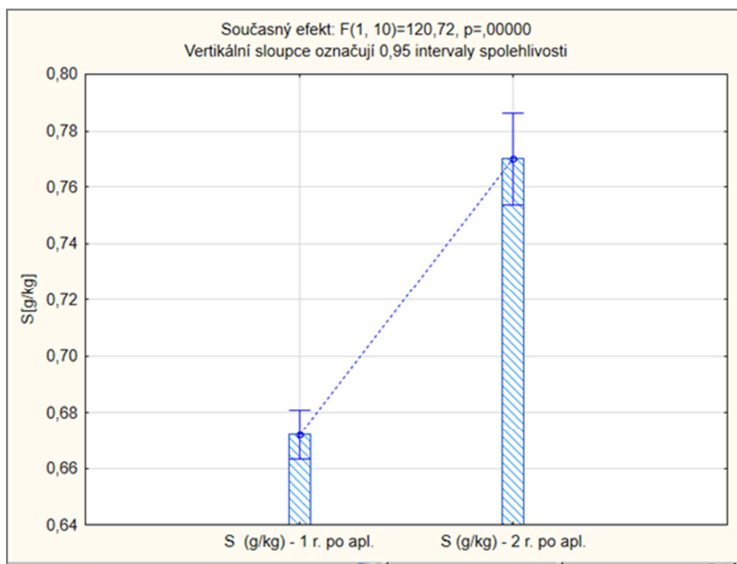
Obr. 31: Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (A)



Obr. 32: Celkový vliv faktoru čas na obsah hořčíku v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



Obr. 38: Celkový vliv faktoru čas na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého (B)



Obr. 37: Celkový vliv faktoru čas na obsah síry v sušině jehličí smrku ztepilého (A)