

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie



**Strom a půda: studium horizontální hloubky dosahu vlivu stromu
z pohledu biochemie**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

prof. Ing. Klement Rejšek, Csc.

Vypracoval:

Pavel Colledani

Brno 2017

Prohlašuji, že jsem práci Strom a půda: studium horizontální hloubky dosahu vlivu stromu z pohledu biochemie zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona c. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon c. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

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

V Brně, dne: 3.5.2017

Abstrakt: Obhajovaná bakalářská práce se zabývá arboristicky velmi moderní tematikou - půdní biochemií. Z širokého spektra analýz půdní biochemie si autor zvolil měření obsahů dvou nejběžnějších půdních aminokyselin, kyseliny asparagové a kyseliny glutamové a jejich obsahy měřil v povrchovém organominerálním humózním A-horizontu, hloubka 5 cm. Základní řešenou hypotézou byla možnost stejných závěrů pro obě studované aminokyseliny, tj. nalezení sjednocujícího parametru mezoklimatu stanoviště. Získané laboratorní výsledky toto prokázaly pro studijní plochu s nadprůměrnými srážkami, kdy bylo konstatováno, že pro obě studované aminokyseliny shodně platí, že není-li stanovištěně limitujícím nedostatek vody, pak obsahy těchto důležitých organických látek v půdě odpovídají nárůstu teplot na stanovišti, který se projevuje na získaných hodnotách jejich obsahů jak přímo, tak nepřímo. Vzhledem k tomu, že stromy rostoucí mimo les dnes nacházíme na člověkem změněných půdách s obecně nízkým obsahem organické hmoty, jsou to právě organické látky, které výrazně určují úrodnost těchto půd. Je proto důležité konstatovat, že tato studie má díky své těsné vazbě na půdní organickou hmotu a mezoklima stanoviště aktuální význam, přičemž získané výsledky dávají optimistický předpoklad pro pokračování a tím i zobecnění získaných poznatků pro jejich využití v oboru arboristika.

Klíčová slova: aminokyseliny, půdní horizont, půdní dusík, ekoton, les, louka, kyselina asparagová, kyselina glutamová

Abstract: This bachelor thesis is dealing with a topic of soil biochemistry, which is rather modern in arboriculture. The autor chose measuring of soils two most common aminoacids - glutamic acid and aspartic acid, in an A horizon and a depth od 5 centimeters. The basic hypothesis was to find a common conclusion for both of them. The hypothesis was proven on the the area with the most rainfall. If the location is not limited by the quantity of water, we can that organic matter in soil is dependant on temperatures at the location. Urban trees are almost always at soils altered by humans, with not much organicc material and organic matter is the only thing that makes the soils fertile. We have to state that this study is important for arboriculture because of the analysis relationship between soil and climate of the location.

Key words: aminoacids, soil horizon, soil nitrogen, ekoton, forest, meadow, aspartic acid, glutamic acid

Obsah

| | | |
|------------|---|----------|
| 1 | <u>SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY</u> | 1 |
| 1.1 | Ekoton | 1 |
| 1.1.1 | FUNKCE EKOLOGICKÁ | 1 |
| 1.1.2 | FUNKCE KULTURNÍ | 1 |
| 1.1.3 | FUNKCE PRODUKČNÍ | 1 |
| 1.2 | PŮDA | 1 |
| 1.2.1 | PŮDNÍ SLOŽKY | 2 |
| 1.2.1.1 | Pevná fáze | 2 |
| 1.2.1.2 | Kapalná fáze | 2 |
| 1.2.1.3 | Plynná fáze | 2 |
| 1.2.2 | PŮDNÍ TYPY | 2 |
| 1.2.2.1 | Půdy minerální (anorganické) | 3 |
| 1.2.2.2 | Půdy organické | 3 |
| 1.3 | PŮDNÍ HORIZONTY | 3 |
| 1.3.1 | ORGANICKÉ HORIZONTY | 3 |
| 1.3.1.1 | Anhydrogenní horizonty | 4 |
| 1.3.1.2 | Hydrogenní horizonty | 4 |
| 1.3.1.3 | Rašelinné horizonty | 4 |
| 1.3.2 | ORGANOMINERÁLNÍ HORIZONTY | 4 |
| 1.3.2.1 | Anhydrogenní horizonty A | 4 |
| 1.3.2.2 | Hydrogenní horizonty A | 5 |
| 1.3.3 | PODPOVRCHOVÉ HORIZONTY | 5 |
| 1.3.3.1 | Eluviální horizonty | 5 |
| 1.3.3.2 | Horizonty B | 5 |
| 1.4 | ORGANICKÁ HMOTA A PŮDNÍ ŽIVINY | 5 |
| 1.4.1 | MOR, MODER, MULL | 6 |
| 1.4.2 | PŘÍJEM ŽIVIN Z PŮDY | 7 |
| 1.4.3 | MYKORHIZA | 7 |
| 1.4.3.1 | Ektomykorhiza | 8 |
| 1.4.3.2 | Endomykorhiza | 8 |
| 1.5 | DUSÍK | 8 |
| 1.5.1 | FIXACE DUSÍKU V PŮDĚ | 8 |
| 1.5.2 | ORGANICKÝ DUSÍK | 9 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.5.3 | MINERÁLNÍ DUSÍK | 9 |
| 1.5.4 | MINERALIZACE A IMOBILIZACE..... | 9 |
| 1.5.4.1 | Mineralizace | 10 |
| 1.5.4.2 | Imobilizace | 11 |
| 1.5.4.3 | Poměr dusíku a uhlíku..... | 11 |
| 1.6 | AMINOKYSELINY V PŮDĚ..... | 12 |
| 1.6.1 | ADSORPCE AMINOKYSELIN | 13 |
| 1.6.2 | SYNTÉZA BÍLKOVIN | 13 |
| 2 | <u>VÝZKUMNÉ PLOCHY</u> | 13 |
| 2.1 | ŠKOLNÍ LESNÍ PODNIK MASARYKŮV LES KŘTINY..... | 13 |
| 2.2 | TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČESKÉ REPUBLIKY..... | 13 |
| 2.3 | PLOCHY | 14 |
| 2.3.1 | BUKOVINKA..... | 15 |
| 2.3.2 | PROKLEST, ORNÁ PŮDA | 16 |
| 2.3.3 | PROKLEST, LOUKA..... | 17 |
| 2.3.4 | RUDICE | 17 |
| 2.3.5 | KŘTINY | 18 |
| 3 | <u>METODY.....</u> | 19 |
| 3.1 | ODBĚR VZORKŮ | 19 |
| 3.2 | LABORATORNÍ POSTUPY..... | 19 |
| 4 | <u>VÝSLEDKY.....</u> | 21 |
| 4.1 | BUKOVINKA..... | 21 |
| 4.1.1 | KYSELINA ASPARAGOVÁ..... | 21 |
| 4.1.2 | KYSELINA GLUTAMOVÁ | 22 |
| 4.2 | PROKLEST, ORNÁ PŮDA | 22 |
| 4.2.1 | KYSELINA ASPARAGOVÁ | 22 |
| 4.2.2 | KYSELINA GLUTAMOVÁ | 23 |
| | | 23 |
| 4.3 | PROKLEST – LOUKA..... | 24 |
| 4.3.1 | KYSELINA ASPARAGOVÁ..... | 24 |
| 4.3.2 | KYSELINA GLUTAMOVÁ | 24 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.4 | RUDICE | 25 |
| 4.4.1 | KYSELINA ASPARAGOVÁ..... | 25 |
| 4.4.2 | KYSELINA GLUTAMOVÁ..... | 26 |
| 5 | <u>ZÁVĚR Z POHLEDU ARBORISTIKY</u> | 27 |
| 6 | <u>SUMMARY FROM A POINT OF VIEW OF ARBORICULTURE</u> | 30 |
| 7 | <u>SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY.....</u> | 31 |
| 7.1 | INTERNETOVÉ ZDROJE | 32 |
| 8 | <u>PŘÍLOHY</u> | 33 |
| 8.1 | MAPA LOKALIT | 33 |
| 8.2 | FOTODOKUMENTACE..... | 34 |
| 8.2.1 | BUKOVINKA..... | 34 |
| 8.2.2 | PROKLEST - ORNÁ PŮDA | 35 |
| 8.2.3 | PROKLEST - LOUKA..... | 36 |
| 8.2.4 | RUDICE | 37 |
| 8.2.5 | KŘTINY | 38 |
| 9 | <u>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKU</u> | 39 |
| 10 | <u>PODĚKOVÁNÍ</u> | 40 |

1 Současný stav řešené problematiky

1.1 Ekoton

Ekoton je hraniční zóna mezi dvěma nebo více ekosystémy (Menšík, 2005). Kvůli prolínání biocenóz má většinou silnější biodiverzitu a vhodnější podmínky pro organismy, než místa s jednou biocenózou (Hansen et al. 1988, Jeník 1995). Jako ekotonový efekt nazýváme situaci, kdy se na hranici biocenóz nachází více organismů než v hraničních biocenózách samotných (Menšík, 2005). Ekotony v krajině mají tři funkce – ekologickou, kulturní a produkční (Sklenička et al. 2003).

1.1.1 Funkce ekologická

Ekoton funguje jako úkryt pro organismy, jako biokoridor, jako nárazník pro klimatické podmínky, jako ekosystém, jako půdoochranný element a jako zóna, jež zprostředkovává ochrannou stabilitu (Sklenička, Pittnerová, 2003).

1.1.2 Funkce kulturní

Kulturní funkci můžeme chápat, jako hodnoty, které na ekotonu ocení člověk. Může si ho ocenit z pohledu historie, myslivosti, rekreace či z pohledu čistě estetického (Sklenička, Pittnerová, 2003). Pro člověka byl vždy nejvíce hodnotný ekoton okraje lesa, jelikož je pro něj výhodný z hlediska hospodářského, rekreačního i estetického (Sklenička, Pittnerová, 2003).

1.1.3 Funkce produkční

Kvůli zvýšené biodiverzitě v prostředí ekotonu řada zemědělců vykazuje lepší výsledky polního hospodaření než mimo ekoton (Sklenička, Pittnerová, 2003). Důvodem podle nich je hlavně zvýšený počet konzumentů plevelu, lepší opylování, silnější humusová vrstva a snížení výparu (Sklenička, Pittnerová, 2003).

1.2 Půda

Půda je jedinečný přírodní útvar, který vzniká vzájemným působením fyzikálních, chemických a biologických sil (Šantrůčková, 2014). Podle skript Šantrůčkové, která zde budou hojně citována, je půda výsledkem společného působení atmosféry, hydrosféry a biosféry na horniny zemského povrchu, čímž vzniká směs zvětralé zemské kůry, vody, vzduchu a organického materiálu. Půda je také prostředí, ve kterém žije velké množství různých organismů, ale je zároveň jejich produktem (Šimek, 2003). To znamená, že

organizmy v půdě žijí a zároveň ji spoluvytvářejí. Bez organismů by Země měla zvětralou zemskou kůru, atmosféru i vodu, avšak neměla by půdu. (Šimek, 2003). Půda je prostředím, ze kterého rostliny jakožto primární producenti čerpají vodu a živiny potřebné k růstu, a ve kterém jsou ukotvené (Šimek, 2003). Vavříček a Kučera (2014) definují půdu jako útvar, který je výsledkem rozpadu matečného materiálu a rozličných přeměn probíhajících pod vlivem různě kombinovaných atmosférických, biologických a mechanických faktorů v průběhu času.

1.2.1 Půdní složky

Půda je především složena z pevné složky, půdního roztoku a půdního vzduchu (Šantrůčková, 2014). Půdní roztok a vzduch zaplňují mezery mezi pevnými částicemi a tvoří okolo 50 % objemu půdy (Šantrůčková, 2014).

1.2.1.1 Pevná fáze

Pevná fáze (cca 45–55 % veškeré půdy) je tvořena minerálním a organickým materiálem. Minerální podíl představuje minerální částice různé velikosti, různé formy i různého uspořádání. Obecně se dělí na jíl, prach, písek a skelet složený z částic o velikosti zpravidla nad 2 mm, jako je hrubý písek, štěrk, kameny a balvany (Vavříček, Kučera, 2014).

Organický podíl se skládá z živých organismů, především z rostlin, živočichů, hub, mikroorganismů a nebuněčných organismů, dále z odumřelých organických zbytků a přeměněné, dekomponované a resyntetizované organické hmoty zvané humus (Vavříček, Kučera, 2014).

1.2.1.2 Kapalná fáze

Kapalná fáze tvoří zhruba 20–30 % půdního objemu (Vavříček, Kučera, 2014). Prakticky je to vodní roztok, jenž zabezpečuje u rostlin získávání živin a vody (Šimek, 2003). Koncentrace látek v roztoku je většinou pod 1 %, ale pro půdní reakce je důležité především jeho pH a celkový obsah vody v půdě (Šimek, 2003).

1.2.1.3 Plynná fáze

Vavříček a Kučera ve svých skriptech z roku 2014 uvádějí, že plynná fáze (cca 20–30 % půdního objemu) je složena ze základních plynů jako je kyslík, dusík, oxid uhličitý a vodní páry. Plyny se podle nich usazují v místech, které nezabírá voda.

1.2.2 Půdní typy

1.2.2.1 Půdy minerální (anorganické)

Pevný podíl minerálních půd tvoří především minerální částice (Šimek,2003). Anorganická složka je z hlediska zastoupení v půdě významná, jelikož se její obsah v půdě pohybuje přes 90 % (Vavříček, Kučera, 2014). Minerální složka je tvořena částicemi různých velikostí, od větších úlomků hornin a balvanů až po koloidní částice. Zastoupení jednotlivých velikostních skupin určuje texturu půdy (Šimek, 2003).

1.2.2.2 Půdy organické

U organických půd je pevný podíl tvořen z 15 nebo více procent organickými látkami (Šimek, 2003). Mrtvá organická hmota tvoří přibližně 84 % veškeré půdní organické hmoty, živé organizmy a kořeny 15 %. Z půdních organismů jsou nejvíce zastoupeny mikroorganizmy, například houby, bakterie, aktinobakterie a archea. Půdní živočichové různých velikostí tvoří jen zhruba 25 % biomasy všech živých půdních organismů (Šantrůčková,2014). Počet sloučenin, které se vyskytují v organických zbytcích, je rozmanitý a značný. Nejdůležitějšími a nejrozšířenějšími sloučeninami v půdě jsou cukry, jednoduché organické kyseliny, pryskyřice, tuky, vosky, třísloviny, celulóza, hemicelulózy, lignin, organické dusíkaté látky a popeloviny (Vavříček, Kučera , 2014).

1.3 Půdní horizonty

Vzhledem k tomu, že se popisovaný výzkum týkal pouze vzorků z lesních lokalit, představím zde pouze horizonty na lesních půdách. Horizont, tedy vrstvy půdy rovnoběžné s povrchem, lze rozlišit podle převládajících znaků (Vavříček, Kučera, 2014). Půdní horizonty se dělí do dvou kategorií, a to na horizonty půdní a diagnostické. Půdní horizonty zahrnují veškeré horizonty, které půdní profil obsahuje (Vavříček, Kučera, 2014). Vznikly působením půdotvorných procesů (Vokoun a kol., 2002). Diagnostické horizonty jsou naopak velmi specifické a půdy se podle nich taxonimicky zařazují (Vavříček, Kučera, 2014). Jsou to dobře rozeznatelné půdní horizonty s definovaným souborem vizuálních a analytických znaků (Vokoun a kol., 2002). Každý horizont je půdní, ale jenom některé jsou diagnostické (Vavříček, Kučera, 2014).

1.3.1 Organické horizonty

Organické horizonty tvoří nejsvrchnější vrstvy půdy a jsou hlavním prvkem lesní půdy. (Vavříček, Kučera, 2014). Obsahují více jak 20 % organických a humusových látek (Vokoun a kol., 2002). Označují se písmenem O (Vavříček, Kučera, 2014).

1.3.1.1 Anhydrogenní horizonty

Z názvu vyplývá, že anhydrogenní horizonty jsou horizonty, které nejsou ovlivněné vodou. Svrchní část androhydrogenních horizontů se nazývá horizont opadanky (Vokoun a kol., 2002). Jak znovu název napovídá, jedná se o vrstvu opadaného listí, jehlic a podobně, jejíž konzistence je nezměnná a rozkladné procesy teprve začaly (Vokoun a kol., 2002). Charakteristický znak opadanky je dekolorace zbytků, které světlají a měknou. Opadanky se dále dělí na horizonty opadanky a nové opadanky (Vavříček, Kučera, 2014). Hluběji pod opadankami následuje horizont drti, kde stále převažují rozeznatelné zbytky rostlin nad těmi změněnými a rozloženými (Vokoun a kol., 2002). Pro mojí práci je důležitý horizont mykogenní, ve kterém převládá aktivita hub a organická hmota je pokryta mycelii (Vavříček, Kučera, 2014). Nejhluběji se v androhydrogenních horizontech nachází horizont měli. Je tmavý a obsahuje jemné rozložené zbytky rostlin, odumřelých kořenů a kůry (Vokoun a kol., 2002).

1.3.1.2 Hydrogenní horizonty

Hydrogenní horizonty jsou ovlivněny spodní vodou v půdě. Vznikají tam, kde je hranice spodní vody většinu času blízko povrchu (Vokoun a kol., 2002). Látky se tam rozkládají pomaleji kvůli nepřístupu vzduchu (Vavříček, Kučera, 2014). Podle obsahu rozložených látek jde rozdělit na horizont fibrický, který má až 40 % nerozložených organických látek, dále mesický, jenž je přechodový mezi horizontem fibrickým a humusovým, u kterého převládají jemné rozložené látky (Vokoun a kol., 2002).

1.3.1.3 Rašelinné horizonty

Rašelinné horizonty vznikají při dlouhodobém nadbytku vody, kdy jsou rostlinné zbytky trvale zamokřené (Vokoun a kol., 2002). Stejně jako předchozí horizonty se podle obsahu rozložených zbytků dále dělí. V tomhle případě na horizonty fibrické, mesické, saprické a humolitové (Vokoun a kol., 2002).

1.3.2 Organominerální horizonty

Organominerální horizonty obsahují maximálně 30 % rozložených organických látek (Vavříček, Kučera, 2014). Označují se písmenem „A“ a zahrnují velký počet horizontů (Vavříček, Kučera, 2014). Dále se dělí, velmi podobně jako u organické horizonty.

1.3.2.1 Anhydrogenní horizonty A

Definice zde platí stejná jako u organických horizontů, tedy jsou to horizonty neovlivněné zvýšenou hladinou spodní vody (Vavříček, Kučera, 2014). V půdách s dominancí organizmů

se dělí podle struktury na makrostrukturní, mezostrukturní, mikrostrukturní a zrnité (Vavříček, Kučera, 2014). Podle obsahu humózních látek se dají rozdělit na humózní, černické, melanické, umbrické, tirsové, andické a iniciální (Vavříček, Kučera, 2014).

1.3.2.2 Hydrogenní horizonty A

Hydrogenní horizonty se dají rozdělit podle časového intervalu zamoření a obsahu humusu na horizonty zrašeliněné, které jsou zatopené po dobu delší než šest měsíců a horizonty hydrické, které jsou zatopeny po dobu kratší než šest měsíců a obsahují méně půdního uhlíku (Vavříček, Kučera, 2014).

1.3.3 Podpovrchové horizonty

Podpovrchové horizonty jsou minerální a za normálních podmínek jsou ukryté pod viditelným povrchem (Vavříček, Kučera, 2014). Leží pod horizonty s akumulací organických látek (Vokoun a kol., 2002).

1.3.3.1 Eluviální horizonty

Eluviální horizonty se vyznačují světlou barvou, písčitéjší texturou, vyšší aciditou a nižším obsahem bazických kationtů (Vavříček, Kučera, 2014). Kvůli vymývání ztrácí většinu svých živin (Vavříček, Kučera, 2014).

1.3.3.2 Horizonty B

Horizonty B akumulují vyplavené živiny z vyšších horizontů (Vavříček, Kučera, 2014). Patří do nich horizonty kambické, luvické, spodické, luvické a mramorované (Vavříček, Kučera, 2014).

1.4 Organická hmota a půdní živiny

Hlavní zdroj organické hmoty v půdě jsou zbytky rostlin, exkrementy živočichů a jejich odumřelá těla (Šimek, 2003). Organická hmota je tvořena makrobioelementy v množství: C = 45–48 %, O = 42–45 %, H = 6–6,5 %, N = 1,5–1,8 %, popeloviny = 5 % (Vavříček, Kučera, 2014). Má celou řadu funkcí. Zlepšuje vlastnosti zrnitých půd, které provzdušňuje, nebo naopak pomáhá při retenci vody, které dokáže zadržet až desetinásobek vlastní váhy (Vavříček, Kučera, 2014). Organická hmota udržuje stabilní hodnotu pH v půdě a působí detoxikačně (Vavříček, Kučera, 2014). Vytváří životní prostředí pro rostliny a půdní mikroorganismy, navíc rostlinám dodává hlavní důležité živiny (Vavříček, Kučera, 2014).

Za přístupu kyslíku, v takzvaném aerobním prostředí, vzniká humifikačním procesem humus. Šimek (2003) definuje humus takto: „*Je to složitá směs rezistentních hnědých a tmavě*

hnědých amorfních a koloidních vysokomolekulárních organických látek charakteru kyselin, která vzniká mikrobiálním rozkladem a syntézou a má chemické a fyzikální vlastnosti velmi důležité pro rostliny a půdu.“ Humusové látky jsou stabilní a komplikované struktury (Vavříček, Kučera, 2014). Humus samotný vzniká z humusotvorného materiálu – ektohumusu, který je součástí organické hmoty v půdě a dostal se do ní opadem listů, větviček a podobně (Vavříček, Kučera, 2014). V půdě má funkci vázat na sebe vodu a aminokyseliny, které zprostředkovává rostlinám (Pospíšilová, 2012; Jandák a kol., 2010). Z hlediska aminokyselin jsou pro tuto práci důležité hlavně humusové kyseliny a fulvokyseliny. Fulvokyseliny jsou světle zbarvené sloučeniny, které jsou snadno rozpustné ve vodě, což jim umožňuje okyselovat půdní prostředí. Jsou taky pohyblivé v půdním profilu a lehce se přemísťují. (Vavříček, Kučera, 2014). Také nejnáze podléhají rozkladu (Šimek, 2003). Huminové kyseliny jsou naopak tmavé a špatně rozpustné. Jsou považovány za nejhodnotnější produkt humifikačních procesů. Podílí se na tvorbě humusojílového sorpčního komplexu, který představuje spojení organických a minerálních částic a vzniká pomocí elektrostatických sil (Vavříček, Kučera, 2014).

1.4.1 Mor, moder, mull

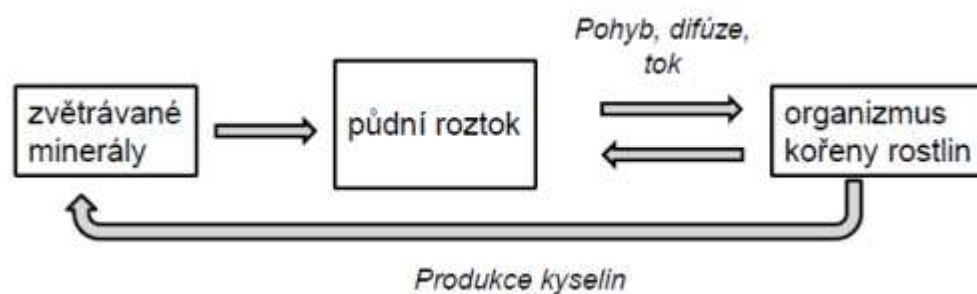
Organické horizonty se dají rozdělit i podle kvality humusu. Kvalita se různí kvůli odlišným faktorům jako jsou klimatické podmínky, složení vegetace a složení půdního substrátu (Šantrůčková, 2014). O moru mluvíme, když se v kyselém prostředí, například jehličnatých lesech, shromáždí organický materiál s nízkým obsahem dusíku (Šantrůčková, 2014). Pro prostředí má nízké hodnoty pH, extrémně suché nebo naopak zamokřené stanoviště, vysoký či extrémně nízký podíl jílnatých částic a nedostatek půdního vzduchu (Rejšek, 1999). V nepříznivých podmínkách se málo daří živočichům, houby je tolerují o dost lépe (Šantrůčková, 2014).

Moder se nachází v příznivějších podmínkách, kde je více živin a dusíku, většinou ve formě organických zbytků po živočišcích (Šantrůčková, 2014). Je to přechodová forma mezi morem a mulem (Rejšek, 1999). Je minerálně hůře zásoben, jsou zde vyšší hodnoty půdních reakcí, nevyrovnaný vodní režim a obsahuje málo půdních organismů (Rejšek, 1999).

Ve výživných půdách se vytváří mul. Je zde vysoký počet organismů a dochází zde k dokonalému rozkladu živin (Šantrůčková, 2014). Je to nejpříznivější forma lesní půdy, jelikož zajišťuje rychlou akumulaci živin (Rejšek, 1999). Je úzce spjat s listnatými a smíšenými lesy s keřovým patrem (Rejšek, 1999).

1.4.2 Příjem živin z půdy

Největším zdrojem živin u rostlin je pevná složka půdy, z níž se živiny uvolňují do kapalné složky půdy a z ní se difúzí, transpirací nebo hromadným tokem dostávají ke kořenům (Kolařík, 2010). Rozkladu pevné složky pro rychlejší dostupnost živin se účastní zpravidla voda, nebo organické kyseliny, které mohou být produkovány samotnými rostlinami (Vavříček, Kučera, 2014). Rostliny vypouštějí kořenové exkrety, což jsou vodíkové kationty, kyselé uhličitanové anionty a již zmíněné organické kyseliny, které výrazně zvyšují dostupnost (Kolařík, 2010). Jakmile se živiny dostanou ke kořenům, jsou vstřebány pomocí difúze, absorpční výměny za vylučované kationty nebo za pomoci makromolekulárních bílkovinných přenašečů. Při těchto procesech je potřeba vynaložit energii ve formě ATP (adenosin trifosfát), kterou rostlina získává při dýchání kořenových buněk (Kolařík, 2010).



Obr. 1: Zvětrávání minerálů v půdě (Šantrůčková, 2014)

1.4.3 Mykorrhiza

Jako mykorrhizu označujeme symbiózu mezi kořeny rostlin a houbami. Není zásadně omezena počtem druhů, tím pádem je velice častá, častější než symbióza fixátorů N_2 (Šantrůčková, 2014). Obecně vzato, mykorrhiza umožnila rostlinám přesun z vody na souš. Předpokládá se, že výhody mykorrhizy využívá až 80 % rostlin (Šantrůčková, 2014). V borových porostech s aktivní mykorrhizou je v půdě obsaženo o 75 % více draslíku a až o 240 % více fosforu než v porostech bez mykorrhizy (Vavříček, Kučera, 2014). Často je mykorrhiza klíčovou podmínkou pro růst rostlin. Při téhle oboustranné symbióze houby odebírají zeleným rostlinám produkty fotosyntézy, hlavně cukry, a zpět vrací minerální živiny, které by rostlina musela jinak složitě přijímat z půdy (Šantrůčková, 2014). Rostliny se také přes houbová pletiva propojují, což jim umožňuje si mezi sebou posílat živiny a informace (Šantrůčková, 2014). Houby zvětšují rostlinám prostor, ze kterého mohou brát živiny a také se jim otvírají nová místa, kam by se

rostlinný kořenový systém kvůli své velikosti nevměstnal (Šantrůčková, 2014). Rostlina tak může mít i stonásobně větší sorpční povrch (Vavříček, Kučera, 2014). Mykorhiza se obecně rozděluje na ektomykorhizu a endomykorhizu podle spojení vláken hub s rostlinou. Hybridní symbióza se souhrnně označuje ektendomykorhiza (Šantrůčková, 2014).

1.4.3.1 Ektomykorhiza

Ektomykorhiza se dá pozorovat u zhruba 3 % rostlin, výhradně se jedná o dřeviny, především o stromy (Šantrůčková, 2014, Vavříček, Kučera, 2014). Houbové hyfy obalí kořen v relativně velké vrstvě a vytváří takzvanou Hartigovu síť, kde prorůstají jak do mezibuněčných prostor, tak do okolní půdy (Šantrůčková, 2014). V půdě pak vytvářejí houbová mycelia neboli rhizomorfy (Šantrůčková, 2014).

1.4.3.2 Endomykorhiza

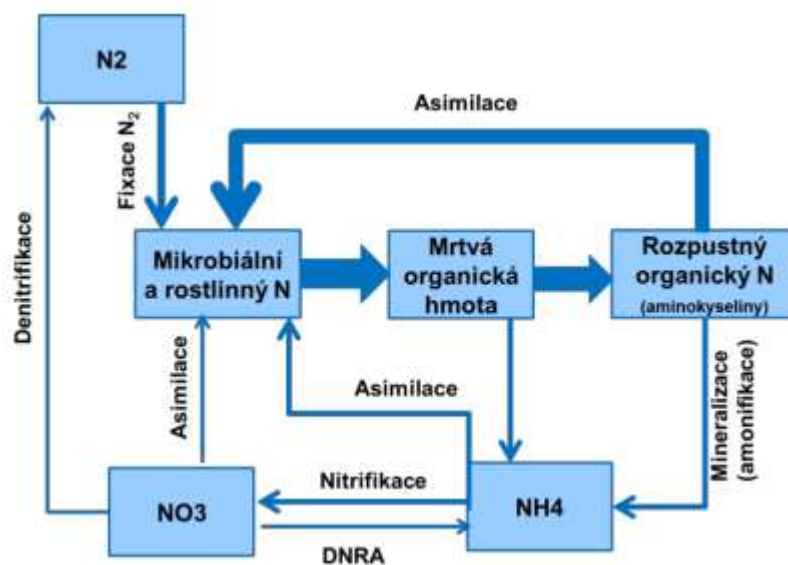
Endomykorhiza se naopak od ektomyrhizy nevytváří na povrchu, ale přímo uvnitř kořene. Má tři hlavní podtypy – arbuskulární endomykorhizu, erikoidní mykorhizu a orchideoidní mykorhizu (Šantrůčková, 2014). Arbuskulární mykorhiza se vyskytuje nejčastěji a dokáže navázat symbiózu až s 80 % rostlinných druhů (Šantrůčková, 2014). Patří také k vývojově nejstaršímu typu (Vavříček, Kučera, 2014). Vytváří arbuskuly a vezikuly uvnitř kořene, kde arbuskuly přežívají pouze pár dní (Šantrůčková, 2014). Erikoidní mykorhiza se zaměřuje na řád vřesovcotvaré neboli Ericales a dokáže rostlinu zásobovat dusíkem, v případě nouze i uhlíkem (Šantrůčková, 2014). Orchideoidní mykorhiza zásobí především uhlíkem malé rostliny orchidejí, které jsou na této symbióze závislé (Šantrůčková, 2014).

1.5 Dusík

Dusík je jeden z nejrozšířenějších prvků. V půdě se vyskytuje v koncentraci od 0,1-0,2 % a je z 90 % vázán v organické hmotě (Vavříček, Kučera, 2014). Pouze 20-30 % se dá snadno uvolnit mineralizací (Šantrůčková, 2014). Koncentrace dusíku v rostlinné hmotě se pohybuje okolo 13 g · kg⁻¹ sušiny u jehličnanů, 24 g · kg⁻¹ sušiny u listnatých dřevin. (Vavříček, Kučera, 2014). Hlavním zdrojem dusíku je atmosféra, kde se nachází zejména ve dvouatomové formě jako N₂ (Vavříček, Kučera, 2014). V aktivním koloběhu dusíku se nachází několik minerálních forem: molekulární dusík, oxidy dusíku, nitráty a amoniak (N₂, N₂O, NO_x, NO₃⁻, NH₄⁺) (Šantrůčková, 2014). Dusík má význam při tvorbě chlorofylu. Také má významnou roli při stavbě aminokyselin, chytinu a dalších (Vavříček, Kučera, 2014).

1.5.1 Fixace dusíku v půdě

Na povrchu půdy je dusík fixován pomocí autotrofních sinic, v půdě ho fixují heterotrofní bakterie. Náročnému procesu fixace pomáhá symbióza kořenového systému rostlin s bakteriemi nazvaná mykorhiza. Fixaci usnadňují také prostředí, kde se organické látky snadno rozkládají (Šantrůčková, 2014). Dusík se do půdy může dostat ve formě rostlinného odpadu, odumřelých mikroorganismů a také ve formě exkrementů zvířat (Šantrůčková, 2014). Případně ho vyloučí nitrifikační bakterie (Šantrůčková, 2014). Aby ho ale rostliny mohly přijmout, musí být činností mikroorganismů přeměněn na minerální dusík (Vavříček, Kučera, 2014).



Obr. 2: Nejdůležitější procesy přeměn dusíku v půdě (Šantrůčková, 2014).

1.5.2 Organický dusík

Organický dusík tvoří 85-95 % celkové dusíku obsaženého v půdě. Je také nejméně stabilní půdní forma. Až 50 % může být ve formě aminokyselin a cukrů (Vavříček, Kučera, 2014).

1.5.3 Minerální dusík

Minerální dusík je pro rostliny přístupná forma půdního dusíku. Jeho míra zastoupení z celkového obsahu dusíku je asi 10 %. Anorganická forma má dva zástupce – amonný ion NH_4^+ a nitrát NO_3^- (Vavříček, Kučera, 2014). Při pH nižším než 6,8 kořeny vstřebávají NO_3^- , při pH od hodnoty 7 převažuje příjem NH_4^+ (Kolařík, 2010).

1.5.4 Mineralizace a imobilizace

Rozpad organické hmoty, mineralizace, je významný zdroj dusíku v půdě. Proces, který naopak zabudovává dusík zpět do živých kultur, se nazývá imobilizace (Vavříček, Kučera, 2014). Jaký proces v půdě právě převažuje závisí na poměru rostlinám dostupného uhlíku a dusíku v půdě (Šantrůčková, 2014).



Obr. 3: Přeměny dusíku v půdě (Šantrůčková, 2014).

1.5.4.1 Mineralizace

Mineralizace zahrnuje procesy, při kterých se dusík vázaný v organické hmotě stává minerálním. Minerální dusík je přístupný pro rostliny a všechny biologické procesy. Má dvě různé formy reakcí, které produkují buď amonný nebo nitrátový dusík. První reakce se jmenuje amonifikace, druhá nitrifikace (Vavříček, Kučera, 2014). Při amonifikaci je močovina redukčními procesy rozebrána na uhlíčan amonný a amoniak. Pro rostliny je to významný proces, jelikož se při něm rozkládají bílkoviny na aminokyseliny (Vavříček, Kučera, 2014).

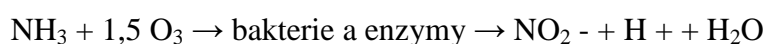
Rovnice procesu:



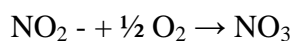
Amoniak jakožto jeden z produktů amonifikace je následně v procesu nitrifikace oxidován na nitrit a nitrát (Vavříček, Kučera, 2014). Nitrifikaci jde dále rozdělit na procesy nitritace a nitratace (Vavříček, Kučera, 2014).

Rovnice procesů:

Nitritace



Nitratace



1.5.4.2 Imobilizace

Imobilizace je proces protichůdný mineralizaci, je to tedy zabudovávání dusíku do organických sloučenin. Amonné a nitrátové formy se mění na formy organické. Proces může mít povahu biotickou i abiotickou (Vavříček, Kučera, 2014). Pokud se dusík váže do těl mikroorganismů a hub, jedná se o biotickou imobilizaci. V té jsou mikroorganismy upřednostňovány před mykorrhizními houbami, takže může docházet k deficitům u rostlin, přestože se v půdě dusík nachází (Vavříček, Kučera, 2014).

Procesy asimilace N

příjem a imobilizace N rostlinami a půdními mikroorganismy

a) asimilace NH_4^+

Amonné ionty se zabudovávají přímo do aminokyselin (glutamin a glutamát), malá citlivost na hodnoty pH.

b) asimilace NO_3^-



Nitrátové ionty musí být nejprve redukovány za spotřeby energie na amonné ionty a pak mohou být zabudovány do aminokyselin.

c) asimilace organických látek

Jednoduché N látky, nejčastěji aminokyseliny jsou přijímány buňkou a po deaminaci použity v metabolismu. Přebytečný N je vyloučen jako NH_4^+ ,

c) fixace N_2



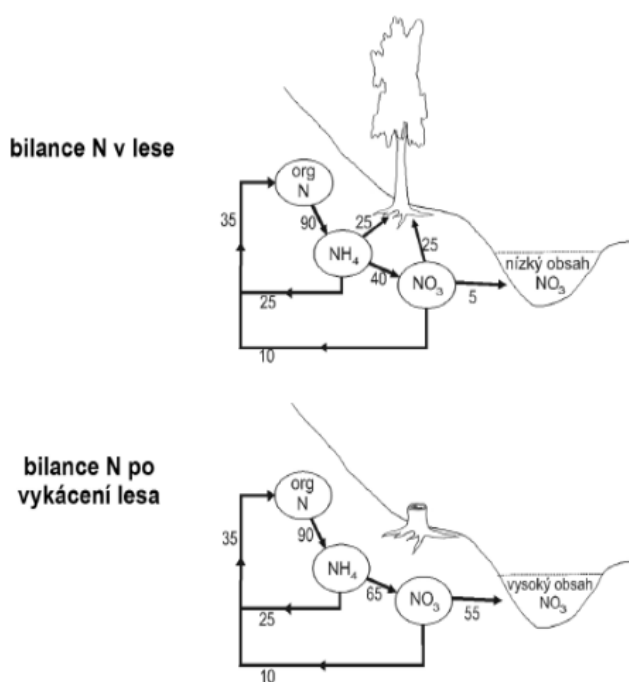
Proces probíhá pouze v prostředí s vysokým obsahem dostupného uhlíku. Je citlivý na nízké pH půdy a vysoký obsah NO_3^- . Enzym nitrogenáza je citlivý na kyslík a mikroorganismy musí zajistit bezkyslíkaté prostředí. Využívají buď speciálních organel (např. heterocysty u sinic) nebo žijí v bezkyslíkatém prostředí (symbiotičtí fixátoři N_2). Fixovat N_2 mohou pouze prokaryota.

Obr. 4: Příjem a zabudování dusíku u rostlin a mikroorganismů (Šantrůčková, 2014).

1.5.4.3 Poměr dusíku a uhlíku

Pro půdní koloběh dusíku je velmi důležitý poměr uhlíku a dusíku (Šimek, 2003). Je to významný ukazatel kvality dekompozice a humifikace (Vavříček, Kučera, 2014). V rostlinných zbytcích je poměr C : N okolo 40 : 1. Uhlík je pokaždé ve výrazném v přebytku (Vavříček, Kučera, 2014). Mikroorganismy mají poměr C : N 4-9 : 1 (Šimek, 2003). V organické půdní hmotě je nejčastější poměr 10-12:1 (Šimek, 2003). Jehličnany přispívají ke zvyšování poměru C/N, jelikož mají těžko rozložitelný odpad a nízké koncentrace živin (Vavříček, Kučera, 2014). Listnaté stromy naopak poměr snižují ve prospěch dusíku, jelikož obsahují více minerálních živin (Vavříček, Kučera, 2014). Poměr se nakonec samovolně snižuje, jelikož je uhlík vydycháván půdními organismy a uniká ve formě CO_2 (Šimek, 2003).

Dusík naopak v půdě z velké části zůstane (Vavříček, Kučera, 2014). Při poměru 25 : 1 jsou procesy imobilizace a mineralizace v rovnováze (Šantrůčková, 2014). Při poměru nižším, tedy v půdě je více dusíku, mohou převažovat procesy mineralizace a dusík je z půdy vyplavován (Šantrůčková, 2014). Při poměru vyšším, tedy více uhlíku, převažují naopak procesy imobilizace (Šantrůčková, 2014). K narušování rovnováhy dochází například lidskou činností, při plošném kácení či hnojení (Šantrůčková, 2014). V lesních ekosystémech převažují procesy imobilizace, kvůli limitu půdního dusíku (Šantrůčková, 2014).



Obr. 5: První obrázek ukazuje stav před lesní těžbou, kdy je dusík imobilizován organismy a není vyplavován. Druhý obrázek ukazuje vyplavování půdního dusíku po těžbě (Šantrůčková, 2014).

1.6 Aminokyseliny v půdě

Aminokyseliny jsou nedílnou součástí celkového dusíku v půdě. Celkový obsah půdních aminokyselin byl u různých půd stanoven v rozmezí od 28 do 90,5 % Nt (Rejšek, Formánek, Vránová, 2010). Stanovení většinou probíhá hydrolýzou půdního vzorku, který se podle extrahovatelnosti dělí na extrahovatelné 1 N-HCl po dobu 3 h, 3 N-HCl po dobu 3 h a 6 N-HCl po dobu 4 h (Yonebayashi, 1980). Dále je dělíme na aminokyseliny v humusových látkách a aminokyseliny rozpustného organického dusíku (Jones, 2002; Paul, 2005). Důležitou frakcí aminokyselin rozpustného organického dusíku jsou biologicky přístupné aminokyseliny, přítomné v půdním roztoku (Rejšek, Formánek, Vránová, 2010). Pro kořeny

rostlin jsou přijatelné i bez předchozí mineralizace, což je výhodné pro oblasti, kde mineralizace samotná spotřebu dusíku nepokryje (Rehder, 1987; Fisk, 1995; Kaye, 1997). Do nedávna se věřilo, že mineralizace je pro příjem živin nutná a zjištění, že existují snadno vstřebatelné živiny je hojně diskutováno (Rejšek, Formánek, Vránová, 2010). Biologicky přístupné aminokyseliny se do půdy mohou dostat vyplavováním z rostlin, rozkladem půdních bílkovin a peptidů či v exkrementech živočichů (Rejšek, Formánek, Vránová, 2010).

1.6.1 Adsorpce aminokyselin

Pro výživu rostlin je důležitá výměna iontů mezi koloidy a půdou. O adsorpci rozpuštěné látky mluvíme, pokud je rozpuštěná látka adsorbována více než rozpouštědlo. Vzhledem k tomu, že aminokyseliny mají kladný i záporný náboj, jsou schopny na sebe vázat jak kationty, tak anionty (Rohlík, 2012). U lesních půd se míra sorbce mění podle obsahu organické složky a minerálního složení (Klimo, 1990).

1.6.2 Syntéza bílkovin

Jedna z hlavních funkcí aminokyselin je vytváření peptidových vazeb. Peptidové řetězce vytváří bílkoviny a vzorec jednotlivých aminokyselinových zbytků může být až 10000členný (Rohlík 2012). Podle tvaru se rozlišují proteiny na fibrilární neboli vláknité a lobulární, tedy zakulacené (Bárta et al. 2007).

2 Výzkumné plochy

2.1 Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny

Výzkumné plochy se nachází na území školního lesního podniku Masarykův les Křtiny, který patří pod správu Mendelovi univerzity. Školní podnik se rozkládá na více než 10 000 hektarech a je určený pro praktickou výuku studentů a výzkumné projekty (Matějčík, 2009).

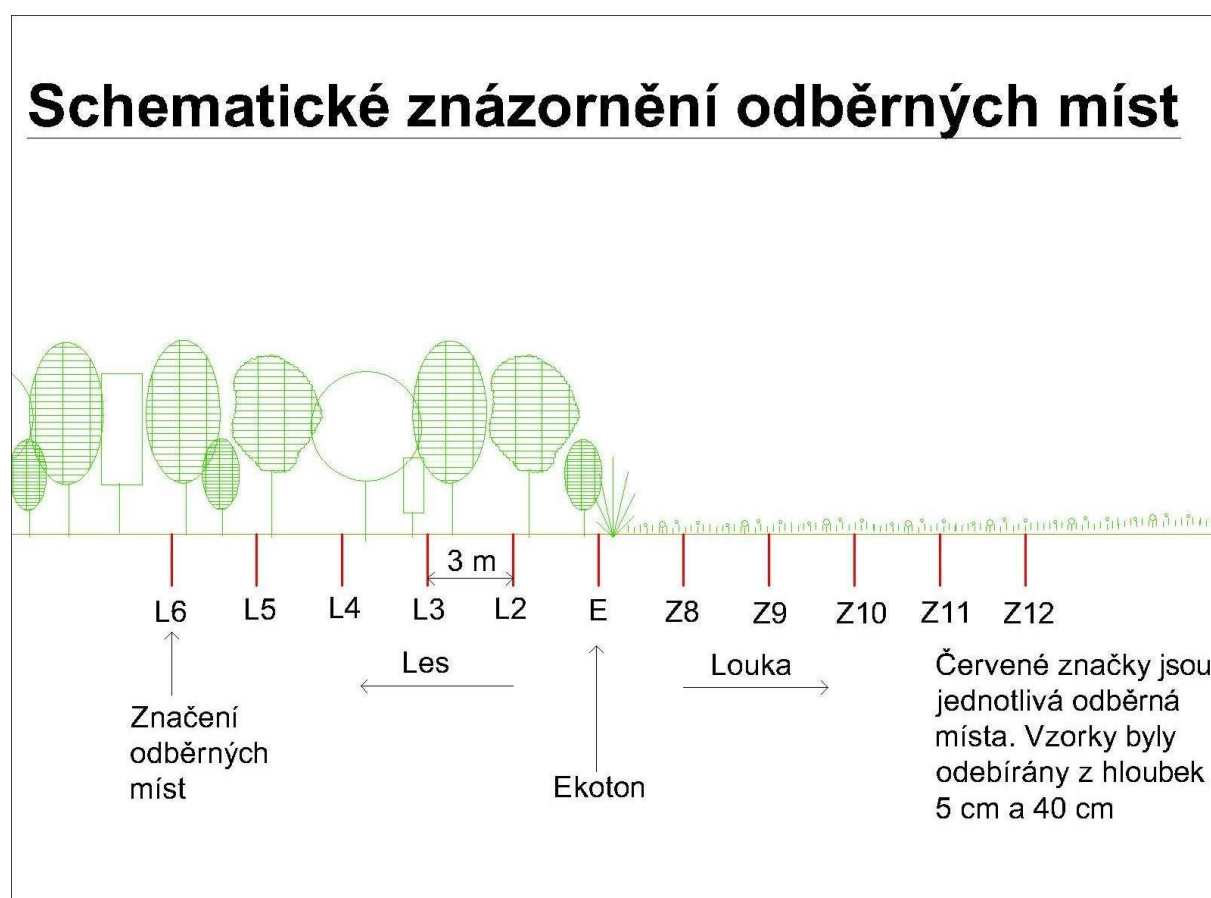
Geologické podloží v západních částech je granodiorit, ve střední části devonský vápenec a kulmská droba na východě. Terénem protéká řeka Svitava a Křtinský potok, což vytváří na některých místech hluboké údolí. Poměr listnatých a jehličnatých stromů je 52 ku 48, hlavní dřeviny, rostoucí na pozemcích jsou buky, duby, smrky a borovice. (Matějčík, 2009).

2.2 Technologická agentura české republiky

Technologická agentura ČR byla zřízena roku 2009 na základě zákona o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací. Agentura centralizuje státní podporu aplikovaného výzkumu a vývoje, které do té doby byla značně decentralizovaná. Podle zákona 130/2002 Sb. zabezpečuje přípravu a realizaci programů aplikovaného výzkumu, vývoje a inovací včetně programů pro potřeby státní správy, veřejných soutěží ve výzkumu, vývoji a inovacích na podporu projektů a zadávání veřejných zakázek, hodnocení a výběr návrhů a další ¹.

2.3 Plochy

U ploch se zabývám pouze lesním profilem L a vzorky z hloubky 5 cm.



Obr. 6: Schématické zobrazení odběrných ploch (Sochor, 2016)

Plochy se po pedologickém výzkumu vybraly tak , aby byly co nevíce reprezentativní a každá měla specifické vlastnosti.

¹ O TAČR: Technologická agentura české republiky [online], [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.tacr.cz/index.php/cz/o-ta-cr.html>

Tab. 1: GPS souřadnice jednotlivých lokalit a mezoklimatické zařazení (Sochor, 2016)

| Název lokality | Souřadnice | Mezoklima |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|
| 1. Bukovinka | 49.3018289N, 16.7983258E | Nejvlhčí |
| 2a. Proklest orná půda | 49.3162386N, 16.7725872E | Nejchladnější |
| 2b. Proklest, trvalý travní porost | 49.3327903N, 16.7560433E | Nejchladnější |
| 3. Rudice | 49.3262808N, 16.7282075E | Nejsušší |
| 4. Křtiny | 49.2948289N, 16.7503464E | Nejteplejší |

2.3.1 Bukovinka

Katastrální území: Bukovinka

Plocha: 9134,4 m²

Geologie: konglomerát

Pedologie: hnědozemě, kambizemě

Dendrologie: *Fagus sp.*, *Quercus sp.*

Orientace: jihozápad

Zdroj: závěrečná zpráva TAČR, 2015.

Profil "L"

Hnědozem oglejená, na sprašové hlíně a s nápadnými drobnými valounky drob s plstnatěním nadložního humusu (závěrečná zpráva TAČR, 2015).

Popis plochy v bakalářské práci Lukáše Sochora (2016):

„Hnědozem oglejená na odvápněné sprašové hlíně s nápadnými, zaoblenými valounky drob (typické pro tuto oblast drahanského kulmu), Obr.18 v přílohách.

humusová forma: typický moder

L 0-2 cm opad smíšeného lesa, starší opad se známkami rozkladu, odbarvený

Fz 2-4 cm humusová drť, kyprá

Hh 4-5 cm nestrukturní humusová měl

Ah 5-14 cm tvárná, velmi snadno drobivá, humózní

(Ev1) 14-26 cm tmavší, drobná, lehce rozpadavá, tvárná, neagregátová

(Ev2) 26-33 cm kyprá, písčitohlinitá, neagregátová, velmi lehce rozpadavá, mírně vlhká

Btg 33-60 cm matrix s výraznými znaky oglejení rezivé barvy, nedrobná, lepkavá

C 60→ soudržná, vazká, nekompaktní, stejnoměrně mírně vlhká

2.3.2 Proklest, orná půda

Katastrální území: Jedovnice

Plocha: 6572,1 m²

Geologie: Sedimentární horniny

Pedologie: kambizemě, luvizemě

Dendrologie: *Fagus sp.*

Orientace: sever-severovýchod

Zdroj: závěrečná zpráva TAČR, 2015.

Profil "L"

Lesní profil je luvizem districká na sprašové hlíně, v nadloží probíhá plstnatění humusu.

Popis plochy v bakalářské práci Lukáše Sochora (2016):

„Hnědozem luvická na odvápněné sprašové hlíně s probíhající ilimerizací, Obr. 20 v přílohách

humusová forma: morový moder

L 0-2 cm

Fm 2-5 cm

Hh 5-6 cm velmi tmavá humusová měl, mazlavá, celistvá

Ah 6-10 cm výrazně tmavě zbarvená, nevýrazně drobtovitá, čerstvě vlhká, kyprá

(Ev1) 10-26 cm výskyt barevných skvrn po zvětralém skeletu nad 10 mm

(Ev2) 26-50 cm světlejší, výskyt barevných skvrn po zvětralém skeletu nad 10 mm,

Bt 50→hlinitá, slabě šterkovitá, mírně slehlá, s náznaky kompaktnosti“

2.3.3 Proklest, louka

Katastrální území: Jedovnice

Plocha: 3893,8m²

Geologie: Sedimentární droby

Pedologie: Kambizemě

Dendrologie: *Tilia sp.*, *Fagus sp.*

Orientace: jih-jihozápad

Je nejsevernější z pěti studovaných lokalit.

Zdroj: závěrečná zpráva TAČR, 2015.

Profil "L"

Lesní profil je opět luvizem districká, velice slabě nasycená.

Popis plochy v bakalářské práci Lukáše Sochora (2016):

„Hnědozem luvická na odvápněné sprašové hlíně s probíhající ilimerizací, Obr. 22v přílohách.

humusová forma: typický moder

L 0-1 cm

Fm 1-3 cm

Hh 3-4 cm

Ah 4-9 cm drobtovitá, mírně vlhká, humózní

(Ev) 9-40 cm horizont výrazněji barevně odlišný - albický,

jasná hranice vůči Bt, náznaky deskovitosti až lístkovité struktury

Bt 40-60 cm hroudovitá a těžko drolitelná, tendence k tuhosti

C 60→ cm prašná“

2.3.4 Rudice

Katastrální území: Rudice u Blanska

Plocha: 4255,8 m²

Geologie: vápence

Pedologie: rendziny

Dendrologie: *Fagus sp.*, *Quercus sp.*

Orientace: sever-východ, sever, sever-západ

Zdroj: závěrečná zpráva TAČR, 2015.

Profil "L"

Popis plochy v bakalářské práci Lukáše Sochora (2016):

„Pseudoglej luvický na odvápněné sprašové hlíně s výrazným rezivým mramorováním humusová forma: typický moder Obr. 24 v přílohách.

L 0-1 cm opad smíšeného lesa, vysoký podíl nerozloženého opadu buku lesního

Fz 1-3 cm nápadná drť s výrazným podílem půdní fauny

Hh 3-4 cm místně obsahem i kvalitou proměnlivá humusová měl

Ah1 4-10 cm velmi silně humózní, černá

Ah2 10-20 cm humózní, nepravidelná (kapsovitá) hranice dospodu, šedá

En 20-33 cm písčité až písčitohlinitá, absentující ferrany patrně způsobené laterální vodou

Bmt 33-65 cm mimořádně nápadná rezivá barva s vybělenými

jazyky, barevně vyznívá dospodu, není zrnitostně těžká, ostře oddělená od En

BCg 65→ pedogenně zvrstvená odvápněná sprašová hlína se známkami oglejení“

2.3.5 Křtiny

Katastrální území: Křtiny

Plocha: 3278,1 m²

Geologie: Droba

Pedologie: Kambizemě

Dendrologie: *Quercus sp.*, *Fagus sp.*

Orientace: Jihozápad

Zdroj: závěrečná zpráva TAČR, 2015.

Profil "L"

Popis plochy v bakalářské práci Lukáše Sochora (2016):

„Kambizem rankerová na silně skeletovité zvětralině jílovité břidlice drahanského kulmu humusová forma: typický moder, Obr. 26 v přílohách.

L 0-2 cm

Fa 2-3 cm horizont humusové drti s projevy životní činnosti jak pro lesní půdu typických hub, tak i půdní fauny

Hh 3-4 cm horizont humusové měli, tmavý, kompaktní, neshlehlý

Ah 4-13 cm humózní lesní, nesoudržný, rozpadavé agregáty

Bv 13-50 cm vyšší obsah prachu, hrudkovitá

Cr 50→ spolu s fragmenty spodnokarbonské jílovité břidlice“

3 Metody

3.1 Odběr vzorků

Vzorky byly odebírány z každé lokality, většinou v půlce každého měsíce, pravidelně od března do listopadu. Výzkum se ukončil v listopadu z důvodu počasí. Další vzorkování bylo kvůli zamrzlé půdě neekonomické. V lesní části bylo odebíráno šest vzorků, včetně jednoho na ekotonu. Vzorek z ekotonu má značku E, lesní vzorky mají značky L2 až L6. Původně bylo odebíráno i L7, ale v laboratorní analýze se neprokázala dostatečně vysoká variabilita hodnot a tyto vzorky se tedy do výzkumu nezahrnují. Vzorků bylo 110 za každý měsíc, jelikož se odebíraly ze dvou hloubek, a to z 5 cm a 40 cm. Všechny vzorky byly vloženy do plastových sáčků a vhodně popsány podle lokality původu a následně uloženy do lednice.

3.2 Laboratorní postupy

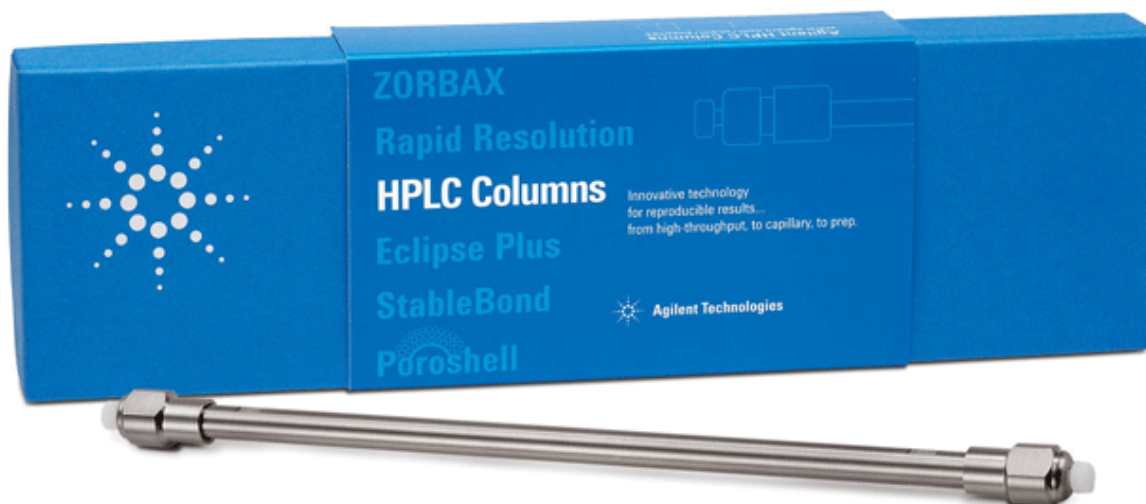
Čerstvé vzorky půdy se přesály na sítěch s oky o velikosti 0,5 mm, následně se odebralo 10 g na výpočet sušiny, která se získala sušením do konstantní váhy (Rejšek, 1999). Poté se

odebralo 50 g na výluh demineralizovanou vodou, abychom získali extrakt aminokyselin. Demineralizovaná voda v objemu 100 ml se smíchala s danými 50 g čerstvé půdy. Následně se půda s vodou hluboce zmrazila v lyofilizátoru za teplot $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzorke se v lyofilizátoru ponechaly do doby, než se z nich vypařila veškerá voda. Jmile tento moment nastal, odebraly se dva mikro litry extraktu a následně se analyzovaly na kapalinovém chromatografu. Chromatograf použitý na analýzu byl přístroj značky Agilent Eclipse Plus C18. Tento chromatograf má dvě mobilní fáze a obsahuje analytický program, který umožnil zjistit koncentrace proteinogenních aminokyselin a přepočtl na gram suché půdy.



Obr. 7- Ilustrační foto chromatografu od firmy Agilent (www.agilent.com)

Obr. 8: Ilustrační foto chromatografu od firmy Agilent (www.agilent.com)



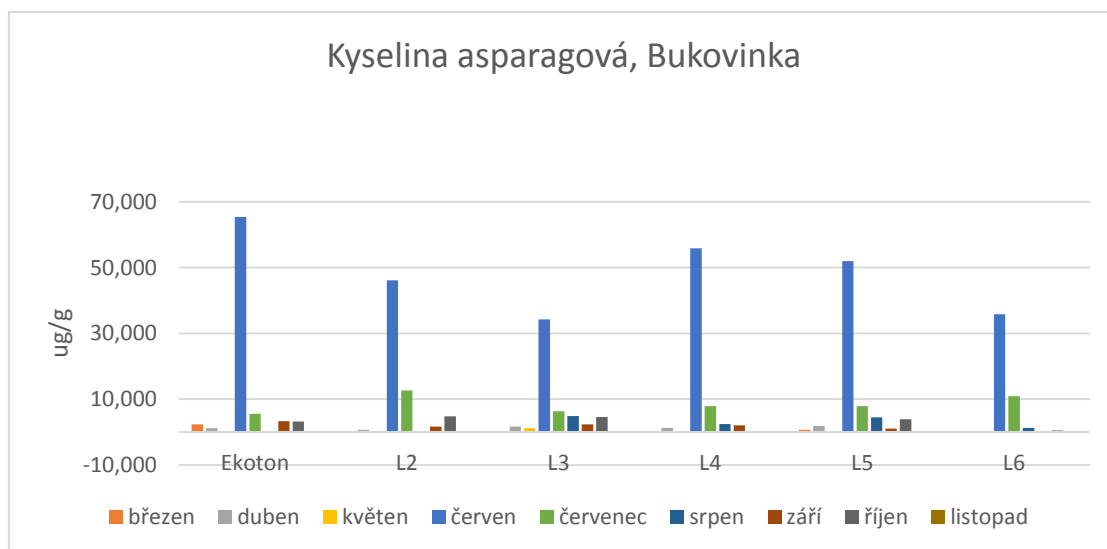
4 Výsledky

Pátá lokalita Křtiny se nakonec nevyhodnocovala, jelikož prokazovala nevyhovující a těžko analyzovatelné hodnoty. Pro mé výsledky jsou také vynechány vzorky z hloubky 40 cm, z důvodu přílišného počtu dat, které nejsou k vyhodnocení dosahu stromu nezbytné.

4.1 Bukovinka

4.1.1 Kyselina asparagová

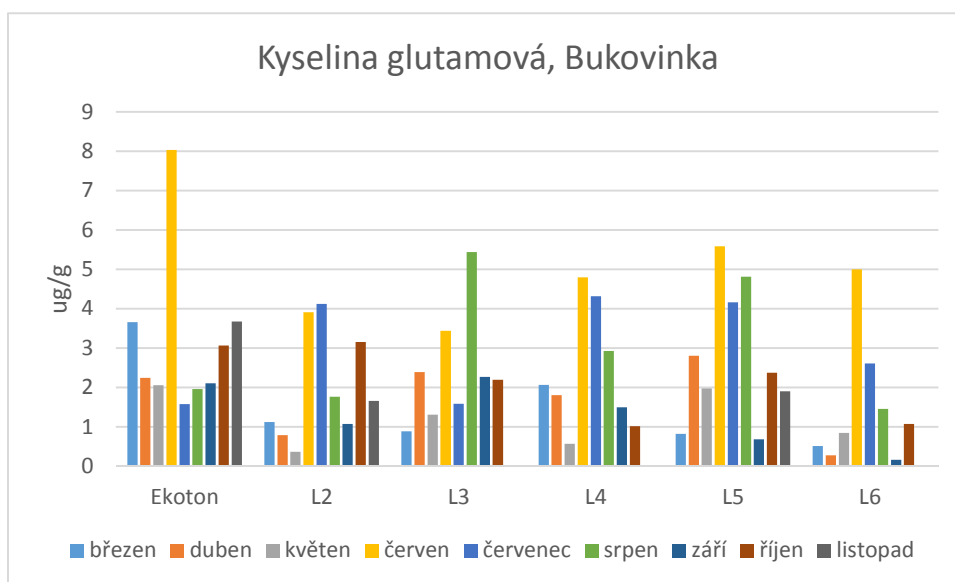
Lokalita Bukovinka, jakožto nejvlhčí lokalita, vykazuje velmi vysoký nárůst v obsahu kyseliny asparagové v letních měsících, především v červnu a červenci, menší nárůst můžeme pozorovat i v říjnu. Na ekotonu je nejprudší přechod mezi červnovým a červencovým obsahem. To může znamenat, že vstřebání aminokyseliny zde proběhlo nejrychleji a že biodiverzita půdního života je na ekotonu největší. Při srovnání ekotonu s ostatními lokalitami se ukazuje, že obsah kyseliny asparagové je na ekotonu nejvyšší, hlouběji do lesa se spíše snižuje. Velký nárůst v průběhu léta může být následek růstu rostlin ve vegetaci, které v tomto období vyžadují velké množství živin a tím pádem vzrůstá potřeba aminokyselin, které rostliny zabudují do svých systémů a které se štěpí z kyseliny asparagové.



Obr. 9 - Nejvlhčí lokalita Bukovinka. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

4.1.2 Kyselina glutamová

Stejně jako u kyseliny asparagové, kyselina glutamová dosahuje maxima během letních měsíců. Můžeme říct, že od března do dubna se její obsah v půdě snižuje, v červnu prudce vzroste, načež je jí v půdě minimum, její obsah začíná znovu vzrůstat s blížícím se podzimem. Na ekotonu je to vidět nejjasněji, hodnoty jsou tam nejstabilnější. Je zde taky největší propad hodnot mezi červnem a červencem, stejně jako u kyseliny asparagové. V lesních částech nejsou březnové a dubnové hodnoty tak vysoké, pravděpodobně díky přítomnosti lučních bylin, které začínají s hlavní aktivitou obecně dříve než většina dřevin, rostoucích v lese. Čím hlouběji do lesa půjdeme, tím menší jsou březnové a říjnové hodnoty, které by hypotéze dřívější aktivity lučních bylin nasvědčovaly.

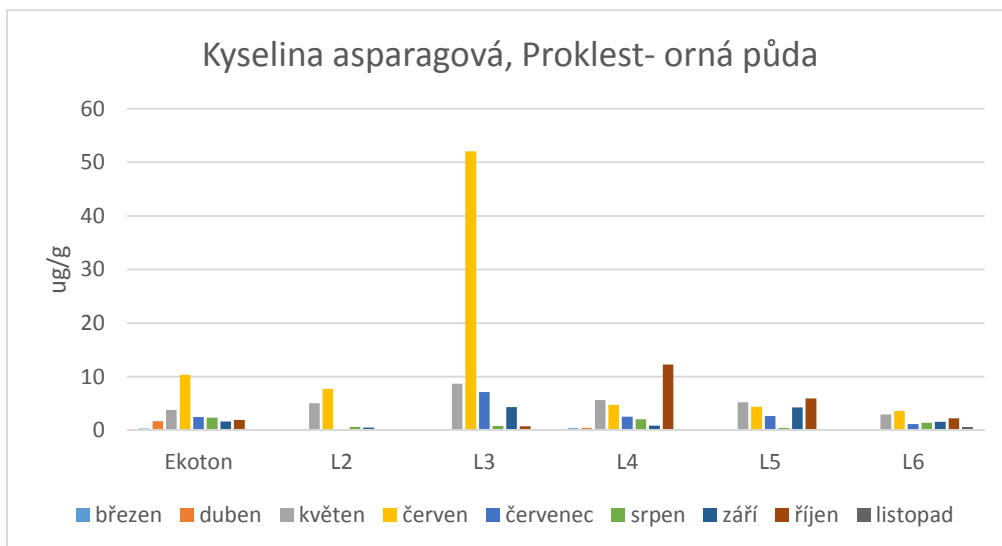


Obr. 10: Nejvlhčí lokalita Bukovinka. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

4.2 Proklest, orná půda

4.2.1 Kyselina aspargová

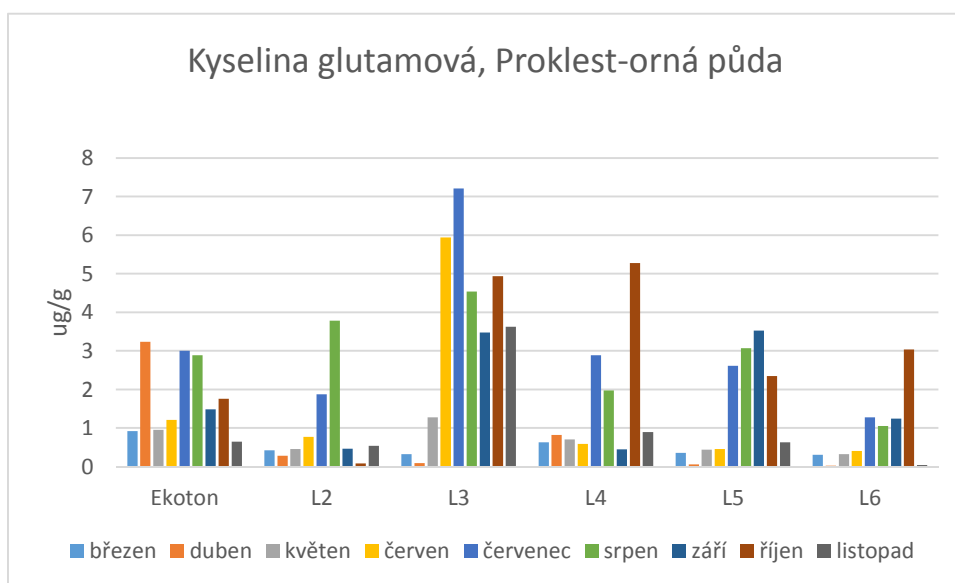
U třetí lokality vidíme, že kyselina aspargová dosahuje velmi vysoké hodnoty během června a vysoké hodnoty během října. Ekoton má stabilnější zásobu kyseliny během celého roku, kdežto lesní části většinou mají pouze zvýšené obsahy během maxim v červnu a říjnu. Zdaleka nejvyšší hodnoty prokazuje lesní část L3, kde jsou vysoké letní hodnoty jak kyseliny asparagové, tak kyseliny glutamové.



Obr. 11: Nejchladnější lokalita Proklest-orná půda. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

4.2.2 Kyselina glutamová

Kyselina glutamová má svoje maxima především v červenci a v podzimních měsících. Na ekotonu je patrná vysoká hodnota i v dubnu, pravděpodobně díky produktům zemědělství na vedlejší orné půdě, která původně zasahovala až do L2, což je na grafu docela dobře pozorovatelné sníženým obsahem kyseliny, jelikož orba a další zemědělské postupy půdu vyčerpaly. Lokalita L3 má hodnoty obecně nejvyšší, což může být následek introdukce lesa na původně zemědělskou lokalitu a vyššími nároky na živiny pro lesní lokalitu.

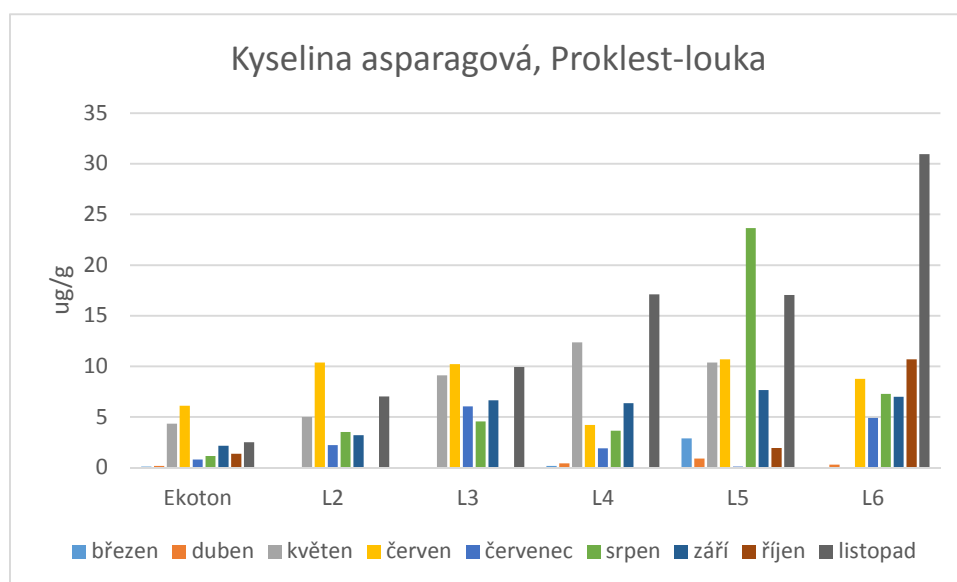


Obr. 12: Nejchladnější lokalita Proklest-orná půda. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

4.3 Proklest – louka

4.3.1 Kyselina asparagová

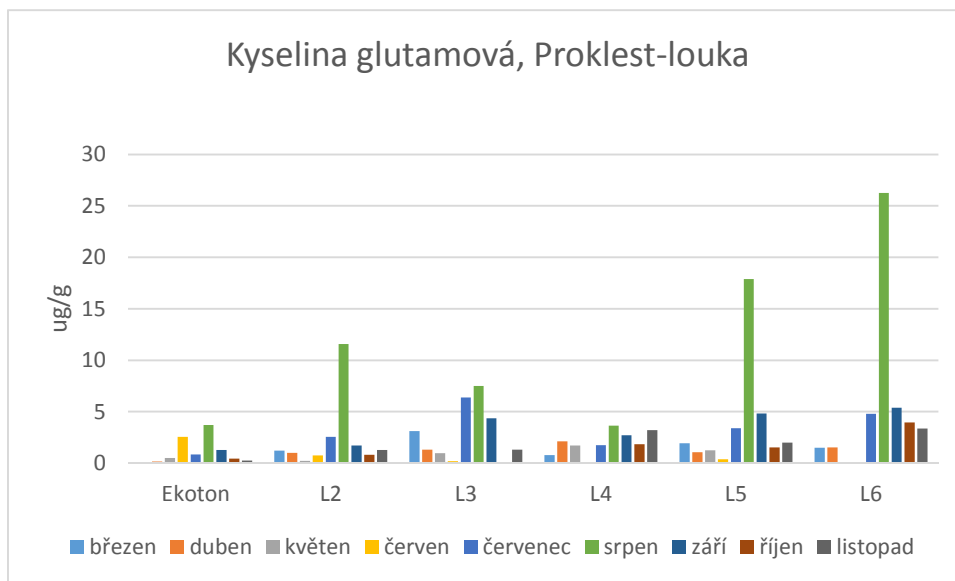
Kyselina asparagová zde dosahuje svých maxim během května a března a následně v listopadu. Jarní hodnoty jsou na ekotonu nejnižší, nejvyšší jsou v lesní části L6. Tento trend by se dal vysvětlit jarním růstem dřevin a vegetační sezónou, kdy ekoton moc nezaostává za ostatními lokalitami, naopak v podzimních měsících je téměř na nule, jelikož se nachází na okraji lesa a není tak příliš ovlivněn opadem listů jako místa v hlubokém lese.



Obr. 13 – Nejchladnější lokalita Proklest-louka. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

4.3.2 Kyselina glutamová

Kyselina glutamová má jasně viditelné maximum v měsíci srpnu, a to na většině míst. Ekoton a čtvrtá lokalita jsou v rámci zásobení kyselinou na nejhorších pozicích. Ekoton a L4 jsou opět nejslabší. Ekoton je nejhorší pravděpodobně ze stejných důvodů jako u kyseliny asparagové, tedy kvůli nedostatku organického materiálu z opadu listů.

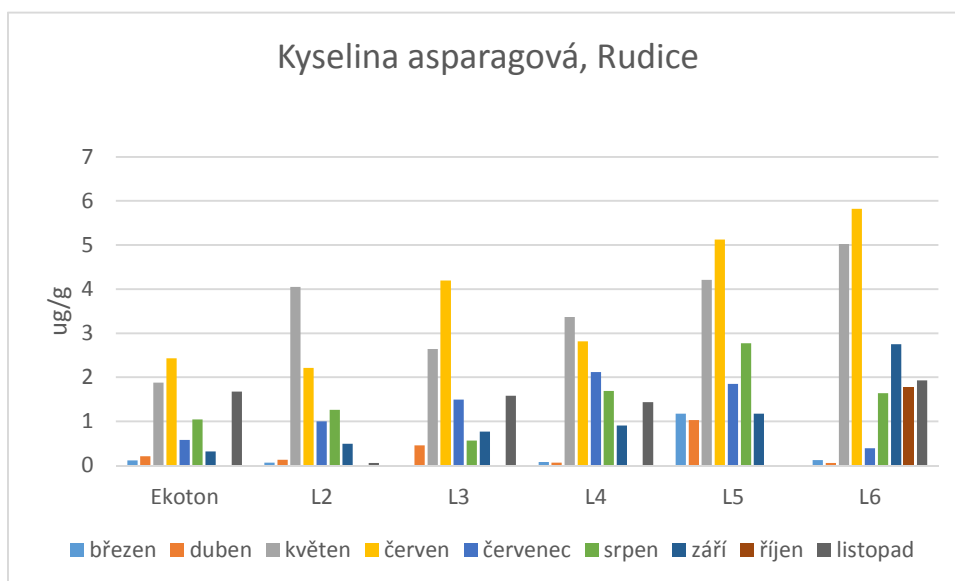


Obr. 14: Nejchladnější lokalita Proklest-louka. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

4.4 Rudice

4.4.1 Kyselina asparagová

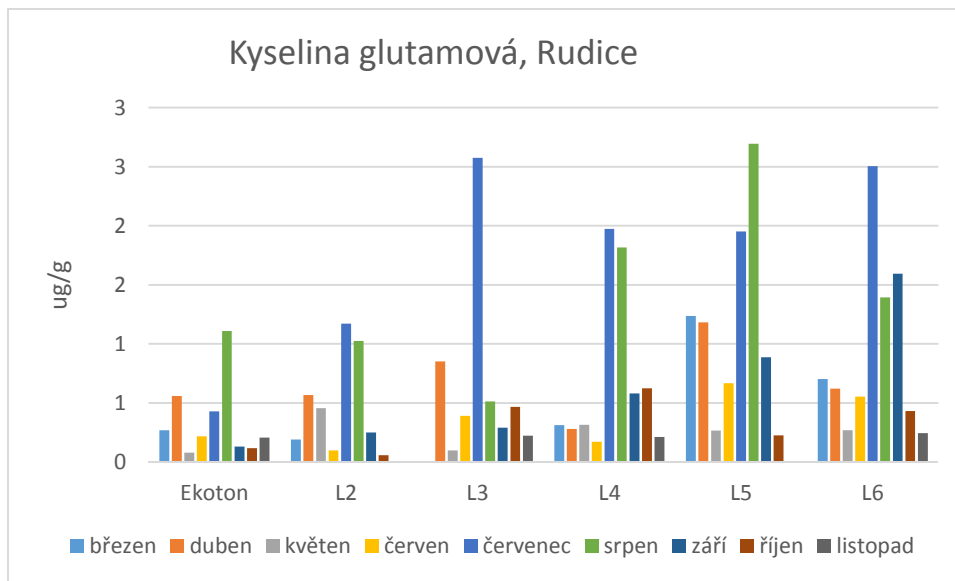
Kyselina asparagová má na lokalitě Rudice dvě maxima. První je v měsíci květnu až červnu, druhé v podzimních měsících říjnu a listopadu. Zásoba kyseliny se směrem do lesa zvyšuje. Jarní až letní nárůst může zase souviset s vegetační sezónou dřevin a podzimní naopak s ukončením této sezóny a opadem listů.



Obr. 15: Nejsušší lokalita Rudice. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

4.4.2 Kyselina glutamová

U kyseliny glutamové vidíme jasná maxima v brzce jarních a letních měsících. Lesní části, vzdálenější od ekotonu, mají výrazně vyšší obsah kyseliny glutamové v letních měsících, a i na začátku podzimu. Na ekotonu jsou změny obsahu kyseliny velmi prudké, na rozdíl od lesních částí. Původ tohoto ekotonového jevu, který může vycházet větší rychlosti vstřebávání aminokyselin do rostlin na ekotonu, je v přirozeném výskytu většího množství půdních organismů.



Obr. 16: Nejsušší lokalita Rudice. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

5 Závěr z pohledu arboristiky

Předkládaná práce vznikla jako součást řešeného projektu TAČR a to s cílem propojení arboristických priorit a půdní biochemie, což je mimořádné spojení, umožněné právě tímto projektem.

Zaměření práce na půdní aminokyseliny v hloubce 5 cm čtyř studijních ploch Školního lesního podniku "Masarykův les" v první řadě poskytuje otázku o významu půdní biochemie pro obor arboristika. Zde je vhodné uvést, že zásady péče o stromy rostoucí mimo les zahrnují problematiku půdní úrodnosti. Půdní úrodnost je výsledkem působení šesti pedogenetických faktorů stanoviště, tj. půdotvorného substrátu, klimatu, reliéfu terénu, organismů, času a člověka, kdy z hlediska člověkem podmíněných vzniků půdních těles v intravilánech měst a obcí je to především organická hmota půdy, která činí půdu pro arboristu z hlediska její úrodnosti zajímavou. U organické hmoty se v půdě jedná jak o živé buňky, tak o produkty jejich činnosti v podobě humifikované odumřelé hmoty rostlinného, živočišného a mikrobiálního původu. A z tohoto pohledu jsou v moderní arboristice velmi zajímavé aminokyseliny, neboť jejich množství v půdě dokumentuje dvě skutečnosti: 1. přítomnost jejich půdních producentů, tj. živých buněk, tak substrátu, díky němuž jsou aminokyseliny živými buňkami produkovány, tj. humifikované půdní hmoty, a 2. přítomnost metabolicky aktivních kořenů bylin, keřů a rostlin, které produkují aminokyseliny jako součást kořenových výlučků (eksudátů).

V předkládané práci byly detailně studovány ty nejdůležitější půdní aminokyseliny - kyselina asparagová a kyselina glutamová. Jejich studium probíhalo na lokalitě na návětrné straně ŠLP MI Křtiny, typické vysokými srážkami, na lokalitě Bukovinka, na lokalitě v centrální části ŠLP MI Křtiny, typické naopak nízkými srážkami, na lokalitě Rudice a na lokalitě ve výškově nejvyšší části ŠLP MI Křtiny vůbec, typické nízkými teplotami, na lokalitě Proklest. Čtvrtou lokalitou bylo využití zajímavé možnosti - mít na jedné lokalitě dva ekotony a to lesního prostředí s půdou málo a půdou silně člověkem ovlivněnou, tj. studovat kontrast člověkem půdy málo ovlivněné, půdy louky, s půdou silně ovlivněnou, půdou ornou; tato možnost vznikla na lokalitě Proklest.

Detailní studium přitom představovalo též odlišení ekotonu od vlastního prostoru s postupně převažujícími stromy, kdy byly pro hloubku 5 centimetrů analyzovány obsahy obou nejdůležitějších půdních aminokyselin ve vzdálenostech 3, 6, 9, 12 a 15 m od ekotonu do hloubky lesního porostu. Pro oblast s nadprůměrnými srážkami (studijní plocha Bukovinka)

pro obě dvě studované aminokyseliny platí maximum jejich produkce v letních měsících. Z arboristického hlediska je zde podstatný závěr, že není-li srážková voda limitujícím parametrem stanoviště, tj. i v letním období je zásoba půdní vody dostatečná, na tak citlivém parametru půdní úrodnosti jakým je přítomnost aminokyselin v půdě se projeví jednak vyšší teploty, umožňující půdní biotě jejich produkci, tak dosažení akcelerace tvorby biomasy pozdního jara a doznívání vysoké potřeby živin pro růst rostlin v průběhu léta.

Arboristicky velmi zajímavé bylo proto studovat situaci na stanovištěně opačném extrému - pro oblast s naopak podprůměrnými srážkami (studijní plocha Rudice) platil pro kyselinu asparagovou přesný opak: během letních měsíců dosahovala její přítomnost v hloubce 5 cm studovaných půdních těles nejnižších hodnot. Pro kyselinu glutamovou tomu tak nebylo: přestože srážek ubývá, dochází k letnímu maximu její přítomnosti v půdě, což se nemění ani s nárůstem množství opadu v podzimních měsících. Tato dynamika jejich obsahů přitom platí i na ekotonu, kde je vliv opadu minimální. Zdá se tedy, že klíčovou příčinou její přítomnosti v půdě je akcelerace tvorby biomasy ve vrcholném jaře a létě, tedy stejný závěr, který platil pro stanoviště s nadprůměrnými srážkami. Z obou závěrů je tedy patrné, že v podmínkách nízkých srážek bude kyselina asparagová obecně produkována při podstatně nižší míře tolerance vůči tak základnímu arboristickému parametru stanoviště jakým je jeho mezoklima. Pro oblast s podprůměrnými teplotami (studijní plocha Proklest) a půdami člověkem stejně ovlivněnými jako tomu bylo v případě studijních ploch Bukovinka a Rudice byly nápadné rozdíly mezi oběma nejdůležitějšími půdními aminokyselinami. Kyselina asparagová byla sice v srpnu ve vysokých množstvích, nicméně v prostoru s přibývajícími jednotlivými stromy, tj. hlouběji do lesního porostu od vlastního ekotonu, se stále více a více projevoval až úplný závěr vegetačního období, měsíc listopad. Je zřejmé, že pro období před počátkem dormance stromů je to především akumulace odumřelého rostlinného materiálu na půdním povrchu, která vytváří nejpříznivější situaci pro produkci této aminokyseliny půdní biotou. Tento závěr dokládá dynamika změn obsahu kyseliny asparagové na ekotonu, kdy jsou markantní nejvyšší obsahy v květnu a červnu: je zřejmé, že zákonitě nízké množství opadu v ekotonu nevede k zintenzivnění půdního života během podzimu a je to naopak vrcholící jaro a počátek léta, kdy akcelerace růstu rostlin vede k akceleraci obsahu této aminokyseliny v rostlinných kořenových eksudátech.

Toto již neplatí pro kyselinu glutamovou: jak na ekotonu, tak pro prostor s postupně stále větším vlivem stromů platilo, že vždy byly v hloubce 5 cm naměřeny její nejvyšší obsahy v měsíci srpnu. Je tedy vidět, že její uvolňování do půdy není výsledkem ani stimulace aktivity

půdní bioty, ani projevem akcelerace růstu biomasy rostlin, ale je adaptivní reakcí na vyšší teploty - neboť právě nízké teploty budou zde stanovištně limitující. Z tohoto závěru je tedy patrné, že v podmínkách nízkých teplot bude kyselina asparagová obecně produkována při podstatně vyšší míře tolerance vůči tak základnímu arboristickému parametru stanoviště jakým je jeho mezoklima. Poslední studovanou otázkou byl vliv intenzity změn půdního prostředí člověkem, kdy na studijní ploše Proklest bylo možno sledovat dynamiku změn obsahu obou nejdůležitějších půdních aminokyselin na člověkem výrazně změněné půdě, půdě orné. Na ekotonu zde byl výrazně nejvyšší obsah kyseliny asparagové v červnu, kyseliny glutamové v dubnu a následně červenci a srpnu. Je tedy možno usuzovat, že na člověkem silně pozměněné půdě byl v podmínkách podprůměrných teplot pro kyselinu asparagovou klíčový vliv akcelerace růstu tvorby biomasy, zatímco pro kyselinu glutamovou nástup vyšších teplot. Z tohoto závěru je tedy patrné, že obecně v podmínkách nízkých teplot bude kyselina asparagová produkována při podstatně vyšší míře tolerance vůči tak základnímu arboristickému parametru stanoviště jakým je jeho mezoklima, kdy stejně tak jako na půdě (na stejném stanovišti) člověkem málo ovlivněné je to kyselina glutamová, která je vůči klimatu podstatně citlivější.

Celkovým závěrem jsou z pohledu arboristických priorit tyto tři skutečnosti:

1. není-li na stanovišti limitující nedostatek vody, pak je přítomnost půdních aminokyselin funkcí nárůstu teplot na stanovišti: nástup vyšších teplot pak působí patrně jak přímo (stimulací půdní bioty), tak nepřímo (zvýšení obsahu půdních aminokyselin jako projevu akcelerace tvorby biomasy stromů).
2. je-li na stanovišti limitující nedostatek vody, pak se obě nejdůležitější půdní aminokyseliny stran svých obsahů v povrchovém A-horizontu liší: množství kyseliny asparagové odpovídá vlivu sucha, tj. tato aminokyselina je na nedostatek vody na stanovišti citlivá; množství kyseliny glutamové pozitivně reaguje na akceleraci tvorby biomasy rostlin
3. jsou-li na stanovišti limitující nízké teploty, pak se obě nejdůležitější půdní aminokyseliny stran svých obsahů v povrchovém A-horizontu liší: množství kyseliny asparagové odpovídá akceleraci tvorby biomasy rostlin; množství kyseliny glutamové odpovídá teplotách na stanovišti, tj. tato aminokyselina je na nízké teploty citlivá.

6 Summary from a point of view of arboriculture

This thesis was created in cooperation with TAČR to join soil biochemistry and priorities of arboriculture industry. This thesis is focused on soil aminoacids in depth of 5 cm and their role in soil fertility. Soil fertility is the result of action of six factors – soil-forming substrate, climate, terrain relief, organisms, time and humans. Organic matter in soil is presented in live cells and their products of their work. That's why aminoacids are important, because they document presence of live matter which produces aminoacids and also presence of plants, which release aminoacids into soil with their roots.

The overall summary from the point of view of arboriculture is: If the location is not limited by quantity of water, presence of soil aminoacids is in relationship with rising temperature, which affects the reserves of soil aminoacids directly by stimulation of organisms and plants and indirectly by increasing of aminoacids because of accelerated growth of plants. If the location is limited by quantity of water, aspartic acid and glutamic acid levels differ. Aspartic acid level responds to water levels, glutamic acid responds to plant growths. If the location is limited by low temperatures, levels of aspartic acid responds to the plant growth and glutamic acid responds to temperatures.

7 Seznam citované literatury

- 1 BÁRTA, M., BARTOŠOVÁ, L., 2007. *Maturitní otázky chemie*. Havlíčkův Brod: Fragment. 239 s. ISBN 978-80-253-0498-3.
- 2 FISK M. C., SCHMIDT S. K. 1995. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59 s.
- 3 HANSEN, AJ., DI CASTRI, F. 1988. *Landscape Boundaries. Ecological Studies 92, Springer Verlag*
- 4 JANDÁK, J., Pokorný, E., Prax, A., 2010: *Půdoznalství. Skriptum*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. 143 s. 2470. ISBN 978-80-7375-445-7.
- 5 JENÍK, J., 1995. *Ekosystémy*. Praha: Karolinum, 135 s. ISBN: 80-7184-040-8
- 6 JONES D. L., KIELLAND K. 2002: *Soil Biol. Biochem.*
- 7 KAYE J. P., HART S. C. 1997.: *Trends Ecol. Evol.*
- 8 KOLARŇÍK J. a kol, 2010. *Péče o dřeviny mimo les, Vlašim*. 696 s. ISBN-978-80-86327-853
- 9 KLIMO, E., 1990. *Lesnická pedologie*. Brno, VŠZ. 256 s.
- 10 MATĚJÍK M. 2009. *Lesnické mapy v proměnách času na území Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 97 s. ISBN 978-80-7375-370-2
- 11 MENŠÍK, L., 2005. *Geobiocenologická charakteristika území a vymezení ekologické sítě. Geobiocenologie a ekologie krajiny. ÚBDG MZLU v Brně*. 30 s.
- 12 PAUL J. P., WILLIAMS B. L. 2005: *Soil Biol. Biochem.*
- 13 POSPÍŠILOVÁ, L., 2012: *Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek. Původní vědecká práce. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis: Folia Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně: edice původních vědeckých prací a monografií*. 155 s. ISSN 1803-2109.
- 14 REHDER H., SCHAFER A. 1978. *Nitrogen in the Environment*. sv. II , s. 157. Academic Press, New York
- 15 REJŠEK K., FORMÁNEK P., VRÁNOVÁ V. 2010. *The Soil Amino Acids: Quality, Distribution and Site Ecology*. Nova Science Publishers Inc., New York.
- 16 REJŠEK, K, 1999. *Lesnická pedologie: cvičení*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 152 s. ISBN 80-7157-352-3

- 17 ROHLÍK, T., 2012. *Respirace enantiomerů aminokyselin v půdách vybraných ekosystémů, diplomová práce*. Brno: Mendelova Univerzita v Brně. 99 s.
- 18 SKLENIČKA, P., PITTNEROVÁ, B., 2003. *Ekotony v krajině. Pozemkové úpravy*, 46.
- 19 SOCHOR L., (2016). *Půdní oxidovatelný uhlík a stanovení poměru huminových kyselin a fulvokyselin vybraných studijních ploch (les, ekoton, orná půda, louka/pastvina), bakalářská práce*
- 20 YONEBAYASHI K., HATTORI T.1980: *Soil Sci. Plant Nutr.*

7.1 Internetové zdroje

- 1 TAČR: *Technologická agentura české republiky* [online], [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://www.tacr.cz/index.php/cz/o-ta-cr.html>
- 2 ŠANTRŮČKOVÁ, H. (2014). *Základy ekologie půdy, skriptum*.

Available from:

http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta_puda_metody_final.pdf

- 3 ŠIMEK, M. (2003). *Základy nauky o půdě i neživé složky půdy*.

Available from: <http://ldf.mendelu.cz/ugp/wp-content/ugp>

files/attachment/simek_m_2003_zaklady_nauky_o_pude_i_nezive_slozky_pudy.pdf

- 4 VAVŘÍČEK, D. KUČERA, A. (2014) *Základy lesnické pedologie, skriptum*.

Available from:

https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf

- 5 VOKOUN J. a kol. (2002). *Příručka pro průzkum lesních půd, skriptum*.

Available from:

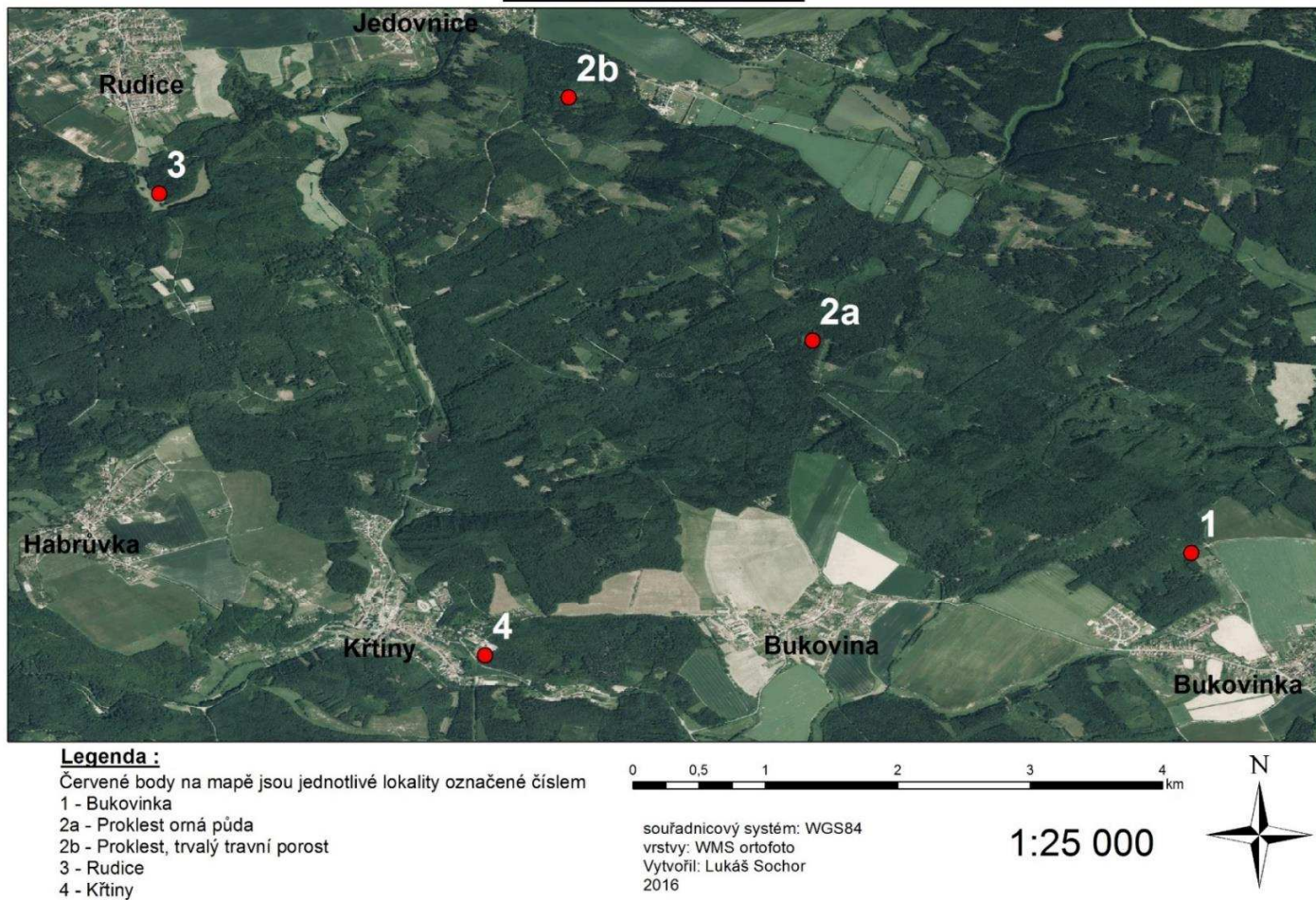
http://ldf.mendelu.cz/ugp/wpcontent/ugp/files/attachment/prirucka_pro_puzkum_lesnich_pud.pdf

8 Přílohy

8.1 Mapa lokalit

Mapu vytvořil Lukáš Sochor pro svou bakalářskou práci v roce 2016.

Přehled Lokalit



Obr. 17: Mapa, přehled lokalit

8.2 Fotodokumentace

Fotky následujících lesních částí lokalit pořídila doc. Valerie Vránová

8.2.1 Bukovinka



Obr. 18: Lesní profil Bukovinka

8.2.2 Proklest - orná půda



Obr. 19: Lesní profil Proklest-orná půda

8.2.3 Proklest - louka



Obr. 20 – Lesní profil Proklest-louka

8.2.4 Rudice



Obr. 21 – Lesní profil Rudice

8.2.5 Křtiny



Obr.22 – Lesní profil Křtiny

9 Seznam tabulek a obrázku

Tab. 1 – GPS souřadnice jednotlivých lokalit a mezoklimatické zařazení (Sochor, 2016)

Obr.1- Zvětrávání minerálů v půdě (Šantůčková,2014)

Obr. 2- Nejdůležitější procesy přeměn dusíku v půdě (Šantrůčková, 2014).

Obr. 3 - Přeměny dusíku v půdě (Šantrůčková, 2014).

Obr. 4- Příjem a zabudování dusíku u rostlin a mikroorganismů (Šantrůčková, 2014).

Obr. 5- První obrázek ukazuje stav před lesní těžbou, kdy je dusík imobilizován organismy a není vyplavován. Druhý obrázek ukáže vyplavování půdního dusíku po těžbě (Šantrůčková, 2014).

Obr. 6 – Schématické zobrazení odběrných ploch (Sochor, 2016)

Obr. 7- Ilustrační foto chromatografu od firmy Agilent (www.agilent.com)

Obr. 8 – Ilustrační foto chromatografu od firmy Agilent (www.agilent.com)

Obr. 9 - Nejvlhčí lokalita Bukovinka. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

Obr. 10 - Nejvlhčí lokalita Bukovinka. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

Obr. 11 – Nejchladnější lokalita Proklest-orná půda. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

Obr. 12 - Nejchladnější lokalita Proklest-orná půda. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

Obr. 13 – Nejchladnější lokalita Proklest-louka. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech

Obr. 14 - Nejchladnější lokalita Proklest-louka. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

Obr. 15 – Nejsušší lokalita Rudice. Zásoba kyseliny asparagové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

Obr. 16 – Nejsušší lokalita Rudice. Zásoba kyseliny glutamové v průběhu roku na ekotonu a v lesních částech.

Obr. 17 – Mapa, přehled lokalit

Obr. 18 – Lesní profil Bukovinka

Obr. 19 – Lesní profil Proklest-orná půda

Obr. 20 – Lesní profil Proklest-louka

Obr. 21 – Lesní profil Rudice

Obr.22 – Lesní profil Křtiny

10 Poděkování

Rád bych poděkoval panu profesorovi Rejškovi za vybrání tématu pro mou bakalářskou práci a za pomoc při jejím vypracování. Poděkovat bych chtěl i paní docentce Vránové za možnost konzultace směru práce a paní magistře Paschové za poskytnutí dat k výzkumu. Také bych chtěl poděkovat Soni Kočvarové za poskytnutí literatury k vypracování práce a Evě Bartákové za její editaci.