

LABORATORNÍ POSTUPY PŘI ZJIŠŤOVÁNÍ PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ – ANALÝZY PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PEDOLOGICKÉHO PRAKTIKA

V rámci pedologických praktik posluchači provádí analýzy půdních vlastností, jejichž postupy jsou níže pospány dle skript Rejšek, 1999: *Lesnická pedologie – cvičení*:

Obsah

| | |
|--|-----------|
| I. Fyzikální vlastnosti | 3 |
| I.1. Konstantní hmotnost půdního vzorku stanovená vysoušením | 3 |
| I.2. Měrná hmotnost stanovená pyknometricky | 3 |
| I.2.1. Problematika stanovení | 3 |
| I.2.2. Pracovní postup | 4 |
| I.2.3. Výpočet | 5 |
| I.2.4. Vyhodnocení | 5 |
| I.3. Objemová hmotnost a objemová hmotnost redukována stanovená gravimetricky | 5 |
| I.3.1. Problematika stanovení | 5 |
| I.3.2. Pracovní postup | 6 |
| I.3.3. Výpočet objemové hmotnosti ρ_w | 6 |
| I.3.4. Výpočet objemové hmotnosti redukována ρ_d | 6 |
| I.3.5. Vyhodnocení | 7 |
| I.4. Sušina a obsah vody ve vzorku podle ČSN 72 1110 (1959) a hmotnostní vlhkost podle ISO/DIS 11465 (1993) | 7 |
| I.4.1. Problematika stanovení | 7 |
| I.4.2. Pracovní postup | 7 |
| I.4.3. Výpočet sušiny a obsahu vody x ve vzorku | 8 |
| I.4.4. Výpočet hmotnostní vlhkosti w | 8 |
| I.4.5. Vyhodnocení | 8 |
| I.5. Maximální kapilární vodní kapacita | 9 |
| I.5.1. Problematika stanovení: | 9 |
| I.5.2. Pracovní postup | 9 |
| I.5.3. Výpočet | 10 |
| I.5.4. Vyhodnocení | 10 |
| I.6. Výpočty pórovitosti, objemové hmotnosti, provzdušněnosti, minimální vzdušné kapacity, relativní vlhkosti a nasycenosti pórů. | 10 |
| I.6.1. Výpočet pórovitosti P | 11 |
| I.6.2. Výpočet objemové vlhkosti Θ | 11 |
| I.6.3. Výpočet provzdušněnosti A | 11 |
| I.6.4. Výpočet minimální vzdušné kapacity A_{MCK} | 11 |
| I.6.5. Výpočet relativní vlhkosti kapilární R_v | 12 |
| I.6.6. Výpočet nasycenosti pórů R_{NP} | 12 |
| I.6.7. Vyhodnocení | 12 |
| II. Fyzikálně-chemické vlastnosti | 13 |
| II.1. Půdní reakce aktivní a půdní reakce potenciální výměnná podle VÁLKA (1954) a ISO/DIS 10390 (1992) | 13 |
| II.1.1. Problematika stanovení | 13 |
| II.1.2. Pracovní postup | 14 |
| II.1.3. Vyhodnocení | 14 |

| | |
|--|-----------|
| II.2. Půdní výměnná sorpce a výpočet stupně nasycení sorpčního koloidního komplexu bazickými kationy podle KAPPENA (1929) | 14 |
| II.2.1. Problematika stanovení a zdroje možných chyb | 14 |
| II.2.2. Pracovní postup pro stanovení Ha | 17 |
| II.2.3. Výpočet Ha | 17 |
| II.2.4. Pracovní postup pro stanovení S | 17 |
| II.2.5. Výpočet S | 18 |
| II.3. Výpočet V | 18 |
| II.3.1. Vyhodnocení | 19 |
| III. Chemické vlastnosti půd | 20 |
| III.1. Stanovení obsahu humusových látek ztrátou žíháním dle ČSN 721110 (1959) | 20 |
| III.1.1. Problematika stanovení | 20 |
| III.1.2. Pracovní postup | 21 |
| III.1.3. Výpočet | 21 |
| III.1.4. Vyhodnocení | 21 |
| IV. Biochemické vlastnosti | 21 |
| IV.1. Aktivita půdní katalázy podle KÁŠE (1954) | 21 |
| IV.1.1. Problematika stanovení | 21 |
| IV.1.2. Pracovní postup | 22 |
| IV.1.3. Vyhodnocení | 23 |
| IV.2. Aktivita půdních celuláz podle CHRISTENSENA (1910) v modifikaci GRUNDY (1967) | 23 |
| IV.2.1. Problematika stanovení | 23 |
| IV.2.2. Pracovní postup | 24 |
| IV.2.3. Výpočet | 25 |
| IV.2.4. Vyhodnocení | 25 |

Výsledky analýz v rámci cvičení budou odevzdávány formou Závěrečného formuláře (<http://ldf.mendelu.cz/ugp/vyuka/materialy-ke-stazeni>), uvedeného rovněž na těchto stránkách.

I. FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

I.1. Konstantní hmotnost půdního vzorku stanovená vysoušením


Cílem vysoušení do konstantní hmotnosti je odstranění nekrytalické půdní vody z daného vzorku a to bez změn v organické hmotě, kterou tento vzorek obsahuje.

Půdní vzorek je vysušen do konstantní hmotnosti tehdy, pokud již neztrácí nic ze své hmotnosti.

Vysoušení do konstantní hmotnosti je dosaženo při minimálně čtyřhodinovém vystavení půdního vzorku **teplotě 105°C**. Po čtyřech hodinách je úbytek (nekrytalické) půdní vody většinou takový, že ani delším setrváním ve vyhřáté sušárně se na hmotnosti vzorku již nic nemění. Z exaktního hlediska to znamená, že při použití analytických vah s přesností $\pm 0,001$ g i po uplynutí delší doby (tj. šest, osmi, deseti hodin) nejsme u vzorku vyjmutého ze sušárny schopni zjistit žádné další snižování hmotnosti.

Vysoušení vzorků do konstantní hmotnosti se provádí v elektrické horkovzdušné sušárně a to většinou pomocí hliníkových vysoušeček (event. smaltovaných misek).

Na vychladnutí se vysušené vzorky vloží do exsikátoru naplněného buď vysušeným silikagelem či granulovaným chloridem vápenatým:

 *Vysoušečka se vzorkem se po vyjmutí ze sušárny uzavře víčkem a vloží do exsikátoru na vychladnutí.*

 *Po vychladnutí se vzorek v zavíčkované vysoušečce opět váží.*

U vzorků minerálních horizontů se nastavení teploty provede přímo a kontroluje se pouze čas vysoušení.

Vysoušení ve dvou krocích se provádí v následujících dvou případech:

- U vzorků nadložního humusu,
- Při vysoušení již laboratorně zpracovávaných vzorků, v daném analytickém kroku právě umístěných do laboratorního skla spolu s vodou (viz např. kapitola 7.6. Fyzikální jíl).

V těchto případech jsou vzorky nejprve vysušovány při teplotě 60-70 °C: v prvním případě tak předcházíme nebezpečí vznícení prudkým nárůstem teploty, v druhém případě při této teplotě odpařujeme vodu. Předsoušení trvá maximálně 3 hodiny.

Po předsoušení jsou vzorky následně dosušeny při uzanční teplotě 105°C. I v případě těchto vzorků musí platit, že do konstantní hmotnosti jsou vysušeny tehdy, když i při následných opakovaných váženích (po postupně prodlužovaném vysoušení) neztrácejí nic ze své hmotnosti. Volba teploty 105°C je podmíněna skutečností, že při ní ještě nedochází k degradaci lignino-sacharidových polymerů organických půdních látek. Vzorek vysušeny do konstantní hmotnosti je tedy vzorkem, kde nedošlo ke změně ve formě a obsahu jeho organické hmoty.

I.2. Měrná hmotnost stanovená pyknometricky

I.2.1. Problematika stanovení

Měrná hmotnost (specifická hmotnost, hustota pevné půdní fáze) je dána hmotností 1 cm³ půdy zcela zbavené plynné i kapalně fáze. Tato hodnota sama o sobě nemá zásadní

lesnický význam. Její stanovení je však stanovením rutinním, neboť na jeho základě lze určit hodnotu lesnickou mimořádně významnou: procento půdní pórovitosti.

Obecně platí, že měrná hmotnost je jednou ze základních fyzikálních charakteristik každého materiálu – tedy i půdy. Vzhledem k tomu, že pevná půdní fáze lesních půd je složena z látek organických i minerálních, bude její hodnota záviset především na podílu organických látek v matici daného horizontu a na chemickém složení horninotvorných minerálů půdotvorného substrátu daného lesního stanoviště.

Měrná hmotnost lesní půdy s t o u p á se vzrůstajícím obsahem prvků o vysoké atomové hmotnosti (z hlediska možného výskytu v našich lesních půdách by se mohlo jednat především o antimon, baryum, cín, kadmium, olovo a rtuť) a naopak k l e s á s podílem vody ve vzorci daného horninotvorného minerálu.

Konkrétní poměry v pevné půdní fázi lze zjistit třemi technikami:

- Volumetrickými metodami s využitím Archimedova zákona.
- Použitím tzv. těžkých kapalin (imersní metoda).
- Pyknometricky.

Navrhovaná metoda je metodou pyknometrickou. Pyknometr je přesně kalibrovaná tenkostěnná skleněná nádobka s úzkým hrdlem a zabroušenou skleněnou zátkou s kapilárním otvorem. Jeho velikost je úměrná objemu analyzovaného vzorku – při vlastní analýze je pyknometr vzorkem zaplněn do přibližně čtvrtiny své výšky.

V některých metodikách se provádí odvzdušnění půdních vzorků mimo pyknometr. Daný postup je poté sice metodicky jednodušší, ale manuálně nesrovnatelně náročnější: problém není ani tak v rozstříkávání půdní suspenze vně jeho zahříváního objemu, jako spíše ve rutinně nesnadno zvládnutelném kvantitativním vpravování zchladlé suspenze do (stále se ucpávajícího) pyknometru pomocí drátku protaženého skrz jeho hrdlo.

1.2.2. Pracovní postup

Pozn.: všechna vážení jsou se zátkou, zahřívání obsahu bez zátky. Doplnění destilovanou vodou je nutné provádět tak, aby v pyknometru nezbyly žádné vzduchové bubliny. Vážení provádíme o celou dobu stanovení na stejných laboratorních vahách.

- 🧪 *vzorek jemnozeme I vysušíme do konstantní hmotnosti;*
- 🧪 *zvážíme pečlivě vyčištěný, očíslovaný Gay-Lussacův [gélisakův] pyknometr;*
- 🧪 *daný pyknometr naplníme až po okraj destilovanou vodou, krouživým pohybem zasuneme zátku tak, aby voda prostříkla kapilárou, pyknometr osušíme a zvážíme;*
- 🧪 *pyknometr vyprázdníme a vložíme na 10 minut do vyhřáté elektrické sušárny. Po vychladnutí vsypeme do přibližně jedné čtvrtiny jeho výšky daný půdní vzorek;*
- 🧪 *pyknometr se vzorkem znovu odvážíme;*
- 🧪 *pyknometr naplníme asi do poloviny destilovanou vodou a bez vážení jej zahříváme na pískové lázni až dovaru. Při zahřívání je nutno dbát na nevykypění jeho obsahu;*
- 🧪 *souběžně zahříváme čistou destilovanou vodu. Po jejím zahřátí přikryjeme kádinku s touto vodou hodinovým skličkem a necháváme ji zchladnout na pokojovou teplotu;*
- 🧪 *při vysušení do konstantní hmotnosti byla ze vzorku odstraněna tekutá půdní fáze, při provaření veškerá plynná půdní fáze – obsah pyknometru je nyní tvořen pouze pevnou půdní fází. Nyní pyknometr necháme vychladnout na pokojovou teplotu;*
- 🧪 *pyknometr opět doplníme upravenou destilovanou vodou. Pyknometr zazátkujeme tak, aby kapilára byla plná vody. Pyknometr se vzorkem a vodou odvážíme.*

I.2.3. Výpočet

$$\rho_s = m_1 / (m_1 + m_2) - m_3$$

kde

m_1 – hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti (navážka vzata ke stanovení),

m_2 – hmotnost pyknometru s destilovanou vodou,

m_3 – hmotnost pyknometru s rozvařeným vzorkem a s destilovanou vodou.

I.2.4. Vyhodnocení

Vyjdeme-li z odhadu absolutních počtů atomů jednotlivých prvků zemské kůry (MASON a MOORE, 1992), je 99,5 % jejich počtu tvořeno pouze 9 z celkových 109 pojmenovaných prvků periodické soustavy. Vyjdeme-li z odhadu hmotnostního podílu jednotlivých prvků (STEJSKAL, 1968), na 90 % hmotnosti zemské kůry potřebujeme pouze 8 prvků. Z této asymetrie vyplývá mimořádný význam živců ($\rho_s \approx 2,6 \text{ g.cm}^{-3}$) a křemene ($\rho_s \approx 2,65 \text{ g.cm}^{-3}$).

Měrná hmotnost minerálních horizontů tak nutně kolísá mezi 2,5 – 3,0 g.cm^{-3} .

Vzhledem k tomu, že měrná hmotnost se zvyšujícím se podílem organických látek zákonitě klesá, v případě povrchových humusových A-horizontů tak většinou nepřesahuje 2,0 g.cm^{-3} . V případě nadložních horizontů měrná hmotnost zpravidla nepřesahuje 1,5 g.cm^{-3} .

Použitá literatura:

MASON B. A MOORE C.B. (1982) *Principles of Geochemistry*. 4. vydání, John Wiley, New York.

STEJSKAL J. (1968) Složení zemské kůry. In *Lesnická geologie* (J. Stejskal, J. Húsenica, B. Hruška a O. Brunclík), s.10-19. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

I.3. Objemová hmotnost a objemová hmotnost redukováná stanovená gravimetricky

I.3.1. Problematika stanovení

Objemová hmotnost půdy, tj. hmotnost 1 cm^3 půdy v přirozeném stavu, je na daném lesním stanovišti hodnotou mimořádně významnou. Projevuje se ve čtyřech směrech:

1. Ovlivňování diferenciačních půdních procesů.
2. Ovlivňování obsahu a forem půdní vody.
3. Ovlivňování půdní aerace.
4. Ovlivňování půdní konzistence.

Objemová hmotnost půdy je hmotnost 1 cm^3 daného horizontu v původním neporušeném stavu, tj. včetně momentálního (okamžitého) obsahu plynné a kapalné fáze v makropórech a pórech kapilárních i ultrakapilárních. Číselná hodnota objemové hmotnosti jakožto hmotnosti 1 cm^3 půdy s nezměněnou pórovitostí je lesnicky významná především z hlediska stanovení hmotnosti půdy určité větší plochy, např. záhonu lesní školky.

Objemová hmotnost redukováná je hmotnost 1 cm^3 půdy vysušené do konstantní hmotnosti a je vstupní veličinou pro výpočet procenta půdní pórovitosti. Vlastní číselné hodnoty objemové hmotnosti ρ_w a objemové hmotnosti redukováné ρ_d jsou podmíněny především čtyřmi parametry:

- Tvarem a způsobem uložení primárních (částic jednotlivých zrnitostních frakcí) i sekundárních (půdních agregátů) strukturních prvků,
- Podílem kapilárních pórů na dané půdní pórovitosti,

- Obsahem humusu
- Měrnou hmotností jednotlivých horninotvorných minerálů, tvořících minerální podíl daného půdního horizontu.

Stanovení objemových hmotností se standardně provádí ve fyzikálních válečkách.

Rozdíl v přístupu k oběma těmto objemovým hmotnostem spočívá obecně v tom, že objemovou hmotnost měříme u vzorku ve fyzikálním válečku přímo po odebrání z terénu, zatímco objemovou hmotnost redukovanou u vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti.

V případě extrémně skeletnatých lesních půd se fyzikální válečky s objemem 100 cm³ nahrazují buď válečky s objemem 500 cm³ nebo použitím velkých silnostěnných plastických trubek, postupně zapravovaných po půdního profilu.

Hodnoty objemové hmotnosti půdy vykazují výraznou sezónní dynamiku a to především v závislosti na vlhkostních poměrech dané lesní půdy. Vzhledem k obsahu půdní vody je objemová hmotnost půdy v přirozeném stavu obecně vyšší než objemová hmotnost redukováná.

1.3.2. Pracovní postup

- 🧪 používané číslované fyzikální válečky i s oběma číslovanými víčky si předem zvážím;
- 🧪 v rámci terénního šetření do fyzikálního válečku odebereme půdní vzorek daného horizontu;
- 🧪 váleček s neporušeným půdním vzorkem o objemu 100 cm³ se uzavře víčky z obou stran, fixuje dvěma do kříže orientovaným i gumičkami a převeze do laboratoře.;
- 🧪 v laboratoři se váleček se vzorkem pečlivě očistí a s víčky (bez gumiček) zváží;
- 🧪 z válečku se sejme horní víčko a tento se vysouší do konstantní hmotnosti;
- 🧪 po vysušování se váleček se vzorkem přikryje druhým původním víčkem a vloží na vychladnutí do exsíkátoru;
- 🧪 po vychladnutí se váleček zváží.

1.3.3. Výpočet objemové hmotnosti ρ_w

$$\rho_w = (b-a)/V \text{ [g.cm}^{-3}\text{]}$$

kde

b – hmotnost válečku s víčky s neporušeným vzorkem v původním stavu,

a – hmotnost válečku s víčky,

V – objem vzorku.

1.3.4. Výpočet objemové hmotnosti redukové ρ_d

$$\rho_d = (c-a)/V \text{ [g.cm}^{-3}\text{]}$$

kde

c – hmotnost válečku s víčky se vzorkem vysušeným do konstantní hmotnosti,

a – hmotnost válečku s víčky,

V – objem vzorku.

1.3.5. Vyhodnocení

Hodnota objemové hmotnosti půdy u minerálních horizontů lesních půd kolísá v rozmezí od 1,1 – 1,6 g.cm⁻³; u vzorků některých písčitých půd dosahuje až 1,8 g.cm⁻³. S přibývajícím obsahem humusových látek objemová hmotnost klesá: u vzorků z humusových A-horizontů se pohybuje okolo hodnoty 1 g.cm⁻³; u vzorků z čistě organogenních horizontů dosahuje méně než 0,5 g.cm⁻³.

I.4. Sušina a obsah vody ve vzorku podle ČSN 72 1110 (1959) a hmotnostní vlhkost podle ISO/DIS 11465 (1993)

1.4.1. Problematika stanovení

Hmotnostní a objemová vlhkost patří k základním hydrofyzikálním vlastnostem lesní půdy. Hmotnostní vlhkost se určí gravimetricky z fyzikálního válečku a vyjadřuje se procenticky. Hmotnostní vlhkost je dána procenticky vyjádřeným poměrem hmotnosti vody k hmotnosti konstantně vysušeného vzorku, což znamená, že udává kolik gramů vody připadá na konstantně vysušených 100 g půdy.

Obsah sušiny půdního vzorku se určí odečtením okamžitého obsahu vody v analyzovaném půdním vzorku od 100 g a vyjadřuje se procenticky. Procento sušiny udává, kolik gramů vody je ve 100 g právě analyzovaného vzorku.

Obě hodnoty se určují až po vysušení do konstantní hmotnosti.





Stanovení sušiny jakéhokoliv vzorku stanovením mimořádně důležitým. Příčinou je skutečnost, že obsah volně vázané vody (tj. součtu obsahů vody adsorpční, vody kapilární a vody gravitační, resp. Vody, která není účastna v chemických reakcích) je zcela rozdílný jak v různých vzorcích, tak i ve vzorku jednotlivém je-li analyzován v různých časových odstupech.

Jednotná srovnávací hladina pro přepočty je nezbytná. Vzhledem k tomu, že volná půdní voda je voda odstranitelná při 105°C, je možno za tuto jednotnou srovnávací hladinu považovat hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti. Sušina půdního vzorku je obecně procenticky vyjádřenou hmotností pevné půdní fáze bez volné půdní vody (KROC, 1961; DAVÍDEK *et al.*, 1977; MELCER *et al.*, 1977; SEDLÁČEK, 1978) přičemž tohoto stavu – který je vřdy i u téhož vzorku zcela jedinečným právě pro daný okamžik měření – dosáhneme vystavením vzorku teplotě 105°C po dobu alespoň čtyř hodn. V případě stanovení sušiny je hmotnost vody ve vzorku vztahena k hmotnosti vzorku s původní vlhkostí.

Stanovení hmotnostní vlhkosti půdy vychází z definice KUTÍLKA (1978;s 130) ... *půdní vlhkost. Definujeme ji podobně jako koncentraci...* V tomto případě je hmotnost vody ve vzorku vztahena k hmotnosti vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti.

Vlastní stanovení lze provádět buď ve fyzikálním válečku nebo pomocí hliníkové vysoušecí misky. Používá-li se vysoušečka, jsou daná stanovení započato přímo v terénu a to oděrem směsného vzorku přímo do tohoto obalu.

1.4.2. Pracovní postup

-  do vysoušecí misky se vloží vzorek s původní vlhkostí. V případě horizontu měli Oh se vkládá přibližně 3-5 g vzorku, v případě humusového A-horizontu ± 5 g a v případě podpovrchových a substrátových horizontů 8-10 g;
-  vzorky ve vysoušečce s podloženým víčkem se zváží na analytických vahách s nejvyšší dosažitelnou přesností;
-  vzorky se suší při teplotě ± 60°C po dobu 2 hodin;
-  poté se dosušují při teplotě 105°C alespoň čtyři hodiny;

- 🧪 vysoušečka se vzorkem se vyjme ze sušárny a ihned uzavře víčkem;
 🧪 po zchladnutí v exsikátoru se vzorek v zavíčkované vysoušečce zváží.
 Při práci s fyzikálním válečkem používáme zcela obdobný způsob analýzy.

I.4.3. Výpočet sušiny a obsahu vody x ve vzorku

$$x = (m_1 - m_2) \cdot 100 / m_1 \quad (\%)$$

kde

m_1 – hmotnost vzorku před vysušením, tj. navážka původního vzorku

m_2 – hmotnost vzorku po vysušení do konstantní hmotnosti;

$$\text{sušina} = 100 - w \quad (\%)$$

I.4.4. Výpočet hmotnostní vlhkosti w

$$w = (m_1 - m_2) \cdot 100 / m_2 \quad (\%)$$

kde

m_1 – hmotnost vzorku před vysušením, tj. navážka původního vzorku,

m_2 – hmotnost vzorku po vysušení do konstantní hmotnosti;

I.4.5. Vyhodnocení

Tab. 1: Hodnocení hmotnostní vlhkosti lesních půd

| Lehké půdy | Střední půdy | Těžké půdy | Půdní horizont |
|----------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Hmotnostní vlhkost w (%) | | | |
| 2-4 | 4-8 | 8-15 | Suchý |
| 4-8 | 8-15 | 15-25 | Mírně vlhký |
| 8-12 | 15-25 | 25-35 | Čerstvě vlhký |
| 12-18 | 25-35 | 35-45 | Vlhký |
| 18-30 | 35-45 | 45-55 | Mokrý |
| Více než 30 | Více než 45 | Více než 55 | Zbahnělý |

Obsah vody ve vzorku se určuje nejen z důvodu zjištění půdní vlhkosti – z čerstvého půdního vzorku –, ale v některých případech také ze vzorku **jemnozeme I.** (vzorek přirozeně proschlý, prosátý přes 2 mm síto). Toto se provádí z důvodu zjištění zbytkové vody v půdním vzorku při stanovení kationtové výměnné kapacity (obsah bazických a kyselých kationtů (viz Kapitola II.3).

Použitá literatura:

ČSN 72 1110 (1959) *Základní postup rozboru silikátů*. Ústav pro normalizaci, Praha.

DAVÍDEK J.A KOL. (1977) *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

ISO/DIS 11465 (1963) *Soil Quality – Determination of Dry Matter and Water Content on a Mass Basis – Gravimetric Method*. International Organization for Standardization.

KROC J. (1951) *Laboratorní kontrola v zemědělském provozu*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

KUTÍLEK M. (1978) *Vodohospodářská pedologie*. 2. vyd. Státní nakladatelství technické literatury/Alfa, Praha/Bratislava.

MELCER I, BLAŽEJ A. A ŠUTÝ L. (1977) *Analytická chemia dreva*. Alfa, Bratislava.

I.5. Maximální kapilární vodní kapacita











I.5.1. Problematika stanovení:

Maximální kapilární vodní kapacita Θ_{MKK} představuje procenticky vyjádření množství vody, které je neporušený půdní vzorek (odebraný ve formě fyzikálního válečku) schopen pojmout kapilárními silami v procesu vzlínání a toto množství vody udržet během odsávání. Cílem odsáváním je zaručit, že vázaná voda není vodou nekapilární.

Hodnota Θ_{MKK} je standardně zjišťována nikoliv vůči parametrům hmotnostním, ale vůči parametrům objemovým. Nutné je přesné dodržování analytického postupu: Θ_{MKK} velmi úzce závisí nejen na době odsávání nekapilární vody, ale taktéž i na vlastním způsobu odsávání.

Hodnota Θ_{MKK} je hodnotou jednak korelující s fyziologickými procesy rostlin a jednak hodnotou, umožňující kvantifikovat půdní jímavost. Obsah vody, držené půdou pomocí povrchového napětí v kapilárách působením kapilární adheze, vykazuje při plném nasycení všech kapilárních pórů vodou konkrétní objem kapilárních pórů. Z hlediska lesního hospodářství to konkrétně znamená, že Θ_{MKK} představuje nejvyšší vlhkost, kterou ještě lesní půda může disponovat bez toho, že by v daném horizontu studovaného půdním profilu došlo k převlhčení. Zjistíme-li tedy vyšší hodnotu objemové vlhkosti Θ než je hodnota maximální kapilární vodní kapacity, je to konkrétní analytický doklad toho, že se jedná o stanoviště primárně zbahnělé či alespoň sekundárně zamokřené a to samozřejmě přesto, že zamokřený půdní profil je charakterizován především trvalým nedostatkem půdního vzduchu.

I.5.2. Pracovní postup

-  základní pomůckou pro stanovení maximální kapilární kapacity je plechová vanička, skleněný zvon. V první fázi do dané vaničky vloží na její vnitřní rozměr složený filtrační papír a důkladně se proleje vodou;
-  vzorek ve formě otevřeného fyzikálního válečku se na provlhčený filtrační papír opatrně postaví a zakryje hodinovým sklíčkem (k zabránění výparu vody z válečku);
-  vzorek se nechá takto sytit vodou po 24 hodin;
-  vezmeme další dva archy filtračního papíru a vložíme je pod skleněný zvon (víko exsikátoru) s kádinkou plnou teplé vody. Zde dojde k nasycení filtračních papírů vodními parami;
-  po nasycení se vzorek ve fyzikálním válečku postaví na jeden opět složený filtrační papír, přikryje skleněným zvonem a nechá 1 hodinu odsávat;
-  použijeme druhý filtrační papír a opět necháme vzorek 1 hodinu odsávat;
-  vzorek obsahující teoreticky pouze kapilárně vázanou vodu nyní zvážíme. Vycházíme zde z úvahy, že v kapilárních pórech již nejsou žádné půdní plyny;
-  nyní z fyzikálního válečku pečlivě vytlačíme do připravené čisté a suché smaltované misky celý jeho obsah a necháme ho 1 den na vzduchu proschnout;
-  na vzduchu částečně vyschlý vzorek předsušíme v elektrické sušárně, zahřáté na 60°C. Poté jej pomocí porcelánového tloučku jemně rozetřeme a dosušíme do konstantní hmotnosti;
-  Takto zvážíme jak vzorek s miskou, tak očištěnou smaltovanou miskou. Odečtením jejich hmotností získáme hmotnost vzorku, vysušeného do konstantní hmotnosti.

1.5.3. Výpočet

$$\Theta_{\text{MKK}} = \frac{m_{\text{MKK}} - m_d}{V} * 100(\%)$$

kde

m_{MKK} - hmotnost uměle vodou nasyceného vzorku po 2 hodinovém odsávání,

m_d - hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti,

V - objem vzorku v daném Kopeckého fyzikálním válečku.

1.5.4. Vyhodnocení

V lesních půdách je hodnota maximální kapilární vodní kapacity velmi proměnlivá; většinou kolísá v rozmezí 20 - 45 %, resp. 30 - 40%. To znamená, že většina lesních půd ČR patří k vevodržným až silně vododržným půdám (viz tab. 23)

Obecně platí, že u půd zrnitostně těžkých, u půd se slitou půdní strukturou, u slehlých půd s vazkou konzistencí a u půd s vysokým obsahem humusu je maximální kapilární kapacita nepoměrně vyšší než u půd písčitých, půd s prašnou konzistencí nebo půd s hrubě drobtovitou strukturou a následným vysokým podílem nekapilárních pórů.

V případě maximální kapilární vodní kapacity neplatí, že čím je její procentická hodnota vyšší, tím je i vyšší bonita půdy (jakožto vyjádření stupně úrodnosti z hlediska naplnění produkčních funkcí lesa). Opak je pravdou: extrémní hodnoty (tj. i extrémně vysoké) maximální kapilární vodní kapacity jsou jedním z ukazatelů lesních půd nejnižších bonitních stupňů!

Tab. 2: Hodnocení půdní vododržnosti pomocí hodnoty maximální kapilární vodní kapacity

| Θ_{MKK} (%) | Půdní horizont |
|---------------------------|------------------------|
| Méně než 5 | Velmi slabě vododržný* |
| 5-10 | Slabě vododržný |
| 10-30 | Vododržný |
| 30-50 | Silně vododržný |
| Více než 50 | Velmi silně vododržný |

* Extrémní hodnoty maximální kapilární vodní kapacity jsou jednou z charakteristik lesních půd nejnižší úrodnosti.

Je-li možno považovat hodnotu Θ_{MKK} za hodnotu přímo vyjadřující efektivní objem kapilárních pórů, pak se její vypovídací schopnost ještě zvýší v kombinaci s hodnotou pórovitosti daného horizontu.

1.6. Výpočty pórovitosti, objemové hmotnosti, provzdušněnosti, minimální vzdušné kapacity, relativní vlhkosti a nasycenosti pórů.

7.11.1. Problematika stanovení

Vzdušný půdní režim je v přímé spojitosti s půdním režimem vodním, přičemž oba tyto režimy jako celek výrazně ovlivňují jak režim teplotní, tak i režim tepelný.

Půdní pórovitost je dána podílem objemu půdních pórů na celkovém objemu vzorku.

Objemová vlhkost se stanoví výpočtem z hmotnostní vlhkosti a objemové hmotnosti redukované. Stupeň provzdušněnosti kvantifikuje momentální (okamžitý) podíl těch pórů, které jsou vyplněny vzduchem.

Minimální vzdušná kapacita A_{MKK} , relativní vlhkost kapilární R_v a nasycenost pórů R_{NP} se nestanovují analyticky, ale pouze výpočtem z předchozích zjištěných hodnot ostatních fyzikálních vlastností půdy.

Minimální vzdušná kapacita je hodnotou lesnický obdobně důležitou jako maximální kapilární vodní kapacita.

Příčinou je skutečnost, že tak jako maximální kapilární vodní kapacita informuje o přesném procentickém podílu půdních pórů schopných dlouhodobě držet jímané množství vody, tak minimální vzdušná kapacita naopak informuje o množství vzduchu v půdě v tomtéž okamžiku, tj. za situace, kdy jsou všechny kapilární póry naplněny vodou. Můžeme tedy konstatovat, že minimální vzdušná kapacita udává, jaký je vdané lesní půdě podíl těch pórů, které nejsou schopny dlouhodobě vázat srážkovou vodu, čili jaká je teoretická provzdušněnost půdy v okamžiku, kdy je půda nasycena vodou až po mez maximální kapilární vodní kapacity.

Lesní půdy s nízkou hodnotou minimální vzdušné kapacity vykazují

- Nízkou fyziologickou hloubku,
- Nízkou intenzitu humifikace,
- Retardaci (zpomalení)činnosti půdní bioty,
- Náchylnost k zamokřování.

Lesní půdy s vysokou hodnotou minimální vzdušné kapacity jsou naopak typické především nízkou vododržností a vysychavostí.

Jak hodnota okamžité provzdušněnosti, tak hodnota minimální vzdušné kapacity jsou spolu s hodnotou maximální kapilární vodní kapacity a objemové vlhkosti jedněmi z mimořádně důležitých parametrů produkční schopnosti daného stanoviště; jejich zařazování do komplexních pedologických šetření v lesních porostech je tudíž lesnický velmi žádoucí.

1.6.1. Výpočet pórovitosti P

$$P = (\rho_s - \rho_d) \cdot 100 / \rho_s \quad (\%)$$

kde

ρ_s – měrná hmotnost vzorku z daného analyzovaného horizontu a

ρ_d – objemová hmotnost redukována tohoto horizontu.

1.6.2. Výpočet objemové vlhkosti Θ

$$\Theta = w \cdot \rho_d \quad (\%)$$

kde

w – hmotnostní vlhkost,

ρ_d – objemová hmotnost redukována tohoto horizontu.

1.6.3. Výpočet provzdušněnosti A

$$A = P - \Theta \quad (\%)$$

Kde

P – pórovitost daného horizontu.

1.6.4. Výpočet minimální vzdušné kapacity A_{MKK}

$$A_{MKK} = P - \Theta_{MKK} \quad (\%)$$

Kde

P – pórovitost daného horizontu

Θ_{MKK} – maximální kapilární vodní kapacita.

1.6.5. Výpočet relativní vlhkosti kapilární R_V

$$R_V = \Theta \cdot 100 / \Theta_{MKK} \quad (\%)$$

Kde

Θ - objemová vlhkost daného horizontu.

1.6.6. Výpočet nasycenosti pórů R_{NP}

$$R_{NP} = \Theta \cdot 100 / P \quad (\%)$$

kde

P – pórovitost daného půdního horizontu.

1.6.7. Vyhodnocení

Pórovitost ve většině minerálních horizontů lesních půd kolísá mezi 40% až 65.

S narůstajícím podílem jak humusových látek, tak jílnatých částic pórovitost stoupá. U horizontů rašelinových a souboru horizontů nadložního humusu tak může dosahovat až 85%. V půdách písčítých (s převahou nekapilárních pórů) se naopak pórovitost klesá až k 30% (zvláště v jemných písčích substrátových horizontů. Obecně tedy mohou mít zrnitostně těžší horizonty (s převahou kapilárních pórů) vyšší pórovitost než horizonty výrazně lehké.

Tab. 3: Hodnocení půdní pórovitosti lesních půd

| P (%) | Pórovitost |
|-------------|--------------|
| Méně než 35 | Velmi nízká |
| 35 – 45 | Nízká |
| 45 – 55 | Střední |
| 55 – 70 | Vysoká |
| Více než 10 | Velmi vysoká |

Pro hodnocení minimální vzdušné kapacity A_{MKK} platí obrácené pravidlo než je tomu u maximální kapilární vodní kapacity Θ_{MKK} :

1. Čím je půda zrnitostně těžší, tím je minimální vzdušná kapacita nižší a to často pod hranici 5% (velmi nízké hodnoty A_{MKK} jsou charakteristické např. pro půdní typ glej).

2. V půdách písčítých a v půdách s hrubě drobtovitou strukturou naopak minimální vzdušná kapacita často přesahuje 45%.

Minimální vzdušná kapacita klesá se zvyšující se hloubkou půdního profilu. V zrnitostně těžkých substrátových horizontech A_{MKK} většinou kolísá mezi 5 – 20%, v substrátových horizontech zrnitostně lehčích mezi 15 – 35%.

V souboru horizontů nadložního humusu A_{MKK} dosahuje až 60%, v povrchových humusových horizontech většinou kolísá mezi 25 – 40%.

Tab. 4: Hodnocení minimální vzdušné kapacity lesních půd

| A_{MKK} (%) | Minimální vzdušná kapacita | Půdní horizont |
|---------------|----------------------------|--------------------------|
| Méně než 5 | Velmi nízká | Neprovzdušněný |
| 5-10 | Nízká | Slabě provzdušněný |
| 10-20 | Střední | Středně provzdušněný |
| 20-40 | Vysoká | Silně provzdušněný |
| Více než 40 | Velmi vysoká | Velmi silně provzdušněný |

II. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI

II.1. Půdní reakce aktivní a půdní reakce potenciální výměnná podle VÁLKA (1954) a ISO/DIS 10390 (1992)

II.1.1. *Problematika stanovení*

Půdní reakce je základní fyzikálně-chemická vlastnost lesních půd. Je dána poměrem mezi koncentrací hydroxoniových a hydroxylových ionů v půdní suspenzi. Tento poměr je vyjádřený vodíkových exponentem, hodnotou pH.

Její přímý vliv na lesní porosty spočívá především v jejím zásadním ovlivnění biochemických půdních procesů a procesů příjmu živin jednotlivými autotrofními organismy. Význam reakce lesních půd je možno spatřovat především ve skutečnosti, že aktuální odběr přijímaných forem živin je vázán na aktuálně probíhající biochemické reakce, katalyzované v prostředí většinou specifických koncentrací vodíkových ionů. Zde se výrazně projevuje jak fenomén vysoké proměnlivosti hodnot půdní reakce ve vertikálním směru (v rámci jednoho pedonu), tak i skutečnosti, že nadložní humus lesních stanovišť různých dřevinných skladeb vykazuje již své primární podstaty zcela různou hodnotu půdní reakce.

V lesních půdách České republiky se v půdním profilu v drtivé většině případů setkáváme s převahou volných radikálů, což ústí do různě vysoké míry půdní acidity. Ta je sama o sobě vlastností s vysokou dynamikou – a to dynamikou nejen sezónní, nýbrž i denní. Důvodem k vysoké časové heterogenitě půdní reakce je v první řadě především intenzivní biochemická aktivita povrchových horizontů lesních půd, probíhající na pozadí komplexního vlivu půdních fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických vlastností, zde výrazně ovlivněných půdotvorným substrátem s konkrétními obsahy bazicky působících kationů.

Rozeznáváme tři základní formy půdní reakce:





1. Půdní reakce aktivní (pH/H₂O)
2. Půdní reakce potenciální výměnná (pH/KCl)
3. Půdní reakce potenciální hydrolytická (Ha; mmol H⁺.100 g půdy).

Co se týká půdní reakce aktivní, lze experimentálně prověřit, že dosažení rovnováhy, kdy za dobu 5 sekund nenastane pokles hodnoty pH o více než 0,02, nenastává dříve než po dvou hodinách. Co se týká půdní reakce potenciální výměnné, má-li být její hodnota skutečně hodnotou potenciálně možnou, potom musí být tato hodnota maximálně nízká (tj. hodnotou, charakterizující nejvyšší možnou aciditu), tj. stanovitelný až po uplynutí 24 hodin.

Podle vyhlášky č. 275/1998 Sb. (VYHLÁŠKA Mze O AGROCHEMICKÉM ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD A ZJIŠŤOVÁNÍ PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ LESNÍCH PŮD., 1998) se lesních půd hodnotí pouze reakce potenciální výměnná.

Předkládané doby inkubace vycházejí z doporučené mezinárodní normy ISO/DIS 10390 (1992). Předkládaný poměr *vzorek: extrakční činidlo* vychází z práce VÁLKA (1954).

II.1.2. Pracovní postup

-  pH metr s kombinovanou skleněnou a kalomelovou (tj. náplní chloridu rtuťného) elektrodou se nastaví na příslušnou venkovní teplotu. Poté se provede přesná kalibrace s použitím alespoň dvou tlumivých roztoků přesného pH. Zakoupené roztoky pufrů je nutné uchovávat v ledničce v uzavřených nádobkách;
-  Do 50 ml kádinky se naváží 10 g jemnozeme I;
-  Na vzorky se přilije 25 ml destilované vody a obsah se 5 minut míchá skleněnou tyčinkou. Do suspenze se po dvou hodinách vloží kombinovaná elektroda pH-metru a po ustálení hodnoty se tato zapíše jako hodnota pH/H₂O. Norma ISO/DIS 10390 (1992) připouští rozsah doby extrakce od 2 hodin do maximálně 24 hodin. Výsledná hodnota se udává s přesností na jedno desetinné místo;
-  Na druhou sadu vzorků se přilije 25 ml 1 mol¹ KCl. Obsah se promíchá skleněnou tyčinkou a nechá stát do druhého dne. Po přibližně 24 hodinách se do suspenze vloží kombinovaná elektroda pH-metru a po ustálení hodnoty se tato zapíše jako hodnota pH/KCl. Tato doba většinou nikdy nepřekročí 30-45 sekund – s těmito relativně dlouhými časy je nutné počítat zvláště při stanovování hodnot půdní reakce potenciální výměnné u alkalických půd.

II.1.3. Vyhodnocení

Tab. 5: Hodnocení půdní reakce lesních půd.

| PH/KCl | PH/H ₂ O | Typ reakce |
|--------------|---------------------|--------------------|
| Více než 7,0 | Více než 7,2 | Mírně alkalická |
| 6,1-7,0 | 6,6-7,2 | Neutrální |
| 5,1-6,0 | 5,6-6,5 | Mírně kyselá |
| 4,1-5,0 | 4,5-5,5 | Středně kyselá |
| 3,0-4,0 | 3,5-4,4 | Silně kyselá |
| Méně než 3,0 | Méně než 3,5 | Velmi silně kyselá |

Použitá literatura:

ISO/DIS 10390 (1992) *Soil Quality – Determination of pH*. International Organization for Standardization.

VÁLEK B. (1954) Reakce půdy. In *Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství* (J. Klika, V. Novák a A. Gregor, Eds.), s. 520-532. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.

Vyhláška ministerstva zemědělství o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních půd (1998) Sběrka zákonů č. 245/1998, Praha.

II.2. Půdní výměnná sorpce a výpočet stupně nasycení sorpčního koloidního komplexu bazickými kationy podle KAPPENA (1929)

II.2.1. Problematika stanovení a zdroje možných chyb

Půdní výměnná sorpce je schopnost půdy vázat vodu a kationy a aniony minerálních látek na vnitřním a vnějším povrchu organominerální koloidní frakce.

Koloid je pevná půdní částice organického či minerálního původu s průměrem menším než 0,0001 mm ($< 1 \cdot 10^{-7} \text{m}$, $< 0,1 \text{ }\mu\text{m}$). Z hlediska koloidů samých je obecně důležitá právě jejich velikost a nikoliv chemická podstata či výchozí látka. Organominerální výměnný sorpční komplex jako celek disponuje převažujícím povrchovým nábojem záporným. Náboj daného koloidu přitom obecně vzniká jako odraz dvou různých příčin:

- existující disharmonie v nábojích koloid skládajících jednotlivých ionů, tvořících buď strukturu organického polymeru či krystalickou mřížku daného minerálu,

- konkrétní důsledek adsorpce přebytečného množství ionů.

Základním kvalitativním hlediskem pro hodnocení významnosti koloidů pro lesní půdy je velikost jejich aktivního povrchu. Forma výskytu koloidů v lesních půdách je dvojitá a to forma rovnoměrného rozptýlení (sol) a forma vyvločkování, vzájemné koagulace (gel). Z hlediska praktického lesního hospodářství za největší riziko stran udržení půdní výměnné sorpce v žádoucích mezích je možno považovat nebezpečí vyplavování (eluvie) minerálních a organických koloidů ze svrchních částí půdního profilu do partií spodnějších.

Základní veličinou, charakterizující výměnnou půdní sorpci je kationová výměnná kapacita (KVK, angl. *CEC*); při výpočtech procentického nasycení sorpčního komplexu půdy kationy ji označujeme T.

Druhou základní veličinou je celkový obsah aktuálně vázaných kationů na výměnných místech sorpčního komplexu (okamžitý obsah výměnných kationů) - hodnota S.

Hodnotou komplexně charakterizující kvalitu sorpčního komplexu daného lesního stanoviště je pak procentický stupeň nasycenosti sorpčního komplexu výměnnými kationy - hodnota V.

Výměnné kationy jsou následující:

- bazicky působící jednomocné kationy draslíku a sodíku,
- bazicky působící dvoumocné kationy vápníku a hořčíku,
- kysele působící kationy trojmocného železa a hliníku a jednomocného vodíku a amonného ionu,
- kationy mikrobiogenních dvoumocných prvků - manganu, zinku a mědi.
- kationy prvků, vyskytujících se v oblastech s vysokou mírou antropogenní zátěže nebo v oblastech polyminerálního zrudnění - olovo, kobalt, nikl, baryum, aj.

Pod termínem KVK jakožto nejvyšší hodnoty teoreticky možného součtu všech kationů, které může sorpční půdní komplex poutat na svém povrchu, je konkrétně možno rozumět hodnotu charakterizující celkovou kationovou výměnnou kapacitu, tj. kapacitu míst pro vazby jak kationů bazických (zvl. Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ a Na^+), tak i kationů kyselých (zvl. Al^{3+} , H^+ a Fe^{3+}).

Příklad: V současné době se KVK v pedologických laboratořích stanovuje za výrazně alkalických podmínek při maximální disociaci půdního sorpčního komplexu a následného vytěsnění použitého "agresivního" kationu (zde se setkáváme nejčastěji s používáním barya) a změřením jeho výsledné koncentrace.

Z hlediska lesního hospodářství nezáleží jen na kvantitě výměnných kationů, ale též na jejich kvalitě: markantně se to projevuje u nasycení pedonu dvoumocnými bazickými kationy vs. kyselými kationy. V tradiční terminologii se tak jako sorpčně nasycené označují půdy nasycené pouze kationy bazicky působícími.

Z hlediska zdrojů možných chyb je nutné si uvědomit, že půdní fyzikálně-chemické procesy jsou podstatně složitější a komplexnější, než aby byly redukovatelné na pouhou sumu jednoduchých adsorpcí, výměnných procesů a jednotlivých rozpouštění a opětovných srážení. Na lesních stanovištích se pravidelně ukazuje výrazná kvalitativní dominance sorpční kapacity koloidního humusu, projevující se v nápadném převyšování hodnoty T horizontů Oh a A ve srovnání s hodnotami T podpovrchových horizontů.

Tato závislost se však již neprojevuje v případě okamžitého obsahu výměnných bazických kationů (hodnoty S), kde se vedle bazí uvolňovaných dekompozicí organických látek stejně výrazně uplatňují i báze půdotvorných substrátů.

Příklad: Množství bazických kationů, adsorbovaných sorpčními složkami lesní půdy právě v okamžiku odebrání půdních vzorků v terénu, je hodnota s nebyvalou sezónní a lokální dynamikou.

Hodnotu S primárně ovlivňují tři základní faktory:

- mateční hornina (půdotvorný substrát) lesního stanoviště,
- obsah a formy půdní vody
- míra intenzity mineralizaci půdní organické hmoty.

Je tedy zřejmé, že z lesnického hlediska je význam hodnoty S mimořádný: informuje nás o celkovém množství vyměnitelných bazických kationů. Vlastní výměny jsou rostlinou generovány díky její primární produkci H^+ ionů a CO_2 ionů – vydýchaný oxid uhličitý se přitom v půdě mění na vyměnitelný anion HCO_3^- .

V této souvislosti je vhodné též vzpomenout problematiku nahrazování ionů vápníku a dále i hořčíku, sodíku a draslíku ionem vodíku. Tyto procesy jsou z hlediska relativně dlouhého časového horizontu charakteristické pro lesní ekotopy v podmínkách humidního, chladného mezoklimatu a jejich konkrétním dopadem je postupné snižování hodnoty půdní reakce, doprovázené projevy vysoké mobility půdních koloidů.

Z hlediska problematiky vlastního stanovení je zde předloženo stanovení tří parametrů sorpčního komplexu metodou dle KAPPENA (1929), která je v případě nekarbonátových lesních půd v české lesnické pedologii metodou standardní: bazicky působící kationy se určí v silně zředěném roztoku kyseliny chlorovodíkové, kyselce působící kationy pak roztokem octanu sodného látkové koncentrace 1 mol.l^{-1} . Tato metodika užívající pro stanovení okamžitého obsahu bazických kationů $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ HCl a pro stanovení nedosycenosti sorpčního komplexu použitím 1 mol.l^{-1} CH_3COONa neumožňuje analyzovat lesní půdy s vysokým obsahem minerálních forem bazických kationů: půdy s obsahem karbonátů vyšším než 0,3 % a salinické půdy. Pro tyto půdy se v současné době používá extrakce 1 mol.l^{-1} $BaCl_2$ (BASCOMB, 1964) v modifikaci GILLMANA (1979).

Co se týče stanovení hodnoty T, spočívá ve vytěsnění výměnných kationů roztokem určité soli a jejich následným měřením. KAPPENOVA (1929) metoda není z tohoto hlediska metodou přesnou, nicméně pro potřeby cvičení a z hlediska její provázanosti s hydrolytickou aciditou byla zvolena jako metoda optimální. Při vlastní analýze dojde ve vodném roztoku octanu sodného k výměně do té doby na koloidech vázaných kyselých kationů za dodané kationy sodíku, což je následováno tvorbou kyseliny octové.

Příklad: Využívá se tedy schopnosti půdního vzorku poutat relativně silný hydroxid a uvolňovat ekvivalentní množství zcela jistě slabé kyseliny. Tato schopnost, představované uměle zvýšeným stavem do té doby na koloidech vázaných kationů se označuje jako hydrolytická acidita (půdní reakce potenciální-hydrolytická).

Vlastní stanovení hodnoty S je podmíněno vytěsněním bazických kationů sorpčního komplexu vzorku analyzovaného půdního horizontu v podmínkách vysokého nadbytku kyseliny chlorovodíkové. Ta její část, která se spotřebuje na obsazení místa sorpčního komplexu jí generovaným vodíkem, se poté opět stanovuje titračně. Souběžně s obsazováním výměnných míst sorpčního komplexu vodíkem dochází v inkubačním roztoku ke vzniku chloridů těch prvků, které byly ze sorpčního komplexu vytěsněny.

Významným zdrojem možných chyb jsou používané jednotky. Půdní výměnná sorpce se udává v m mol.l^{-1} . Jednotka mol je vztažena na molekulu dané látky. Z toho vyplývá, že použijeme-li součtovou metodu ionové výměnné kapacity, nemůžeme vycházet ze zjištěného obsahu jednotlivých prvků v standardně udávaných $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (kterýžto údaj je ovšem též nutno přepočíst, neboť většina metodik poskytuje výsledky v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), ale tyto hodnoty musíme vztáhnout jednak k mocnosti daných prvků a jednak k jejich atomové hmotnosti. V případě lesních půd je navíc situace komplikována výrazným podílem adsorpce vodíku v sorpčním komplexu. Kvantifikace výměnného vodíku je podmíněna jednak snížením hodnoty pH, které je úměrné výměnné aciditě daného vzorku a jednak konkrétní metodikou, kdy jednotkové změně pH tlumivého roztoku odpovídá jiné molární množství H^+ .

II.2.2. Pracovní postup pro stanovení Ha

Pomůcky: PE vzorkovnice se závitem; váženka na odvážení vzorků; laboratorní lžička; třepací zařízení; filtrační souprava (nálevka, filtrační papír, kádinka min. 50 ml, ocelový kruh a stojan); byreta 50 n. 100 ml s nálevkou pro nalévání NaOH do byrety; erlen-mayerova baňka; pipeta 50 ml nedělená s nasávacím zařízením

Potřebné reagenty:

- 1 mol roztok octanu sodného (CH₃COONa)
- 1 % roztok fenolftaleinu (acidobazický indikátor)
- 0,1 mol roztok NaOH

🧪 Do PE vzorkovnice o obsahu 250 ml navážíme 20 g vzorku upraveného ve formě jemnozeme I.

🧪 Přilijeme 50 ml CH₃COONa (množství odměříme odměrným válcem), vzorkovnici zazátkujeme a necháme na třepačce třepat 1 h.

🧪 Připravíme si filtrační soupravu (kádinka min. 100 ml, nálevka, ocelový kruh a stojan, filtrační papír).

🧪 Po hodině třepání suspenzi přefiltrujeme.

🧪 Z filtrátu odebereme pipetou 25 ml do erlen-mayerovy baňky (o obsahu 100 ml).

🧪 Přidáme 2-3 kapky fenolftaleinu a titrujeme 0,1 mol roztokem NaOH **do slabě růžového zbarvení**.

🧪 Povedeme výpočet hodnoty Ha

II.2.3. Výpočet Ha

$$Ha = \frac{(a \cdot f \cdot c(\text{NaOH}) \cdot 1000 \cdot K)}{g} \quad [\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

kde:

a... spotřebované množství NaOH k titraci [ml]

c(NaOH)... koncentrace NaOH (0,1)

1000... přepočet na 1000 g zeminy

K... korekce na octan sodný (1,75)

g... navážka vzata ke stanovení [g]. V případě, že filtrátu ke stanovení bereme 25 ml, tj. 1/2 z původní navážky (abychom stanovovali hodnotu S pro celý vzorek, museli bychom z filtrátu odebrat 50 ml, což není možné kvůli ztrátám – část roztoku zůstane ve filtračním papíře, část v zemině), **g je rovno polovině původní navážky** a do jmenovatele tedy dosadíme hodnotu **10 (g/2)!**

f... faktor NaOH

II.2.4. Pracovní postup pro stanovení S

Pomůcky: PE vzorkovnice se závitem; váženka na odvážení vzorků; laboratorní lžička; třepací zařízení; filtrační souprava (nálevka, filtrační papír, kádinka min. 50 ml, ocelový kruh a stojan); byreta 50 n. 100 ml s nálevkou pro nalévání NaOH do byrety; erlen-mayerova baňka; pipeta 250 ml nedělená s nasávacím zařízením

Potřebné reagenty:

- 0,1 mol HCl
- 0,1 mol NaOH
- 1% roztok fenolftaleinu (acidobazický indikátor)

- 🧪 Do PE vzorkovnice o obsahu 250 ml navážíme 5 g vzorku upraveného ve formě jemnozeme I.
- 🧪 Přilijeme 50 ml HCl (množství odměříme odměrným válcem), vzorkovnici zazátkujeme a necháme na třepačce třepat 1 h.
- 🧪 Připravíme si filtrační soupravu (kádinka min. 100 ml, nálevka, ocelový kruh a stojan, filtrační papír).
- 🧪 Po hodině třepání suspenzi přefiltrujeme.
- 🧪 Z filtrátu odebereme pipetou 25 ml do erlen-mayerovy baňky (o obsahu 250 ml).
- 🧪 Přidáme 2-3 kapky fenolftaleinu a titrujeme 0,1 mol roztokem NaOH **do slabě růžového zbarvení**.
- 🧪 Povedeme výpočet hodnoty S

II.2.5. Výpočet S

$$S = \frac{((af1 - bf2) \cdot M \cdot 1000)}{g} \quad [\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

kde:

a... množství HCl spotřebovaného ke stanovení [ml]

f1... faktor HCl (f1 = 1)

b... množství NaOH spotřebovaného k titraci [ml]

f2... faktor NaOH

M... molarita roztoků

g... navážka půdy ke stanovení. V případě, že filtrátu ke stanovení bereme 25 ml, tj. 1/2 z původní navážky (abychom stanovovali hodnotu S pro celý vzorek, museli bychom z filtrátu odebrat 50 ml, což není možné kvůli ztrátám – část roztoku zůstane ve filtračním papíře, část v zemině), **g je rovno polovině původní navážky** a do jmenovatele tedy dosadíme hodnotu **2,5 (g/2)!**

II.3. Výpočet V

$$V = (S / T) \cdot 100 \quad (\%),$$

Kde

T - maximální sorpční kapacita výměnných bazických kationů vzorku daného půdního horizontu (T = Ha + S) a

S - okamžitý obsah výměnných bazických kationů.

Korekce na zbytkovou vodu v půdním vzorku

Protože na vzduchu proschlý půdní vzorek obsahuje stále určité množství hygroskopické vody (zpravidla 0,5-5 % – závislosti na vzdušné vlhkosti a půdních vlastnostech), pro přesné

stanovení obsahu kyselých kationtů (Ha) a bazických kationtů (S) je nutné provést korekci. Důvodem použití korekce je skutečnost, že v půdním vzorku jemnozeme I. je určitý podíl hygroskopické vody (cca 0,5-5 %). Korekce se provádí podle vzorce

$$S_{kor} = S / (\text{sušina}_{jI.} / 100)$$

kde

S_{kor} je obsah bazických kationtů po korekci na obsah hygroskopické vody,

S je obsah bazických kationtů zjištěný postupem z Kapitoly II.2.4,

$\text{sušina}_{jI.}$ je procentický obsah ($\%_{hm.}$) sušiny ve vzorku jemnozeme I.

Analogicky se korekce provede pro hydrolytickou aciditu (Ha). Použitím tohoto vzorce, který je de-facto trojčlenkou, dojde k mírnému navýšení původních hodnot Ha a S na skutečnou navážku vzorku jemnozeme, ve kterém již není navažována zbytková voda. Při nezohlednění zbytkové vody bychom došli ke zkresleným (podhodnoceným) hodnotám obsahu kyselých a bazických kationtů. Stanovení obsahu sušiny je uvedeno v kapitole I.4.5.

II.3.1. Vyhodnocení

Lesní půda se jako nasycená hodnotí tehdy, má-li $V > 50 \%$.

V případě lesních půd s $V > 75 \%$ se jedná o půdy vysoce nasycené a s $V < 30 \%$ o půdy vysoce nenasyčené.

Tab. 6: Hodnocení stupně nasycení sorpčního komplexu lesních půd bazickými kationy

| V (%) | Stupeň nasycení bazickými kationy |
|-------------|-----------------------------------|
| Více než 90 | Plně nasycená |
| 75 – 90 | Vysoce nasycená |
| 50 – 75 | Nasycená |
| 30 – 50 | Mírně nenasyčená |
| 30 – 10 | Vysoce nenasyčená |
| méně než 10 | Extrémně nenasyčená |

Tab. 7: Hodnocení maximální sorpční kapacity výměnných bazických kationů lesních půd

| T (mmol.100 g ⁻¹) | Sorpční kapacita |
|-------------------------------|------------------|
| Více než 35 | Velmi vysoká |
| 25 – 35 | Vysoká |
| 12,5 – 25 | Střední |
| 8 – 12,5 | Nízká |
| Méně než 8 | Velmi nízká |

Tab. 8: Hodnocení okamžitého obsahu výměnných bazických kationů lesních půd.

| S (mmol.100 g ⁻¹) | Obsah výměnných bazických kationů |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Více než 31,5 | Velmi vysoký |
| 19 – 31,5 | Vysoký |
| 6,5 – 19 | Střední |
| 2,5 – 6,5 | Nízký |
| Méně než 2,5 | Velmi nízký |

Použitá literatura:

Kappen H.D. (1929) *Bodenazidität*. Berlín.

BASCOMB C.L. (1964) Rapid method for the determination of cation-exchange capacity of calcareous and non-calcareous soils. *Journal of Science Food Agriculture* 12: 821-823.

III. CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD

III.1. Stanovení obsahu humusových látek ztrátou žiháním dle ČSN 721110 (1959)

III.1.1. *Problematika stanovení*

Ztráta žiháním je orientační metoda stanovení procentického podílu humusových látek minerálních horizontů na hmotnosti jemnozeme daného půdního horizontu. Z hlediska praktického lesníka poskytuje nejrychlejší a nejjednodušším způsobem získaný údaj o obsahu humusových látek v daném minerálním horizontu na daném lesním stanovišti.

Předkládaná analýza vychází z ČSN 72 1110 (1959) s výjimkou použité teploty, v normě navrhované pro žihání vzorků hornin.

Přibližnost metody spočívá v procesu žihání. Při vyžihání dojde ke ztrátě:

- Veškeré humifikované, částečně humifikované i zcela nerozložené organické hmoty a vody adsorpčně vázané do struktury látek koloidního humusu,
- Intramicelární vody jímané do mezivrstevních prostor jílových minerálů,
- Krystalické vody hydroxidů, vodnatých silikátů, sulfátů apod.,
- Určitého podílu karbonátů.

Vyžiháním tedy zjišťujeme větší úbytek půdní hmoty než je procentický podíl pouze humusových látek.

Jak tedy z hlediska lesního hospodářství vymezit půdy, na kterých se tato metoda přibližného stanovení obsahu organických látek neměla používat:

- V horizontech, kde se vyskytuje organická hmota v nehumifikované formě.
- Dále na těžkých, jílovitých půdách, kde bude vázáno značné procento vody ve formě, které není desorbovatelné při 105°C.
- V substrátových horizontech, kde zanedbatelné množství organické hmoty zákonitě vede k relativně vysoké chybě tohoto orientačního stanovení.
- U karbonátových půd.
- U půd z oblastí s vysokým obsahem limonit, goethitu a sádrovce v matečních horninách (uvolnění krystalické vody z opálu – představující desetinu jeho hmotnosti – není reálné, neboť tato se z krystalické mřížky uvolňuje až při více než 950°C).

Použitá metoda respektuje počáteční teplotu roztopnosti kalcitu, tj. 550°C. při této teplotě se nelze sice vyhnout překročení teploty roztopnosti některých dalších minerálů – např. antimonitu a natrolitu - , ale žádný z nich nemá v podmínkách lesního půdního fondu ČR horninotvorný význam. Při teplotě do maximálně 550°C se nebude tavit ani dolomit a siderit. Na druhé straně je však nutné vědět, že uhličitán vápenatý se začíná rozkládat na oxid vápenatý a oxid uhličitý již při teplotě pod 500°C; oxid uhličitý uniká v podobě plynu, což vede ke snížení hmotnosti žihaného vzorku. Úplný rozklad karbonátů vápníku je dokončen až při 950°C a karbonátů hořčíku při 700°C.

Předkládaná metodika je nejpřesnější u povrchových minerálních A-horizontů zrnitostně lehčích nekarbonátových půd, tj. v případě pedonů, které na LPF ČR převládají.

Navržená metodika vychází ze stanovení ztráty žiháním ze vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti. Kdyby byl žihán vzorek vysušený jen při přibližně 23°C, dojde k odpaření nepoměrně většího množství půdní vody než je tomu u vzorku vysušeného při teplotě 105°C, tj. výsledek by byl značně zkreslený.

III.1.2. Pracovní postup

- 🧪 do hliníkové vysoušečky se nasype vzorek jemnozeme I a vysuší se do konstantní hmotnosti. Souběžně s vysoušením se zváží očíslovaný prázdný porcelánový tyglík;
- 🧪 do tyglíku se nasype vzorek a to do přibližně jedné čtvrtiny jeho výšky;
- 🧪 tyglík se vzorkem se opět přesně zváží;
- 🧪 tyglík se vzorkem se nyní vloží do muflovací pece s nastavenou teplotou 50°C;
- 🧪 v případě vzorků z horizontů s vysokým obsahem humifikované hmoty se používají tyglíky malých velikostí a teplota se v muflovací peci zvyšuje postupně;
- 🧪 po dosažení teploty 550°C vzorek ponecháme v peci po dobu 30 minut;
- 🧪 po vyžhání se vzorek z vnitřního prostoru muflovací pece vyjme kovovými kleštěmi a okamžitě vloží do dobře těsnícího exsikátoru;
- 🧪 po zchladnutí se tyglík se vzorkem opět zváží.

III.1.3. Výpočet

$$y = (m_1 - m_2)/m_1 \cdot 100 (\%)$$

kde

m_1 – hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti,

m_2 – hmotnost vzorku po vyžhání.

III.1.4. Vyhodnocení

Tab. 9: Hodnocení lesních půd podle obsahu humusových látek

| Humus (%) | Půdní horizont |
|-------------|---------------------|
| Méně než 1 | Velmi slabě humózní |
| 1-2 | Slabě humózní |
| 2-5 | Humózní |
| 5-20 | Silně humózní |
| Více než 20 | Velmi silně humózní |

Použitá literatura:

ČSN 72 1110 (1959) *Základní postup rozboru silikátů*. Ústav pro normalizaci, Praha.

IV. BIOCHEMICKÉ VLASTNOSTI

IV.1. Aktivita půdní katalázy podle KÁŠE (1954)

IV.1.1. Problematika stanovení

Postatou stanovení aktivity půdní katalázy je kvantifikace míry rozkladu peroxidu vodíku na vodu a molekulární kyslík. Důvod k tomu, abychom na základě měření produkce O_2 (vznikajícího díky přítomnosti H_2O_2 v půdní suspenzi) hodnotili půdní biologickou aktivitu spočívá v přítomnosti mikroflóry, schopně produkovat enzym, katalyzující tuto reakci.

Tento enzym se pak nazývá kataláza. Dané stanovení je tedy stanovení enzymatické.

Půdní enzymy jsou základem půdní biochemie. Enzymatická stanovení patří k základním testům biologické aktivity půdy. Aktivita katalázy je tak jedním z ukazatelů intenzity biochemických procesů v půdě. Vypovídací schopnost této analýzy není absolutní, neboť půda v omezené míře disponuje schopností rozkládat H_2O_2 i abiotickou cestou – prostřednictvím katalyticky aktivních oxidů některých prvků.












Kataláza je produkována živými buňkami půdní bioty. Tento enzym je do půdy vylučován s cílem rozložit účinné, pro život velmi nebezpečné oxidační činidlo – peroxid vodíku H_2O_2 . Ten je rozložen na neškodnou vodu a kyslík. Peroxid vodíku vzniká jako nežádoucí vedlejší produkt metabolických reakcí půdní mikroflóry. Tato chemicky slabá kyselina vzniká při dekompozici organické hmoty jako zákonitá součást vedlejších produktů rozkladných reakcí. Vzhledem k tomu, že vůči riziku spálení vlastních buněk produktem – byť nechtěným – vlastní aktivity se organismy brání, je produkce katalázy součástí přirozeného ochranného aparátu mikroflóry. Míra její intenzity se stává mírou biochemické aktivity půdy.

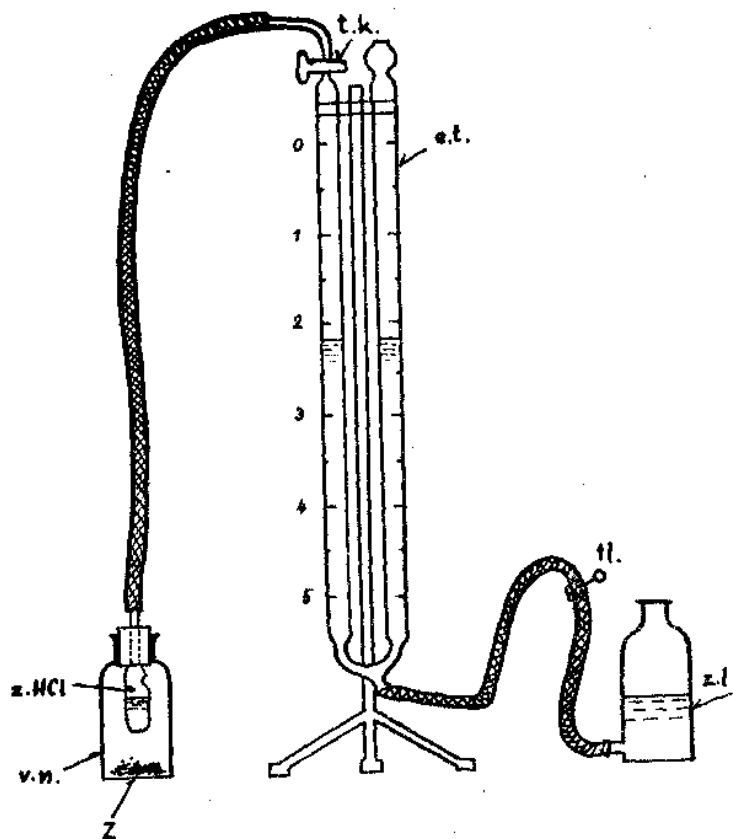
Úplnost komplexu půdních reakcí bude vzrůstat se vzrůstající rozmanitostí v půdě přítomných enzymů. Enzymatická aktivita půdy tak představuje schopnost půdy projevovat se katalyzačním vlivem na procesy přeměn organických a anorganických látek. Je výsledkem přítomnosti jak adaptivně vylučovaných enzymů půdních organismů a rostlin, tak výsledkem přítomnosti enzymů, adsorbovaných organominerálním sorpčním komplexem.

Tvorba enzymatického potenciálu půdy je složitý proces, ovlivňovaný komplexním působením pedogenetických faktorů. V prvé řadě se uplatňují enzymy extracelulární, primárně vylučované živými organismy do půdy. Enzymatická potenciál půdy je doplňován enzymy intercelulárními a intracelulárními, které po autolýze mikrobiálních buněk a po rozkladu odumřelých organických pletiv a tkání vstupují do interakce s půdními sorbenty.

V případě kataláz hraje klíčovou roli právě sorpční komplex a to konkrétně koloidní humus. Důvodem je zde skutečnost, že tvorba odvetné (adaptivně vylučované) formy katalázy by v okamžiku přítomnosti silného oksylichovadla v půdě byla již nemožná, neboť by již stačilo dojít k poškození jejích živých producentů. To znamená, že půdy musí trvale disponovat předem vytvořenými katalyzátory rozkladu peroxidu.

IV.1.2. Pracovní postup

-  principem metody je měření produkce O_2 rozkladem H_2O_2 . Základní pomůckou pro dané stanovení aktivity katalázy je Jankův vápnoměr (viz. Obrázek);
-  pro tento postup je nutné připravit 3 %-ní roztok peroxidu vodíku a paralelně s daným měřením stanovit sušinu daného vzorku, platnou pro daný čas měření;
-  v případě humusových horizontů se navažuje 5 g vzorku s původní vlhkostí, v případě horizontů minerálních 10 g;
-  vzorek vsypeme do 250 ml-ové Erlen. baňky a přilijeme 50 ml destilované vody;
-  na Jankově vápnoměru nastavíme hladinu vody v levém měrném sloupci na nulu;
-  do reakční baňky Jankova vápnoměru vlijeme 20 ml 3 %-ního H_2O_2 , správným způsobem ji spojíme s Erlenmayerovou baňkou s půdní suspenzí a zprůchodníme spojení jejího vnitřního prostoru s prostorem nad hladinou měrného válce správným nastavením třícetného kohoutu;
-  poznačíme si aktuální čas a nakloníme Erlenmayerovu baňku tak, aby veškerý H_2O_2 vytekl do půdní suspenze;
-  obsah Erlenmayerovy baňky opatrně promísíme krouživým pohybem;
-  po 15 minutách zaznamenáme výšku hladiny vodního sloupce v měrném válci. V případě intenzivní produkce kyslíku zmírníme tlak vodního sloupce v měrném válci. V případě intenzivní produkce kyslíku zmírníme tlak v celé soustavě upuštěním vody z pravého vyrovnávajícího válce Jankova vápnoměru;
-  pro udávání výsledků vycházíme z toho, že dílek rovný jedné desetinné stupnice („0,1“) představuje 5 ml nově produkováného kyslíku. V případě výchozí navážky 10 g výsledek dělíme dvěma;
-  výsledek přepočteme na produkci O_2 za 15 minut na 5 g sušiny půdního vzorku.



Obr. Jankův vápnoměr. T.k. = trojcestný kohout,
 e.t. = eudiometrická trubice,
 v.n. = vyvíjející nádoba,
 z.HCl = zásobník HCl,
 Z = zemina,
 z.l. = zásobní láhev
 tl. = tlačka

IV.1.3. Vyhodnocení

Tab. 10: Hodnocení lesních půd podle aktivity půdní katalázy ($\text{ml O}_2 \cdot 5 \text{ g}^{-1} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$)

| $\text{ml O}_2 \cdot 5 \text{ g}^{-1} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$ | aktivity půdní katalázy |
|--|-------------------------|
| Méně než 5 | Velmi slabá |
| 5-15 | Slabá |
| 15-30 | Střední |
| 30-60 | Vysoká |
| Více než 60 | Velmi vysoká |

IV.2. Aktivita půdních celuláz podle CHRISTENSENA (1910) v modifikaci GRUNDY (1967)

IV.2.1. Problematika stanovení

Základní složkou buněčných stěn rostlinných pletiv a nejběžnější organickou látkou v rámci celé biosféry je polysacharid celulóza. Po odumření rostlin je celulóza rozkládána působením složitého komplexu enzymů, řazených do skupiny celuláz (EC 3.2.1.4.). Tyto

enzymy patří stejně jako fosfomonoesteráza mezi hydrolázy, tj. enzymy katalyzujícími hydrolytická štěpení.

Půdní enzymy, biokatalyzátory chemických reakcí, se vyznačují vysokou substrátovou specifitou a selektivitou účinku. Jejich působení spočívá v tom, že již v malých množstvích zvyšují rychlost chemické reakce tím, že buď snižují energetickou bariéru reakce nebo zvyšují podíl molekul majících k dané reakci dostatečnou energii.

Determinací povahy a rychlosti chemických reakcí podmiňují enzymy v pedonu souhru biochemických syntéz a dekompozičních reakcí.

Aktivita enzymu je odrazem následujících parametrů:

- množství enzymu,
- kvantita koloidů a jejich sorpčních vlastností,
- koncentrace substrátu,
- hodnoty půdní reakce,
- teploty půdy,
- přítomnosti aktivátorů či inhibitorů.

Specifita substrátu a selektivita účinku celulolytických enzymů vede k tomu, že rozklad nejrozšířenější organické sloučeniny není katalyzován pouze jediným enzymem, ale celým enzymatickým komplexem. Producenty komplexu celuláz jsou v přírodě běžně rozšířené saprofytické organismy, z nichž největší podíl nacházíme právě v půdách. Mimo půdy nacházíme například endosymbiotické celulolytické bakterie žijící v zaživacích traktech některých rodů roztočů, chvostoskoků, kroužkovců a mravenců.

Půdní celulázy představují tři skupiny enzymů: endoglukanázy, exoglukanázy a celobiázy. Kontrast mezi jednoduchostí struktury vláknitých makromolekul celulózy a složitostí neuniformního procesu jejich dekompozice znemožňuje jednoduché stanovení konkrétního enzymu. Na základě kvantitativně jednoznačně vyjádřeného úbytku celulózy tak nelze postihnout kvalitativní parametry daného rozkladu – ani konkrétní producenty, ani konkrétní jednotlivý enzym.

IV.2.2. Pracovní postup

- 🧪 *principem metody je inkubace sterilní celulózy. Základní pomůckou je Petriho miska;*
- 🧪 *nastříháme proužky filtračního papíru do rozměrů 5 cm x 1 cm. Proužky sterilizujeme;*
- 🧪 *do sterilní Petriho misky vsypeme půdní vzorek s původní vlhkostí a laboratorní lžičkou jej rovnoměrně rozprostřeme v přibližně 5 mm silné vrstvě;*
- 🧪 *na vzorek položíme 3 proužky filtračního papíru. K jejich dokonalému přilnutí k povrchu testovaného půdního vzorku proužky jemně přitlačíme skleněnou tyčinkou;*
- 🧪 *označíme víko Petriho misky, uzavřeme ji a uložíme do inkubátoru;*
- 🧪 *každý sudý týden pomocí stříčky opatrně provlhčíme vzorek destilovanou vodou;*
- 🧪 *v určitý den stanovíme procento úbytku celulózy. Do výpočtu se zahrne pouze plocha zcela rozložené celulózy. Při kolonizaci půdními houbami celulóza zcela zmizí nebo je zakryta mycelia jednotlivých druhů mikromycet. Při kolonizaci bakteriemi a aktinomycetami zůstává na povrchu vzorku sliznatá, mokvatá vrstvička. Částečně rozložená celulóza indikuje neukončený rozklad a do výpočtu se nezahrnuje;*
- 🧪 *k zjištění přesného procenta úbytku použijeme rastr 5 cm x 1 cm, rozdělený na 20 stejných políček 5 mm x 5mm. Každé políčko představuje 5 % plochy proužku;*
- 🧪 *kvantifikaci ukončeného rozkladu celulózy provedeme u všech tří jednotlivých papírků;*
- 🧪 *z daných tří hodnot spočteme aritmetický průměr. Zjistíme počet týdnů inkubace.*

IV.2.3. Výpočet

$$A = P/T$$

Kde:

A – míra aktivity půdních celuláz,

P – aritmetický průměr úbytků celulózy daný procentem plochy a

t – doba inkubace v týdnech

IV.2.4. Vyhodnocení

Tab. 11: Hodnocení lesních půd podle aktivity půdních celuláz

| A | aktivity půdních celuláz |
|-------------|---------------------------------|
| 0 | Žádná |
| 0-1 | Velmi slabá |
| 1-2 | Slabá |
| 2-5 | Střední |
| 5-10 | Vysoká |
| Více než 10 | Velmi vysoká |