



Pracownia studencka
Katedra Analizy Środowiska

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych

Ćwiczenie nr 7

OZNACZANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH GLEB

Chemia Środowiska

Gdańsk, 2022

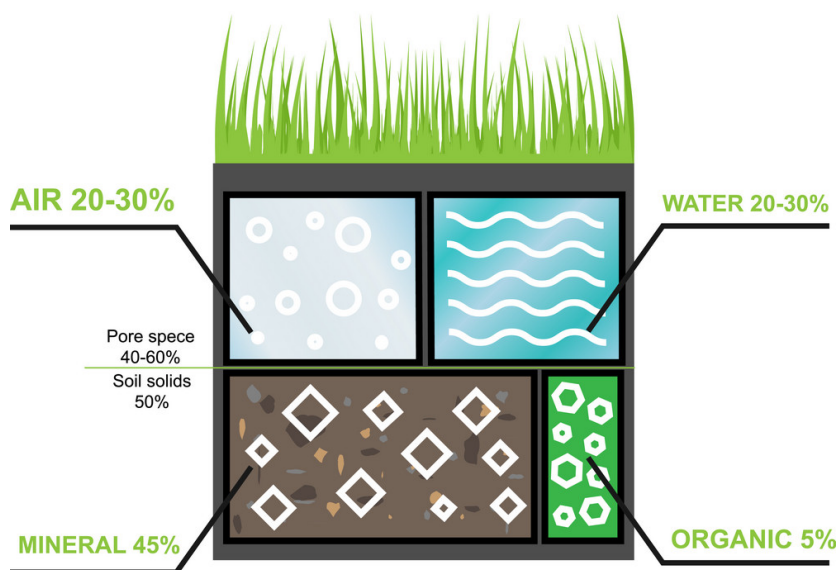
1. CZEŚĆ TEORETYCZNA

Gleba, czyli pedosfera jest naturalnym tworem wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej, odznaczającym się swoistymi cechami morfologicznymi oraz właściwościami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi, stwarzającym warunki dla życia roślin i zwierząt. Jest ona układem złożonym, ożywionym i dynamicznym, w którym zachodzą systematycznie procesy rozkładu i syntezy związków mineralnych i organicznych wraz z ich przemieszczaniem. Gleba powstaje w określonym czasie (wiek gleby) w wyniku procesów wietrzenia skał na skutek oddziaływania na skały macierzyste (podstawowe tworzywo gleby) **czynników glebotwórczych** takich jak:

- klimat,
- woda,
- organizmy żywe,
- ukształtowanie powierzchni,
- działalność człowieka.

Należy podkreślić, że wszystkie te czynniki współdziałają ze sobą i tylko przez ich wspólne dynamiczne działanie z martwej skały powstaje ożywiony i ulegający ciągłym przemianom twór jakim jest gleba.

Gleba jest zaliczana do **układów trójfazowych**. Jej ukształtowanie w wyniku procesów glebotwórczych spowodowało, że można wyróżnić w niej trzy główne składowe: fazę stałą, fazę ciekłą i fazę gazową (Rysunek 1).



Rysunek 1. Skład gleby

Na **fazę stałą** składa się część mineralna, część organiczna i część mineralno-organiczna. Do najważniejszych minerałów tworzących fazę stałą gleb należą: skalenie, kwarc, krzemiany, kalcyt, dolomit, gips, granat, pirokseny, amfibole i łyszczyki (miki). Substancja organiczna gleb ulega nieustannym przemianom i składa się przede wszystkim z próchnicy (bezpostaciowej substancji organicznej powstałej w wyniku procesu częściowego rozkładu martwej materii organicznej, przebiegającego przy współdziałaniu organizmów glebowych zwanego humifikacją), resztek roślinnych i zwierzęcych w różnym stopniu rozkładu oraz organizmów żyjących w glebie. Stosunek ilościowy składników mineralnych do organicznych wywiera duży wpływ na właściwości gleb i stanowi jedno z kryteriów ich podziału. Od kształtu i rozmiaru cząstek wchodzących w skład fazy stałej oraz od zawartości i jakości składników mineralnych i próchnicznych zależy powierzchnia właściwa gleby.

Fazę ciekłą stanowią roztwory glebowe zawierające zarówno cząstki mineralne jak i organiczne.

Faza gazowa nazywana jest powietrzem glebowym. Jej najważniejszym zadaniem jest zaopatrzenie korzeni roślin w tlen. Skład tej fazy zmienia się znacząco w ciągu okresu wegetacyjnego. W jej skład wchodzi głównie azot oraz tlen i dwutlenek węgla. Im głębiej tym niższa zawartość tlenu. Zawartość CO₂ natomiast zależy od procesów rozkładu substancji organicznej oraz przewietrzania gleby.

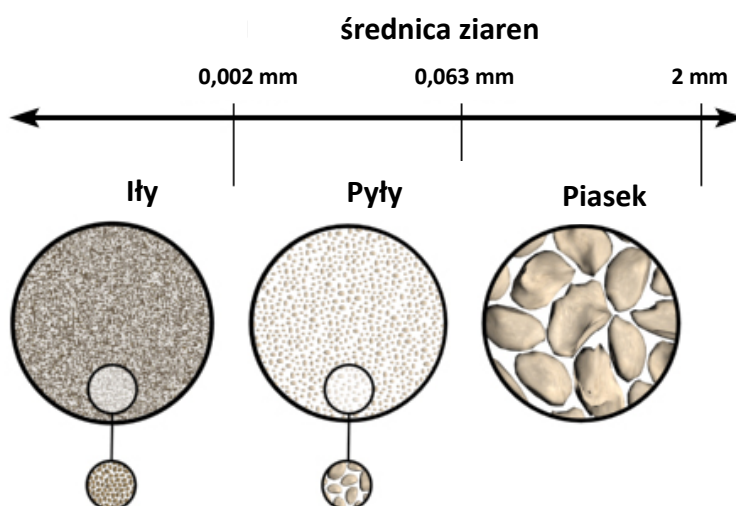
Do najważniejszych **funkcji gleby** zaliczamy:

- udział w produkcji biomasy,
- uczestnictwo w mineralizacji i humifikacji martwej materii organicznej oraz w magazynowaniu próchnicy,
- udział w przepływie energii oraz obiegu wody, a także pierwiastków biogenicznych,
- zapewnianie warunków życia: pokarmowych, tlenowych, wodnych i termicznych roślinom, zwierzętom oraz drobnoustrojom występującym w glebie,
- okresowe przechowywanie nasion.

Masa mineralna gleb zawiera ziarna o różnej wielkości (Rysunek 2). Różnice w wielkości cząstek oraz proporcje między nimi wywierają duży wpływ na właściwości fizykochemiczne gleby np. wielkość powierzchni właściwej czy przewiewność. **Podział frakcji** w zależności od granicznych średnic ziaren (wg normy PN-EN ISO 14688-1) jest następujący:

- kamienie (frakcja kamienista) średnica: 200 mm - 63 mm
- żwiry (frakcja żwirowa) średnica: 63 mm - 2 mm
 - żwir gruby średnica: 63 mm - 20 mm
 - żwir średni średnica: 20 mm - 6,3 mm

- żwir drobny średnica: 6,3 mm - 2 mm
- piaski (frakcja piaskowa) średnica: 2 mm - 0,063 mm
 - piasek gruby średnica: 2 mm - 0,63 mm
 - piasek średni średnica: 0,63 mm - 0,2 mm
 - piasek drobny średnica: 0,2 mm - 0,063 mm
- pyły (frakcja pyłowa) średnica: 0,063 mm - 0,002 mm
 - pył gruby średnica: 0,063 mm - 0,02 mm
 - pył średni średnica: 0,02 mm - 0,0063 mm
 - pył drobny średnica: 0,0063 mm - 0,002 mm
- iły (frakcja ilowa) średnica poniżej 0,002 mm



Rysunek 2. Frakcje mineralne gleb

Cechy morfologiczne gleby odzwierciedlają najistotniejsze zjawiska i procesy chemiczne, fizyczne i biologiczne w niej zachodzące. Morfologia - czyli budowa danej gleby - zależy od właściwości skały macierzystej oraz przebiegu takich procesów glebotwórczych jak: przemywanie (płowienie), bielcowanie, oglejenie, brunatnienie, proces bagienny, murszenie. Na podstawie wymienionych poniżej cech morfologicznych:

- budowa profilu glebowego,
- miąższość,
- barwa,
- struktura,
- układ, nowotwory glebowe,

- stopień rozkładu torfu (gleby organiczne),

można z dużym przybliżeniem określić podstawowe właściwości gleby i dzięki temu zaliczyć ją do odpowiedniej jednostki taksonomicznej (klasy, typu, rodzaju i gatunku).

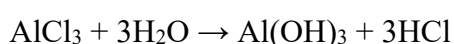
Właściwości kwasowo-zasadowe mają istotny wpływ na przebieg procesów glebowych, przyswajalność składników odżywczych, rozwój roślin i mikroorganizmów.

Kwasowością gleb i gruntów organicznych nazywany jest taki stan odczynu ich roztworu, w którym stężenie jonów wodorowych [H⁺] jest wyższe od stężenia jonów hydroksylowych [OH⁻].

Wyróżniamy:

Kwasowość czynną (aktualną) – wywołaną obecnością jonów wodorowych w roztworze porowym (oznaczaną przez pomiar pH gleby przeprowadzonej w zawiesinę w wodzie destylowanej)

Kwasowość potencjalną (wymienną) – spowodowaną przez wymienne jony wodoru H⁺ i glinu Al³⁺, które są słabo związane przez kompleks sorpcyjny gleby. Ten rodzaj kwasowości określa się w roztworze KCl. Wyparte jony H⁺ zwiększają kwasowość roztworu. Jony Al³⁺ łącząc się z jonami Cl⁻ tworzą sól, która w roztworze wodnym ulega reakcji hydrolizy wg reakcji:



i w ten sposób dodatkowo zakwasza środowisko.

Kwasowość hydrolityczną – określa ona, prawie całkowicie, ilość jonów wodorowych wysycających kompleks sorpcyjny, ponieważ do jej określenia stosuje się roztwory soli hydrolizujące zasadowo (np. octan wapnia). Pozwala to na wyparcie silnie związanych jonów wodoru i glinu z kompleksu sorpcyjnego.

Zależnie od odczynu gleby, określanego w roztworze KCl (kwasowość wymienna) (pHKCl), przyjęto następujący podział gleb uprawnych i leśnych:

pHKCl	Gleby uprawne	pHKCl	Gleby leśne
< 4,0	bardzo kwaśne	< 3,5	bardzo silnie kwaśne
4,1-4,5	kwaśne	3,6-4,5	silnie kwaśne
4,6-5,0	średnio kwaśne	4,6-5,5	kwaśne
5,1-6,0	słabo kwaśne	5,6-6,5	słabo kwaśne
6,1-6,5	obojętne	6,6-7,2	obojętne
6,6-7,0	słabo alkaliczne	7,3-8,0	słabo alkaliczne
7,1-7,5	średnio alkaliczne	> 8,0	alkaliczne

> 7,5

alkaliczne

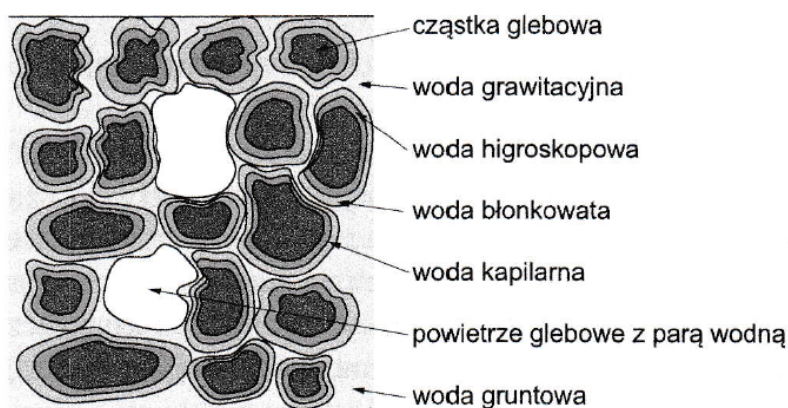
Odczyn pH jest bardzo ważną cechą gleby; decyduje bezpośrednio o kierunku i szybkości przebiegu procesów biologicznych i fizykochemicznych w glebach. Odczyn gleby ma podstawowe znaczenie dla procesów uruchamiania lub immobilizacji pierwiastków śladowych i składników pokarmowych. Dla przykładu zakwaszenie gleb powoduje wzmożone straty azotu poprzez wymywanie ich w głąb profilu glebowego oraz zmniejszenie dostępności fosforu, przechodzącego w formę trudno przyswajalną. Dodatkowo niska wartość pH sprzyja hydrolizie związków glinu, co powoduje uwalnianie glinu do roztworu glebowego, a ten zaś przykładowo już w niewielkich stężeniach (1 mg/100 g gleby) staje się toksyczny dla roślin (uszkadza korzenie, powodując zaburzenia w pobieraniu składników pokarmowych). Poza tym zakwaszenie gleb ogranicza rozwój i aktywność wielu grup mikroorganizmów glebowych biorących udział w tak ważnych procesach jak nityfikacja, mineralizacja czy humifikacja. Kwasowość gleby nie jest obojętna w stosunku do ilości materii organicznej w glebie. Jej ilość zmniejsza się w wyniku wzrostu rozpuszczalności i wymywania w głąb profilu glebowego kwasów fulwowych. Zawartość materii organicznej zmniejsza się również na skutek tworzenia soli kwasów próchnicznych z glinem i żelazem, które łatwo ulegają wymywaniu przy niskiej wartości pH. Przy kwaśnym odczynie gleby wzrasta aktywność wielu metali ciężkich w wyniku wzmożonej ich desorpcji do roztworu glebowego, przez to pogarsza się struktura agregatowa gleby. Sytuacja odwrotna ma miejsce przy alkalicznym odczynie, kiedy to zmniejsza się mobilność potencjalnie toksycznych metali, takich jak np. kadm, ołów. Dodatkowo wysoka wartość pH działa na glebę strukturotwórczo oraz sprzyja tworzeniu się trwałych substancji organicznych i akumulacji próchnicy.

Skład gleby i jego wpływ na jej właściwości. Skład gleby determinuje jej właściwości. Wśród wielu czynników wpływających na właściwości gleby jest zawartość wody.

Woda zawarta w przestworach glebowych, wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami organicznymi, mineralnymi i gazowymi, nazywana jest **roztworem glebowym** i stanowi jeden z najważniejszych czynników warunkujących życie roślin i organizmów bytujących w glebie. Ilość i jakość wody w glebie są silnie zróżnicowane i uzależnione od klimatu, rzeźby terenu, warunków hydrogeologicznych, budowy gleby i jej właściwości, sposobu użytkowania oraz zastosowanych zabiegów melioracyjnych. Przenikanie opadów przez warstwę roślinności i poziom organiczny gleby znacznie wzbogaca skład wody. W drobnoziarnistej frakcji gleby woda zalega w glebie dłużej, głównie w przestworach kapilarnych i może swój skład chemiczny równoważyć z fazą stałą

(aczkolwiek pełny stan równowagi na ogół nie jest osiągnięty). Obecność wody, oprócz bezpośredniego fizjologicznego wpływu na wzrost i rozwój roślin, modyfikuje również inne ważne czynniki takie jak: przewodność gleby, pęcznienie koloidów glebowych, aktywność biologiczną, czy przyswajalność składników biologicznych. Zależnie od rodzaju i wielkości sił działających na wodę w glebie można wyróżnić wiele jej postaci. Do najważniejszych należą:

- Woda w postaci pary wodnej;
- Woda molekularna (higroskopowa i błonkowa);
- Woda kapilarna (właściwa i przywierająca);
- Woda wolna (infiltracyjna i gruntowo-glebową).



Rysunek 3. Wiązanie wody z cząstkami gleby

Udział różnych postaci wody w sumarycznej jej zawartości w glebie nie jest jednakowy, co wpływa na zróżnicowanie dostępności wody dla roślin w różnych glebach przy tych samych warunkach wilgotności.

Woda w postaci pary wodnej wchodzi w skład powietrza zajmującego przestrzeń glebową i pozostaje w równowadze z wodą znajdującą się w glebie w stanie ciekłym. Charakterystyczną jej cechą jest ciągła wymiana między powietrzem glebowym a powietrzem atmosferycznym.

Z powodu niesymetrycznego ułożenia atomów wodoru i tlenu, molekuły wody mają budowę dipolową. W sąsiedztwie cząstek glebowych występuje pole elektryczne, w którym dipole ulegają ukierunkowaniu ułatwiającemu przyleganie wody do tych cząstek. Przyczyną tego zjawiska są m.in. siły Van der Waalsa oraz hydratacja kationów wymiennych sorpcyjnego kompleksu glebowego. Woda glebowa związana w ten sposób nazywana jest molekularną, natomiast największa jej ilość określana jest jako **maksymalna pojemność wodna**. Parametr ten ma względnie stałą wartość dla danego rodzaju gleby. Właściwość ta jest istotna ekologicznie, gdyż umożliwia oznaczenie

przybliżonej zawartości wody niedostępnej dla roślin.

Część wody w roztworze glebowym (mniejsza w glebach gruboziarnistych i większa w drobnoziarnistych), wiązana jest z glebą tak silnie, że staje się nieprzyswajalna dla roślin, nie porusza się ona w glebie, nie przekazuje ciśnienia hydrostatycznego i nie rozpuszcza soli. Ulega całkowitemu wyparowaniu dopiero w temperaturze 105 °C, a jej temperatura zamarzania jest mniejsza od zera. Nawet cząsteczki pary wodnej, kiedy znajdują się w polu działania sił powstających na powierzchni stałej fazy gleby, ulegają wiązaniu. Tak zasorbowaną wodę nazywa się higroskopową. Ilość wody związanej higroskopijnie zależy od wielu czynników, w tym od: uziarnienia gleby, rodzaju koloidów glebowych, rodzaju jonów wysycających glebowe sorbenty, temperatury i wilgotności względnej powietrza. **Zawartość wody higroskopowej** jest wartością zmienną dla danej próbki glebowej i zależy od aktualnej wilgotności powietrza. Ilość wody higroskopowej w glebie nie ma bezpośredniego znaczenia ekologicznego, aczkolwiek jej znajomość jest niezbędna dla wielu analiz gdzie wyniki są przeliczane na absolutnie suchą masę (dla materiału powietrznie suchego, należy wziąć poprawkę na zawartość wody higroskopowej).

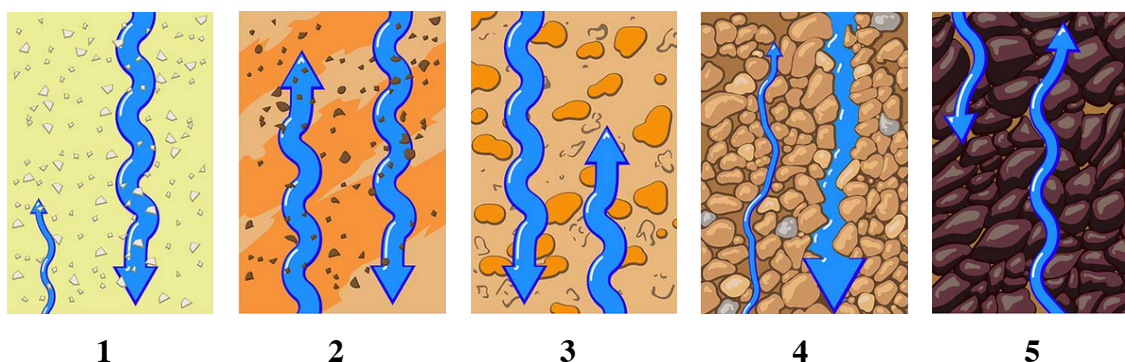
Woda związana przez siły molekularne zewnętrznej warstwy wody higroskopowej nazywana jest błonkowatą. Ilość wody błonkowej w glebie jest zazwyczaj 2 – 4 krotnie większa od maksymalnej higroskopowości. Większość wody błonkowej jest bardzo trudno dostępna dla roślin i wykazuje ona nieznaczną zdolność przemieszczania się w glebie.

Na granicy fazy stałej i ciekłej oraz ciekłej i gazowej w kapilarach o promieniach rzędu dziesiątych lub setnych milimetra, występują siły kapilarne, objawiające się wciąganiem lub wypychaniem cieczy z kanałków glebowych. Wielkość ciśnienia powstającego pod wpływem tych sił jest uzależniona od średnicy kapilar oraz napięcia powierzchniowego cieczy. Woda utrzymywana w tych wąskich przestworach glebowych nazywana jest wodą kapilarną. Przykładem działania sił kapilarnych jest menisk, który w zależności od doboru składników układu ciecz-ścianka kapilary, może być wklęsły lub wypukły. Przykładowo w układzie woda-szkło menisk jest wklęsły a w układzie rtęć-szkło powstaje menisk wypukły. Dla określonej cieczy i materiału, z którego zbudowana jest ścianka kapilary, wyznacza się tak zwaną **kapilarną pojemność wodną (zdolność podsiąkania)**, czyli wysokość słupa cieczy równoważące ciśnienie kapilarne. Wartość ta zależy przede wszystkim od średnicy kapilary. Zjawiska kapilarne występują często w przyrodzie i mają duże znaczenie w glebach, gdzie ich kształtowanie się jest podobne do występujących w układzie woda-szkło. Jednym z efektów działania sił kapilarnych w glebie jest zatem zdolność podsiąkania wody ponad zwierciadło wody gruntowo-glebowej. Wysokość podsiąkania zależy głównie od składu i struktury gleby. Występującą w glebie wodę kapilarną dzieli się na kapilarną właściwą i kapilarną

przywierającą. Wodę kapilarną pozostającą w kontakcie z wodą gruntowo-glebową nazywa się wodą kapilarną właściwą. Natomiast, woda kapilarna przywierająca (lub zawieszona) to taka, której źródłem jest woda pochodząca z opadów atmosferycznych, ze spływu powierzchniowego lub nawodnienia. Podnoszenie się wody w kapilarach ma duże znaczenie dla roślin, gdyż ubytki wody ze strefy korzeniowej mogą być uzupełniane przez podsiąkanie z warstw głębszych.

Woda wypełniająca w glebie pory większe niż kapilarne, przemieszczająca się swobodnie pod wpływem sił ciężkości, nosi nazwę wody wolnej. Ten rodzaj wody glebowej zasadniczo dzielimy na: wodę przesiąkającą (infiltracyjną) – pojawiającą się w glebie po obfitych opadach atmosferycznych; oraz wodę gruntową i gruntowo-glebową, czyli wodę zatrzymaną przez warstwę nieprzepuszczalną.

Mając na uwadze skład mineralny gleb i ich wpływ na właściwości gleb można wyróżnić następujące typy gleb (Rysunek 3):



Rysunek 3. Typy gleb i ich właściwości

Typ 1. Gleby piaszczyste (ang. *sand soils*):

Są często suche, ubogie w składniki odżywcze i szybko opadające. Mają one małą (lub żadną) zdolność do transportowania wody z głębszych warstw poprzez transport kapilarny. Zdolność gleb piaszczystych do zatrzymywania składników odżywczych i wody można poprawić poprzez dodanie substancji organicznych.

Typ 2. Gleby mułowe (ang. *silt soils*) o zawartości 0-10% gliny

Gleby te różnią się od gleb piaszczystych większą skłonnością do tworzenia skorupy, która często jest bardzo twarda. Jeśli są nadmiernie uprawiane, mogą stać się zbite, co zmniejsza ich zdolność do infiltracji wody w okresach wilgotnych. W warunkach suchych mogą stać się twarde i trudne do uprawy. Ogólnie rzecz biorąc, są one jednak łatwe w uprawie i mogą magazynować znaczne ilości wody.

Typ 3. Gleby gliniaste (ang. *clay soils*) o zawartości 10-25% iltu

Gleby te różnią się od opisanych powyżej tym, że skorupa może być bardzo silna. Skorupa jest często tak twarda, że trzeba ją rozbijać. Przy niskiej zawartości gliny i substancji organicznych tworzenie agregatów jest często słabe.

Typ 4. Gleby gliniaste (ang. *clay soils*) o zawartości 25-40% łu

Gleby te mają dobrą zdolność do transportu wody drogą kapilarną z głębokich warstw, ale tempo to jest wolne, więc zapotrzebowanie roślin na wodę nie jest zaspokajane przez wodę kapilarną. Gleby te mają ciemniejszą barwę, a agregacja gleby jest bardziej wyraźna. Agregacja zmniejsza ryzyko powstawania skorupy. Gleby te muszą być uprawiane przy odpowiedniej zawartości wody, aby można było je łatwo uprawiać. Zbyt sucha uprawa grozi zbrylaniem, a zbyt mokra - rozmywaniem. Gleby te wykazują dużą zdolność do poprawy swojej struktury pod wpływem działania klimatu, korzeni itp.

Typ 5. Gleby gliniaste z 40% zawartością łu

Ciężkie gliny mają bardzo wysoką zdolność zatrzymywania wody, ale większość wody jest ściśle związana i niedostępna dla roślin. Zawartość próchnicy jest często wyższa niż w innych glebach mineralnych. Nie tworzą one skorupy podczas wysychania. Gleby te mają bardzo dobrą zdolność do poprawy swojej struktury poprzez np. zamrażanie/rozmarzanie oraz suszenie/moknięcie. W mroźne zimy glina zamarza i tworzy w wierzchniej warstwie gleby bardzo korzystną, zbitą strukturę. Jeśli glina wyschnie bez wcześniejszego zamrożenia, może stać się bardzo sztywna i trudna do obróbki. W stanie nasyconym wodą gleby te mogą być lepkie i bardzo nieprzepuszczalne dla wody. Ze względu na wysoką zawartość gliny, zawartość składników odżywczych jest bardzo wysoka. Ciężkie gliny wymagają dużego zagęszczenia wokół nasion, gdy są suche, ale nie gdy są wilgotne i plastyczne. Ryzyko związane z ich uprawą w warunkach wilgotnych polega na tym, że prowadzi to do zagęszczenia gleby.

Sorpcja do gleb. Gleba odznacza się zdolnością zatrzymywania i pochłaniania różnych składników, w tym jonów i cząsteczek. Zdolność ta nosi nazwę sorpcji. Zdolności sorpcyjne warunkują spełnianie podstawowych funkcji gleby takich jak m.in. zatrzymywanie wody, magazynowanie i dostarczanie składników pokarmowych (dla mikroorganizmów i roślin) oraz unieszkodliwianie potencjalnie szkodliwych dla organizmów żywych substancji, które dostają się do gleby. Właściwości sorpcyjne gleby wynikają głównie z obecności w niej złożonych pod względem składu i pochodzenia koloidów glebowych (ich masa stanowi zazwyczaj 30-40% wagowych gleby), stanowiących tak zwany sorpcyjny kompleks glebowy.

Pojęcie sorpcji obejmuje dwa zjawiska: adsorpcję oraz absorpcję. Absorpcja oznacza

pochłanianie przez substancję ciekłą lub stałą (sorbent) gazów, par, cząsteczek niezdysonowanych, jak również jonów z roztworów i konsekwentne rozproszanie ich w całej objętości substancji sorbującej. Przykładem tu jest pochłanianie przez roztwór glebowy gazów z atmosfery (np. O₂).

Adsorpcja zachodzi na granicy dwóch faz i polega na zagęszczaniu wymienianych substancji jedynie na powierzchni adsorbentu. Na powierzchni ciał stałych może występować adsorpcja gazów, par, substancji rozpuszczonych w roztworze lub zawieszonych w fazie gazowej. Wyróżnia się co najmniej cztery rodzaje adsorpcji w zależności od natury oddziaływań substancji adsorbowanej z powierzchnią fazy stałej:

- *Adsorpcja fizyczna* – działanie sił międzycząsteczkowych (np. van der Waalsa);
- *Adsorpcja chemiczna (chemisorpcja)* – tworzenie wiązań chemicznych i powstawanie nowych związków;
- *Adsorpcja biologiczna* – pobieranie i zatrzymywanie jonów przez rośliny i ogół organizmów żyjących w powierzchniowej warstwie gleby;
- *Adsorpcja jonowymienna* – polega na pochłonięciu przez grunt (glebę) określonej ilości jonów z roztworu wodnego z jednoczesnym przejściem do roztworu równoważnej ilości innych jonów na skutek oddziaływań elektrostatycznych tj. przyciągania jonów z roztworu do przeciwnie naładowanej powierzchni.

W glebie występują wszystkie rodzaje adsorpcji, aczkolwiek ze względu na właściwości głównych sorbentów glebowych, na powierzchni których występują w większej lub mniejszej ilości ładunki ujemne i zwykle tylko niewielka ilość ładunków dodatnich, szczególne znaczenie ma **wymienna adsorpcja kationów**.

Do głównych parametrów wpływających na właściwości sorpcyjne gleby zalicza się: budowę sorbentu, odczyn gleby, rodzaj i stężenie kationów oraz zawartość i rodzaj materii organicznej

O proporcji w jakiej kationy są adsorbowane decyduje wiele czynników, najważniejsze z nich to: stężenie, wielkość ładunku, wielkość promienia jonowego oraz energia hydratacji. Energia potrzebna do adsorpcji kationów maleje wraz ze wzrostem wartościowości. W przypadku równej wartościowości, decydująca jest wielkość jonu w postaci uwodnionej (kationy adsorbowane są przede wszystkim w tej postaci). Mniejsze jony łatwiej zajmują miejsce bliżej naładowanej powierzchni sorbentu. Jony słabo uwodnione mają mniejszy promień i są łatwiej sorbowane, niż silnie uwodnione, dlatego energia hydratacji ma również istotne znaczenie (wpływa na wielkość promienia kationu). Energię wejścia kationów do kompleksu sorpcyjnego można zatem uszeregować następująco:



Powyższy szereg wskazuje, iż dana gleba sorbuje z roztworu najmniej kationów litu i najwięcej kationów żelaza. Należy zaznaczyć, iż kationy, które łatwo ulegają sorpcji są trudno usuwalne z kompleksu sorpcyjnego i odwrotnie.

Stężenie jonów w roztworze glebowym jest również istotnym czynnikiem wpływającym na sorpcję. Ze względu na dynamiczny charakter tego procesu, podczas gdy ustala się równowaga pomiędzy stężeniem i składem jonów w roztworze glebowym a jonami w kompleksie sorpcyjnym, zwiększenie stężenia jonów w roztworze glebowym zwiększa ich sorpcję. W ten sposób jony słabo sorbowane (np. Na^+), mogą również przenikać do kompleksu sorpcyjnego.

Adsorpcja kationów, nie zawsze odbywa się na zasadzie prostych oddziaływań elektrostatycznych. Struktura niektórych sorbentów i rodzaj grup funkcyjnych będących źródłem ładunków, sprzyja w niektórych przypadkach selektywności względem określonych jonów. Charakterystycznym przykładem jest tu selektywna adsorpcja jonów K^+ przez wermikuly lub smektyty, prowadząca do zablokowania części potasu nawozowego. Również próchnica wiąże wiele kationów na zasadzie kompleksowania. Tego typu wiązania określa się mianem adsorpcji specyficznej i może być ona wymienna lub niewymienna.

W przypadku anionów, bardzo istotny jest podział na adsorpcję specyficzną i niespecyficzną. Adsorpcja niespecyficzna, będąca podstawą wymiennej adsorpcji kationów, w przypadku anionów odgrywa nieznaczną rolę. Ładunków dodatnich na powierzchni koloidów glebowych jest niewiele i tylko niektóre aniony oddziałują z tymi ładunkami na zasadzie przyciągania elektrostatycznego. Adsorpcja specyficzna anionów, nie jest uzależniona od ładunku na powierzchni sorbentu. Decydującym aspektem w tym przypadku jest silne powinowactwo chemiczne niektórych anionów do tej powierzchni.

W ocenie jakości gleby, bardzo ważnym wskaźnikiem jest zdolność gleby do wymiennej adsorpcji kationów. Miarą tej zdolności jest **pojemność wymiany kationów**, termin odpowiadający przyjętemu powszechnie w języku angielskim określeniu *cation exchange capacity* (CEC). Praktycznie CEC oznacza sumę kationów, które zubożniają ładunki ujemne będące w danym momencie na powierzchni sorbentów glebowych. Wielkość CEC wyraża się w jednostkach molowych ładunków w odniesieniu do określonej masy gleby (najczęściej kg) np. $\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Ładunek ujemny wielu koloidów glebowych zależy od pH, dlatego wartość CEC również zależy od odczynu. Szczególnie istotne jest to w przypadku sorbentów organicznych, gdzie nośnikami ładunków są grupy hydroksylowe fenoli i karboksylowe kwasów a ich dysocjacja jest silnie stymulowana przez wzrost pH.

2. WYKONANIE ĆWICZENIA

2.1. Określenie składu chemicznego gleby w teście słoikowym (ang. jar test)

1. Próbkę gleby otrzymaną od prowadzącego wsypać do słoika, tak aby ziemia w słoiku zajmowała co najmniej połowę jego objętości.
2. Całość zalać wodą prawie do pełna i dodać łyżeczkę płynu do naczyń.
3. Słoik zakręcić i wytrząsać tak długo, aż się wszystko dobrze wymiesza.
4. Następnie słoik odstawić i odczytać wyniki po 1 minucie, 2 godzinach i tuż przed zakończeniem zajęć. Ostatni pomiar powinien być dokonany po co najmniej 24 godzinach, gdy wszystko się ustabilizuje.

Początkowo, na dno słoika opadają najcięższe frakcje – żwir i piasek. Po kilku następnych godzinach zacznie opadać glina/ił a na końcu najlżejsze frakcje pyłowe. W słoiku utworzą się dobrze widoczne warstwy. Na powierzchni wody zaś będą unosić się składniki organiczne.

5. Na końcu eksperymentu zmierzyć linijką grubość wszystkich warstw razem. Później zmierzyć grubość po kolei każdej warstwy osobno. Osobno piasek, osobno glinę, osobno warstwę pyłową i zanotować wyniki:
 - całość cm
 - warstwa piasku (ang. *sand*) cm
 - warstwa gliny/pyłu (ang. *silt*) cm
 - warstwa iłu (ang. *clay*) cm

Źródło: <http://poradyogrodnika.blogspot.com/2020/03/prosty-test-gleby-i-trojkat-glebowy.html>

Na tej podstawie obliczyć skład procentowy badanej gleby. Uzyskane wyniki nanieść na trójkąt glebowy, inaczej nazywany trójkątem Fereta (Rysunek 1). W tym celu należy skorzystać z linijki i nanieść na odpowiedniej skali uzyskane wyniki i wykreślić linie przez cały trójkąt. Linie się przetną i utworzą mniejszy trójkąt, który wskaże nam rodzaj badanej gleby.

Alternatywnie można także skorzystać z interaktywnego kalkulatora zamieszczonego pod adresem on-line:

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167

2.2. Określenie granulometrii wybranej gleby metodą sitową – opcjonalnie, pokazowo

1. Powietrznie suchą próbkę gleby rozetrzeć w moździerzu i odważyć z niej 200 g
2. Odważoną próbkę wsypać do sita (o największej średnicy oczek) z odbieralnikiem, przykryć pokrywką i intensywnie wytrząsać przez kilka minut
3. Po wytrząsaniu przesianą glebę z odbieralnika przesypać do kolejnego pod względem wielkości średnicy oczek sita i ponownie wytrząsać
4. Czynność powtarzać aż do wykorzystania wszystkich sit zestawu
5. Następnie zważyć frakcje gleby pozostałe na poszczególnych sitach oraz w odbieralniku
6. Obliczyć udział poszczególnych frakcji jako procent wagowy początkowej ilości próbki

$$\%wag = \frac{m_f}{m_{pr}} \times 100$$

gdzie:

$\%wag$ – procent wagowy początkowej ilości próbki [%]

m_f – masa danej frakcji [g]

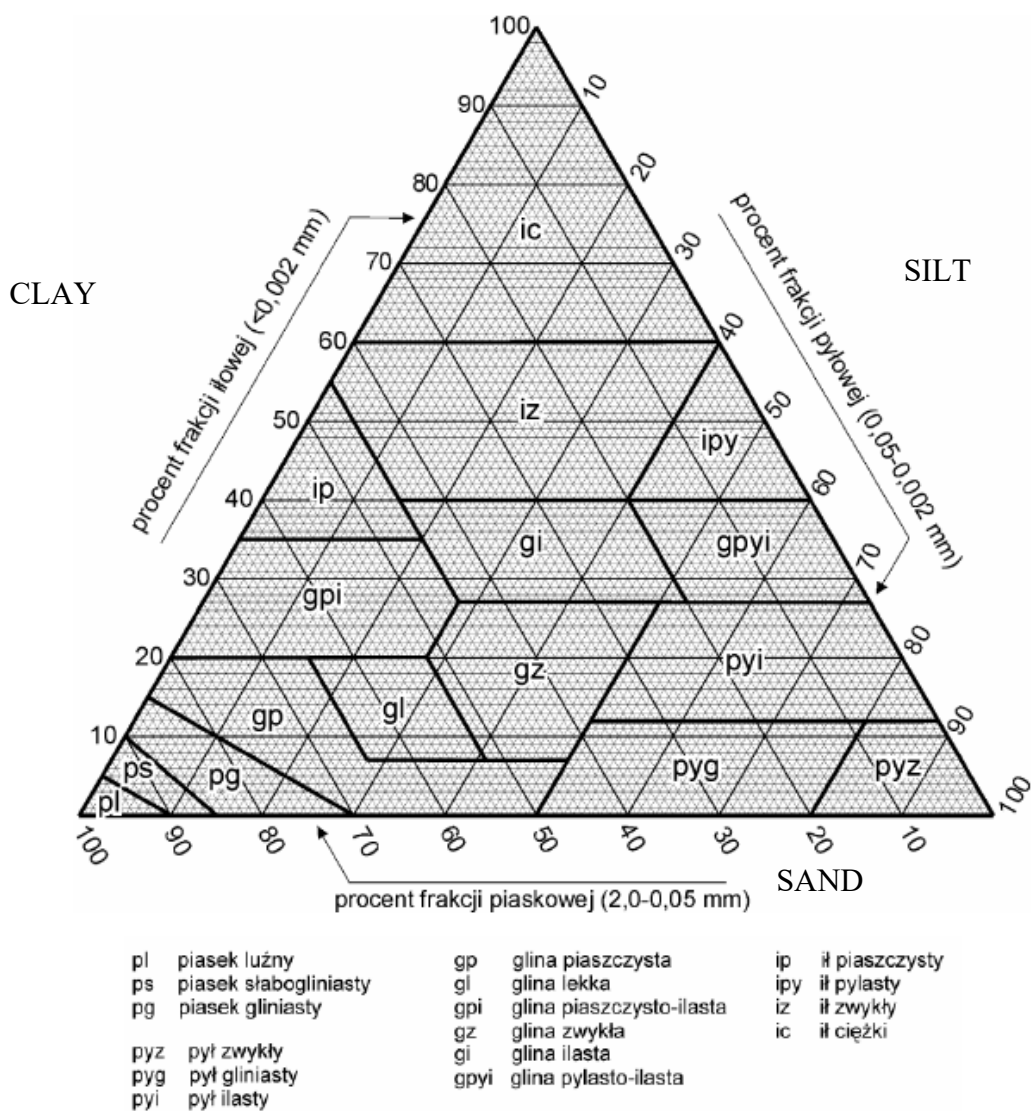
m_{pr} – początkowa masa próbki [g]

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- zestaw sit

- bibuła

- waga laboratoryjna techniczna



Rysunek 1. Trójkąt Fereta

(Źródło: C.Kaźmierowski, Instrukcja do Ćwiczenia 1: Skład granulometryczny gleb, Zakład Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb, UAM Poznań)

2.3. Wyznaczanie gęstości objętościowej gleby

1. Odmierzyć za pomocą cylindra miarowego 10 ml powietrznie suchej gleby
2. Przygotowaną próbkę zważyć i obliczyć gęstość objętościową gleby wg wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

gdzie:

ρ - gęstość objętościowa gleby [g/cm^3]

m – masa próbki gleby [g]

V – objętość badanej próbki gleby [cm^3] (tu 10 cm^3)

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- cylinder miarowy 25 ml
- waga laboratoryjna techniczna

2.4. Oznaczanie kwasowości czynnej gleb

a) metodą kolorymetryczną

1. W zlewce o pojemności 50 ml odważyć 10 g powietrznie suchej gleby, uprzednio roztartej w moździerz i przesianej przez sito o średnicy oczek 1,25 mm.
2. Do zlewki z próbką gleby dodać 25 ml wody destylowanej i energicznie mieszać, aż cały grunt przejdzie w zawiesinę (kilka minut).
3. Zanurzyć papierek wskaźnikowy w zawiesinie lub umieścić kroplę zawiesiny na papierku *(zaleca się odczekać, aż grubsze części opadną i przenieść kroplę zawiesiny na papierek wskaźnikowy, zamiast zanurzania go w zawiesinie)*.
4. Po 30 s porównać zabarwienie papierka z załączoną do niego skalą, odczytać wartość pH.

UWAGA! Próbkę pozostawić do realizacji pkt. b).

b) metodą elektrometryczną

1. Wykorzystać próbkę przygotowaną w ćwiczeniu 2.4, pkt. a).
2. Włączyć pH-metr, zanurzyć sondę pH-metru w zawiesinie i odczytać wartość na skali urządzenia.
3. Pomiaru dokonać 3-krotnie, po każdym pomiarze przepłukując elektrodę wodą destylowaną.
4. Za wynik uznać średnią z trzech pomiarów obliczoną z dokładnością 0,05 pH.

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- zlewka 50 ml
- cylinder miarowy 25 ml
- bagietka
- pH-metr

2.5. Oznaczanie kwasowości wymiennej gleb

1. W zlewce o pojemności 50 ml odważyć 10 g powietrznie suchej gleby, uprzednio roztartej w moździerz i przesianej przez sito o średnicy oczek 1,25 mm.
2. Do zlewki z próbką gleby dodać 25 ml 1 M roztworu KCl i energicznie mieszać, aż cały grunt przejdzie w zawiesinę (kilka minut).

3. Włączyć pH-metr, zanurzyć sondę pH-metru w zawieszynie i odczytać wartość na skali urządzenia.
4. Pomiaru dokonać 3-krotnie, po każdym pomiarze przepłukując elektrody wodą destylowaną.
5. Za wynik uznać średnią z trzech pomiarów obliczoną z dokładnością 0,05 pH.

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- waga laboratoryjna techniczna
- zlewka poj. 50 ml
- bagietka
- cylinder miarowy 25 ml
- pH-metr

Odczynniki:

- 1 M KCl

2.6. Oznaczanie elektrometryczne kwasowości hydrolitycznej gleb

1. W zlewce o pojemności 100 ml odważyć 40 g powietrznie suchej gleby, uprzednio roztartej w moździerzu i przesianej przez sito o średnicy oczek 1,25 mm.
2. Odważoną próbkę gleby przenieść do kolby o pojemności 250 ml.
3. Do kolby dodać 100 ml 0,5 M roztworu octanu wapnia.
4. Kolbę przykryć folią aluminiową i umieścić na mieszadle magnetycznym **na 1 godzinę**.
5. Zawartość kolby przesączyć się przez sączone bibułowy do czystego suchego naczynia (poj. do 200 ml).
6. Do kolby o pojemności 200 ml odmierzyć 50 ml klarownego przesączu i dodać kilka kropel 1% roztworu fenoloftaleiny.
7. Roztwór miareczkować 0,1 M roztworem NaOH do uzyskania słabo różowego zabarwienia, utrzymującego się przez co najmniej 1 minutę.
8. Obliczyć kwasowość hydrolityczną (Hh) wyrażoną w cm^3 0,1 M roztworu NaOH na 100 g gleby wg poniższego wzoru:

$$Hh = V \times 5 \times 1,5$$

gdzie:

V – objętość 0,1 M roztworu NaOH zużytego przy miareczkowaniu [cm^3],

5 – współczynnik przeliczeniowy na 100 g gleby,

1,5 – współczynnik empiryczny (poprawka na niepełne wyparcie jonów wodorowych przy jednorazowym traktowaniu gleby roztworem 0,5 M $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$).

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

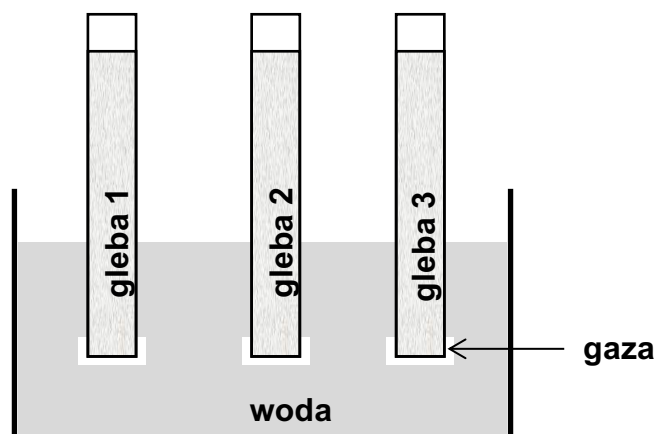
- waga laboratoryjna techniczna
- zlewka poj. 100 ml
- kolba poj. 250 ml
- cylinder miarowy 100 ml
- kolba poj. 200 ml × 3
- lejek
- cylinder miarowy 50 ml
- biureta
- pipeta Pasteura
- mieszadło magnetyczne, mieszadélko
- sáczek bibułowuy
- folia aluminiowa

Odczynniki:

- 0,1 M NaOH
- 0,5 M $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, pH=8,2
- fenoloftaleina

2.7. Porównanie kapilarnej pojemności wodnej różnych rodzajów gleb (ćwiczenie wspólne dla całej grupy)

1. Próbkí gleby otrzymane od prowadzącego suszyć w 105 °C **przez 1 godzinę**.



Rys. 1

2. Do szklanych rurek o wymiarach 1 × 30 cm zamkniętych od dołu gazą i umieszczonych w statywie, wprowadzić do jednakowego poziomu wysuszone próbki gleb i całość zanurzyć w wodzie na głębokość około 3 cm [Rys. 1].
3. Po upływie 15, 30, 45, 60 i 75 min zanotować wysokość (w mm) na jaką podniosła się woda w rurkach pomiarowych.

rodzaj gleby	wysokość (w mm) kapilarnego wznoszenia się wody po upływie:				
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- rurki szklane o wymiarach 1 × 30 cm – 3 szt.
- gaza
- gumki recepturki
- bagietka szklana – 3 szt.
- małe lejki szklane dopasowane do rurek – 3 szt.
- mała łyżeczka metalowa
- krystalizator
- linijka

2.8. Wyznaczanie maksymalnej pojemności wodnej (całkowitej retencji wodnej) gleby

1. Przygotować zestaw złożony z cylindra o objętości 500 ml i lejka z sączkiem bibułowym (schemat układu doświadczalnego przedstawia Rys. 2).
2. W lejku umieścić 50 g powietrznie suchej i wysuszonej w suszarce w temperaturze 105 °C do stałej masy gleby i przesączyć przez nią 150 ml wody destylowanej (UWAGA! Wlewać wodę tak, aby zwilżyć równomiernie całą powierzchnię gleby, kilkakrotnie przelewając przesącz przez próbkę).
3. Maksymalną pojemność wodną gleby **PW** obliczyć na podstawie poniższego wzoru:

$$PW = \frac{m_1 - m_2}{m_s} \times 100\%$$

gdzie:

m_1 – masa wody dodanej do próbki gleby [g]

m_2 – masa zebranej wody, która przeszła przez glebę [g]

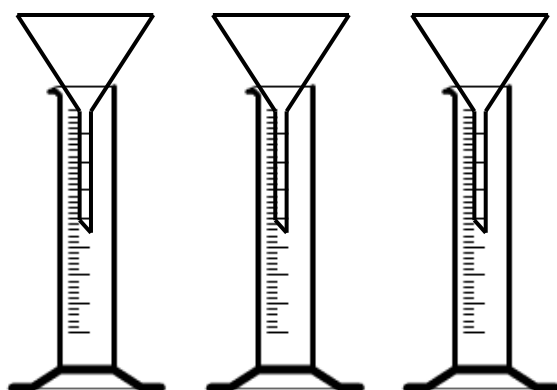
m_s – masa suchej gleby [g]

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- cylinder poj. 500 ml
- cylinder poj. 250 ml
- lejek
- sącdek bibułowy
- metalowa łyżka
- waga laboratoryjna techniczna

2.9. Badanie właściwości sorpcyjnych gleby

1. Przygotować trzy zestawy złożone z: cylindra o objętości 500 ml i umieszczonego w nim lejka [Rys. 2].
2. Następnie w lejkach umieścić sączi i wypełnić je do połowy wysokości odpowiednio **1-** węglem aktywnym (próbka wspólna dla całej grupy), **2-** wybranym minerałem ilastym - kaolinit (próbka wspólna dla całej grupy), 3, 4, 5 – odpowiednio glebami badanymi na ćwiczeniu przez każdą z grup (otrzymanymi od prowadzącego).
3. Na powierzchnię każdego z testowanych materiałów wprowadzić 10 ml wodnego roztworu barwnika otrzymanego od prowadzącego ćwiczenia (roztwór atramentu).
4. Przemycać próbki na sączkach 100 ml wody destylowanej.
5. Przesącze zbierać w cylindrach miarowych i porównać wizualnie intensywność ich zabarwienia



Rys. 2 Schemat zestawu eksperymentalnego do pkt. 2.9.

Zestaw szkła i sprzętu laboratoryjnego:

- cylinder poj. 500 ml – 5 szt.

- cylinder poj. 10 ml – 1 szt.
 - zlewka poj. 200 ml – 5 szt.
 - lejek szklany – 5 szt.
 - sączek bibułowy
 - metalowa łyżka
- Odczynniki:
- węgiel aktywny
 - kaolinit
 - wodny roztwór atramentu

3. SPRAWOZDANIE

KAŻDA GRUPA UWZGLĘDNI W SPRAWOZDANIU WYNIKI UZYSKANE DLA WSZYSTKICH BADANYCH NA ĆWICZENIU RODZAJÓW GLEB

1. **Cel ćwiczenia** – opisanie głównego celu ćwiczenia i celów pobocznych (jeżeli występują)
2. **Część metodyczna** w formie mieszczącego się na jednej stronie schematu przedstawiającego najważniejsze etapy wykonanego eksperymentu umożliwiającego powtórzenie doświadczenia. Schemat powinien uwzględniać nazwy badanych rodzajów gleb, w przypadku próbek gleb pobranych przez Studentów miejsce pobrania próbki, użyte nawózki itp.
3. **Wyniki/ opracowanie wyników**
Zebranie i zamieszczenie wszystkich uzyskanych na ćwiczeniu wyników (uzyskanych dla wszystkich badanych na ćwiczeniu rodzajów gleb) i wykonywanych obliczeń*
4. **Dyskusja i podsumowanie** - odwołanie do celu ćwiczenia; podsumowanie ćwiczenia; interpretacja uzyskanych wyników doświadczeń w oparciu o posiadaną wiedzę na temat gleby; w razie potrzeby odwołanie się do danych literaturowych.
5. **Spis wykorzystanej literatury**
[1] Dane artykułu naukowego np: Cleuvers M (2003) Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects. Toxicol Lett 142:185–194. doi: 10.1016/S0378-4274(03)00068-7
[2] Informacje ze strony internetowej: adres

WYMAGANIA OGÓLNE:

- tekst powinien być wyjustowany
- strony należy ponumerować
- wszystkie rysunki i tabele powinny zostać podpisane (tabele podpisujemy „nad tabelą”, rysunki „pod rysunkiem”) i powinny występować nawiązania do nich w tekście.

- *zamieścić obliczenia niezbędne do wykonania doświadczenia i opracowania wyników; w sytuacji, gdy wykonuje się kilka obliczeń wg tego samego schematu (np. dla różnych stężeń rodzajów gleby) zamieścić jedno przykładowe obliczenie
- stosować jednostki wszędzie, gdzie jest to wymagane
- sprawozdanie należy oddać w ustalonym terminie

Zagadnienia teoretyczne: czynniki glebotwórcze, skład gleby, funkcje gleby, główne frakcje mineralne gleby, właściwości kwasowo-zasadowe (kwasowość czynna, wymienna, hydrolityczna), woda w glebie - rodzaje i definicje, maksymalna pojemność wodna, kapilarna pojemność wodna, sorpcja do gleb, adsorpcja a absorpcja, rodzaje adsorpcji i definicje