

Міністерство освіти і науки, України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
ім. С. Т. Вознюка

05-01-328М

Методичні вказівки
для виконання лабораторних та самостійних робіт
з дисципліни «**Ґрунтознавство**»
для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною
програмою «Геодезія та землеустрій»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
денної та заочної форм навчання
з елементами дуальної освіти

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 1 від 03.09 2024 р.

Рівне–2024

Методичні вказівки для виконання лабораторних та самостійних робіт з дисципліни «Ґрунтознавство» здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Ґеодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Ґеодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання з елементами дуальної освіти. [Електронне видання] / Фурман В. М., Мороз О. С. – Рівне : НУВГП, 2024. – 52 с.

Укладачі: Фурман В. М. к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка, Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка.

Відповідальний за випуск: Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка.

Керівник групи забезпечення: к.т.н., доцент Янчук Р. М.

Попередня версія МВ 05-01-63

© В. М. Фурман,
О. С. Мороз, 2024
© НУВГП, 2024

Вступ

Грунт – основний засіб і об'єкт праці в сільськогосподарському виробництві, а його розподіл є причиною гострих соціальних конфліктів. Землеробство та інші галузі сільського господарства прямо чи опосередковано базуються на використанні потенційних можливостей ґрунтової родючості і впливають на суть сучасних ґрунтових процесів.

Розвиток сільського господарства потребує правильного обліку особливостей ґрунтового покриву при розміщенні й плануванні його галузей, при виборі й розміщенні культурних рослин, агротехніки, використання добрив тощо.

Виконуючи соціально-економічну функцію, визначне місце і роль займають ґрунти у житті й діяльності людини. Ґрунт (*земля*) в сільському господарстві виступають як основний засіб виробництва.

Всі промислові засоби виробництва в міру їх використання зношуються і замінюються новими, на відміну від ґрунту, який за умов правильного використання поліпшується, тобто систематично відтворює та підвищує родючість.

Метою викладання дисципліни “Ґрунтознавство” є забезпечення глибокого і всебічного вивчення складу, властивостей і кваліфікації ґрунтів, а також ознайомлення з методами бонітування ґрунтів по їх природній родючості та економічній оцінці.

Основними завданнями дисципліни є:

- ✚ надання повної уяви про будову, склад, властивості, а також водний, повітряний, тепловий і поживний режими ґрунту;
- ✚ вивчення зональних і інтразональних ґрунтів України і світу;
- ✚ вивчення видів і способів більшості видів меліоративного впливу на ґрунти (водних, структурних, хімічних меліорацій);
- ✚ ознайомлення здобувачів вищої освіти з сучасними проблемами ґрунтового покриву земної кулі;
- ✚ засвоєння принципів раціонального, ощадливого, ефективного, рентабельного використання ґрунтів;

- ✚ ознайомлення з бонітетом, антропогенним перетворенням ґрунтів, екологічною, економічною, вартісною оцінкою земельних ділянок у складі конкретних природно-антропогенних ландшафтів.

В результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- ✚ склад, властивості і режими зональних і інтразональних ґрунтів;
- ✚ закономірності розміщення ґрунтів на земній кулі;
- ✚ критерії оцінки стану ґрунтів для подальшого моніторингу та кадастру земельних ресурсів.

Уміти:

- ✚ поставити реальний діагноз ґрунту;
- ✚ оцінити результат аналізу ґрунту;
- ✚ скласти сівозміну для меліорованих земель;
- ✚ розробити схему заходів з покращення властивостей та режимів ґрунту.

Дані методичні вказівки призначені для допомоги студентам у виконанні передбачених навчальним планом лабораторних робіт. До деяких робіт авторами методички наводиться відеосупровід виконання, який розміщений в сервісі YouTube (див. посилання за текстом), на авторство яких укладачі не претендують.

Наперед вдячні за зауваження та пропозиції до виконання лабораторних робіт.

Лабораторна робота № 1 Вивчення гранулометричного складу ґрунту.¹

Мета роботи: 1. Ознайомитись з класифікацією механічних елементів та гранулометричного складу ґрунтів. 2. Встановити причини змін механічного складу ґрунту в результаті їх інтенсивного використання; 3. Вивчити основні методи визначення механічного складу ґрунту; 4. Розробити заходи що до поліпшення механічного складу ґрунту.

Основні теоретичні відомості.

Гранулометричний склад ґрунту - це відносний вміст в ньому механічних елементів, якими складена тверда фаза ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів.

У процесі руйнування, транспортування водними, вітровими або силовими гравітаційними потоками та перевідкладання продуктів вивітрювання гірських порід відбувається їх сортування і розподіл на грубоуламкові, піщані, пилуваті або глинисті.

Механічні частинки різної величини мають неоднаковий мінералогічний та хімічний склад. Грубі частинки переважно представлені кварцом, пилуваті –кварцем і польовим шпатом, а тонкодисперсні – вторинними глинистими мінералами.

Тверда фаза ґрунту і ґрунтотвірних порід складається із часток різної величини, які називаються **гранулометричними (або механічними)** елементами.

Механічні елементи – це частинки різної величини, з яких складається тверда фаза ґрунтів і ґрунтотвірних порід. Вони містяться у ґрунті та породі у вільному стані (наприклад, у піску) і в агрегатному стані, коли вони з'єднані у структурні окремість – агрегати різної форми, величини та міцності.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=UMx8FrRGkm4>

Близькі за розміром і властивостями частинки ґрунту групуються у фракції (каміння, гравій, пісок тощо). Таке групування ґрунтових фракцій прийнято називати класифікацією механічних елементів (табл. 1.1).

Частки розміром менше 1 мм називають *дрібноземом*, який поділяють на *фізичний пісок (сума часток, більших 0,01 мм)*, і *фізичну глину (сума часток, дрібніших 0,01 мм)*. Сума часток, дрібніших 0,001 мм, називається *мулистю* або *тонкодисперсною фракцією*.

Таблиця 1.1

Класифікація механічних елементів ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів (за М.А. Качинським)

Діаметр частинок, мм	Назва механічних фракцій	Групи механічних елементів
>3	Каміння	Кам'яниста частина ґрунту
3-1	Гравій	
1-0,5	Пісок крупний	Фізичний пісок
0,5-0,25	Пісок середній	
0,25-0,05	Пісок дрібний	
0,05-0,01	Пил крупний	
0,01-0,005	Пил середній	Фізична глина
0,005-0,001	Пил дрібний	
0,001-0,0005	Мул грубий	
0,0005-0,0001	Мул тонкий	
<0,0001	Колоїди	

Співвідношення між фізичним піском та фізичною глиною лежить в основі класифікації ґрунтів за їх гранулометричним складом.

В практиці піщані і супіщані ґрунти називають легкими, так як вони легко обробляються, а суглинисті і глинисті - важкими, тому, що їх обробіток пов'язаний з великими енергетичними затратами. Легкі ґрунти, пухкі, добре пропускають повітря і воду, весною швидко прогриваються, але

погано утримують воду, містять мало гумусу та елементів живлення.

Важкі-щільні, погано пропускають воду і повітря, повільно прогріваються весною, мають велику зв'язність, твердість та вологоємність, накопичують більше гумусу та поживних речовин, здатні до утворення структури. Легко- і середньосуглинисті поєднують в собі позитивні властивості легких і важких ґрунтів.

Властивості механічних фракцій наступні:

- ✚ **Каміння (понад 3 мм)** представлене переважно уламками гірських порід. Вони надають ґрунтові небажану властивість – кам'янистість, яка ускладнює використання сільськогосподарських машин і знарядь.
- ✚ **Гравій (3–1 мм)** складається із уламків первинних мінералів. Високий вміст гравію у ґрунтах не перешкоджає обробітку ґрунту, але збільшує водопроникність, зменшує водопідіймальну здатність і вологоємність, що є небажаним для багатьох сільськогосподарських культур.
- ✚ **Пісок (1–0,05)** складається з уламків первинних мінералів і насамперед із кварцу та польових шпатів. Ця фракція має високу водопроникність, не набухає, не пластична.
- ✚ **Пил зрубий (0,05–0,01 мм)** за мінералогічним складом мало відрізняється від піщаної фракції, тому має деякі властивості піску: не пластичний, слабо набухає, має невисоку вологоємність. Для середнього пилу (0,01–0,005 мм) характерний підвищений вміст слюд, які надають фракції особливої пластичності й зв'язності. Ця фракція більш дисперсна, краще втримує вологу, має слабку водопроникність, не здатна до коагуляції. Тому ґрунти, в яких переважає фракція грубого і середнього пилу, схильні до запливання й ущільнення.
- ✚ **Пил тонкий (0,005–0,001 мм)** характеризується відносно високою дисперсністю, складається із первинних і вторинних мінералів. Він схильний до коагуляції і структуроутворення, володіє вбирною здатністю, містить підвищену кількість

гумусу. Водночас він має низьку водопроникність, містить багато недоступної для рослин води, схильний до набухання й осідання, липкості, тріщинуватості, щільного складення.

✚ **Мул (менше 0,001 мм)** складається переважно із високодисперсних вторинних мінералів. Із первинних мінералів у ньому трапляються кварц, ортоклаз, мусковіт. Мулиста фракція відіграє важливу роль у фізико-хімічних процесах, які відбуваються у ґрунті.

✚ **Колоїдна частина ґрунту (менше 0,0001 мм)** – найважливіша з погляду формування обмінних властивостей та структури ґрунту.

Методи вивчення гранулометричного складу:

1. ***Полювий (наближений)***- принцип якого полягає в зміні пластичності вологого ґрунту в залежності від вмісту фізичної глини (скачування в шнур та кільце). табл. 1.2.

2. ***Лабораторний (точний)*** - найбільш поширений метод піпетки, його принцип базується на залежності, яка існує між швидкістю осідання часток у спокійній воді та їх діаметром, тобто на законі Стокса. Терміни відбору проб та глибини занурення піпетки приведені в табл. 1.3.

На основі даних гранулометричного аналізу визначають коротку та повну назву ґрунту за механічним складом. Коротка назва встановлюється за вмістом фізичного піску і фізичної глини, а повна - з врахуванням двох переважаючих фракцій. В цьому випадку назва переважаючої фракції ставиться з кінець повної назви, а назва супутньої - одразу після короткої назви.

Таблиця 1.2

Польові методи визначення гранулометричного складу

Механічний склад	Враження при розтіранні між пальцями	Вид в лоту	В сушому стані	В вологому стані	При скачуванні
Глинистий	Тонкий однорідний порошок	Повністю відсутні великі піщані частинки	Дуже тверді і щільні	В'язкі, пластичні і сильно мазкуться	Дають гладку куляку і довгий шнур
Суглинчастий	Не зовсім однорідний порошок	Серед переважляючих глинистих та мулявих частінок скостерігаються піщані частинки	Щільні	Пластичні	Утворюють куляку, покриту тріщинами, довгого шнура не дають
Супішаний	Переважають піщані частинки з невеликою приміссю порожку		Землякостя в великій куляці з поверхні яких легко обтирається пісок	Непластичні	Повзаються тільки злегка куляки або шнурка
Піщані	Складаються внахилово майже з повних зерен		Сипучі	Утворюють текучу масу	В куляку і шнур не склаються

Таблиця 1.3
Терміни відбору проб та глибини замірювання піінінки для механічних елементів різного діаметру за П.А. Качинським

Пробні	Діаметр частінок, мм	Глибина замірювання пііетел в суспензії, см	Час відстоювання і температура суспензії		
			15°	20°	30°
1	0,05	25	130 сек.	115 сек.	92 сек.
2	0,01	10	21 хв. 45 сек.	19 хв. 14 сек.	15 хв. 17 сек.
3	0,005	10	1 год. 26 хв. 59 сек.	1 год. 16 хв. 55 сек.	1 год. 01 хв. 10 сек.
4	0,001	7	25 год. 22 хв.	22 год. 26 хв.	15 год. 30 хв.

Визначення гранулометричного складу польовими методами

Діагностика ґрунтів за гранулометричним складом у польових умовах (чи в лабораторії по ґрунтових зразках) легко здійснюється органолептично (на дотик). По кожному ґрунтовому різновиді (глиниста, суглинна, супіщана, піщана) візуально визначаються їхні зовнішні ознаки, характерні як для сухого, так і вологого стану ґрунту.

Методика визначення гранулометричного складу ґрунтів у сухому стані («сухий метод», «сухе розтирання»).

Грудочку ґрунту роздавлюють на долоні і втирають пальцем у шкіру. За опором і співвідношенням піщинок та глинистих частинок висновують про гранулометричний склад. Чим міцніше, твердіше грудочка, чим більше частинок втирається у шкіру, тим «важче» гранулометричний склад ґрунту. За допомогою сухого розтирання добре відрізняється пісок від глинистого піску та супіску (чистий пісок не втирається у долоню, і вона залишається чистою; супісок та глинистий пісок забруднюють долоню дрібними частинками).

Хід визначення.

З кожного ґрунтового зразка (генетичного горизонту) беруть невелику пробу землястої маси ґрунту і розтирають її на долоні чи між пальцями і по відчуттю відносять до тієї чи іншої групи по гранулометричному складу, користаючись наступним групуванням (табл. 1.4)

Таблиця 1.4

Визначення гранулометричного складу ґрунту методом сухого розтирання

Назва ґрунту за гранулометричним складом	Стан ґрунту	Метод сухого розтирання
Піщаний	Грудки дуже легко роздавлюються, перетворюючись в сипучу масу	При розтиранні з'являється відчуття шорсткості (переважають піщані частки, чітко помітні неозброєним оком, дуже багато піску, долонь не забруднюється)
Супіщаний	Грудки легко роздавлюються	При розтиранні переважає відчуття шорсткості (піщані частки) - ґрунт. Долонь забруднюється слабо
Легко-суглинковий	Грудки і структурні окремість роздавлюються при невеликому зусиллі.	При розтиранні зразка на долоні добре помітні піщані частки (шорсткуваті) і пилюваті (борошністі). Долонь забруднюється сильно

Продовження табл. 1.4		
Середньо-суглинковий	Грудки і структурні окремоті роздавлюються між пальцями з зусиллям	При розтиранні відчуваються шорсткість (піщані частки) і помітна борошністість (глинисті і пилюваті частки). Грунт добре мажеться, проте відчувається багато піщаних часточок
Важкосуглинковий	Грудки і структурні окремоті міцні, із силою роздавлюються між пальцями.	При розтиранні на долоні з'являється відчуття борошністісті (глинисті чи тонкопилюваті частки) і слабкої шорсткості (піщані частки). Грунт дає відчуття крейди, забрудненої дрібним піском
Глинистий	Грудки і структурні окремоті дуже тверді, не роздавлюються між пальцями.	При розтиранні відчувається однорідна, тонко подрібнена борошниста маса (порошок) Грунт дає відчуття мила, пісок не відчувається









Методика визначення гранулометричного складу ґрунтів у вологому стані ("проба на скачування").

Хід визначення.

До розтертого зразка ґрунту (мілкозему) треба додати таку кількість води, при якій утвориться тістоподібна маса, що володіє пластичністю (до тістоподібного стану).

Потім розкочують на долоні у шнур діаметром 2–3 мм і згортають шнур у кільце діаметром близько 2 см (зазвичай навколо пальця). Про гранулометричний склад ґрунту роблять висновок за такими показниками (табл. 1.5).

Таблиця 1.5
Визначення гранулометричного складу ґрунту та ґрунтотвірної породи методом скачування (за А.В. Гусаровим)

Градация ґрунтів за механічним складом		Морфологічні особливості зразка при скачуванні	
Пісок		під час скачування шнур не утворюється; кулька, як правило, не скачується;	
Супісок	Легкий	Дуже важко скочується у кульку, легко розпадається на механічні елементи	
	Важкий	під скачування шнур не утворюється, кулька скачується порівняно добре	
Суглинок	Легкий	під час скачування утворюється шнур, але відразу ж розпадається на короткі негнучкі циліндрики	
	Середній	під час скачування шнур формується добре, але під час згинання в кільце розламується;	
	Важкий	під час скачування шнур формується добре, легко згинається в кільце, але зверху дає шпаруни	
Глина	Легка	Скачується у кульку та шнур, який при згинанні у кільце не розвалюється, проте дає 2-3 невеликі і неглибокі шпаруни	
	Важка	під час скачування шнур формується добре, легко згинається в кільце, шпарун не дає	

При визначенні гранулометричного складу карбонатних ґрунтів способом скачування їх слід змочувати розведеною 10% *HCl* для руйнування мікроагрегатів.

Дані гранулометричного аналізу використовуються при бонітуванні ґрунтів, проектуванні осушувальних і зрошувальних меліоративних систем. Залежно від гранулометричного складу ґрунтів, змінюються умови обробітку, строки польових робіт, норми внесення добрив і хімічних меліорантів, розміщення сільськогосподарських культур та ін.

За гранулометричним складом характеризують коефіцієнти потенціального структуроутворення, розраховують параметри меліоративних систем, визначають набір технологічних операцій при обробітку ґрунту, встановлюють культури, які найкраще ростуть на даному ґрунті та ін.

Хід роботи:

Невелику кількість ґрунтового матеріалу (об'єм чайної ложки), очищують від сторонніх предметів (гілки, корені, трава, вугілля та ін.) акуратно розтирають у фарфоровій ступці до однорідної розсипчастої маси та змочують водою до густої в'язкої (тістоподібної консистенції).

2. Отримана маса скачується в кульку діаметром близько 1,5–2 см.

3. Кулька розкачується на більш-менш рівній поверхні (стіл, поверхня зошита, долонь і т.п.) в шнур довжиною близько 5 см и рівномірною товщиною близько 4–5 мм.

4. Отриманий шнур акуратно згибається в кільце також на рівній поверхні. Не допускається згинання у кільце пересохлого чи перезволоженого шнура: якщо шнур висох, то необхідно додати небагато води і розкачати матеріал знову, якщо він перезволожений – злегка обдути його для випаровування води з поверхні.

5. За характером розкачування зразка в шнур, його морфології, наявності та кількості шпаруватості на ньому визначається належність зразка, що вивчається до тієї чи іншої групи (підгрупи) гранулометричного складу (таблиця 1.5).

6. Виходячи з гранулометричного складу зразка ґрунту визначають загальні особливості його мінералогічного складу.

7. Виходячи з механічного складу та опираючись на дані таблиці 1.4

визначають загальні особливості мінералогічного складу зразків ґрунту.
8. Відпрацьований ґрунтовий матеріал не повертається до ґрунтового ящика і видаляється в пакет.

Виконавши роботу, зробити відповідні висновки за планом:

1. Від чого залежить механічний склад ґрунту.
2. За одержаними результатами механічного складу дати повну назву ґрунту.
3. Описати властивості всіх механічних фракцій.
4. Практичне використання даних про механічний склад ґрунту.
5. Описати можливі шляхи природної та штучної зміни

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи:

1. Яку фазу ґрунту характеризує гранулометричний склад?
2. Що таке механічні елементи і фракції та їх класифікація?
3. Гранулометричний склад та класифікація ґрунтів за гранулометричним складом.
4. Методи визначення гранулометричного складу ґрунту.
5. Поняття "легкі" та "важкі" ґрунти.
6. Як дається повна назва ґрунту за гранулометричним складом?
7. Що таке фізичний пісок та фізична глина?
8. Практичне використання даних гранулометричного складу ґрунту.²
9. Шляхи зміни гранулометричного складу ґрунту.³

Лабораторна робота №2 Вивчення фізичних властивостей ґрунту.⁴

Мета роботи: Ознайомитися з основними фізичними властивостями ґрунту. Визначити щільність (об'ємну вагу), щільність твердої фази

² Завдання для самостійного опрацювання

³ Завдання для самостійного опрацювання.

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=oNzAu5H56BA>

(питому вагу) пористість та аерацію. Встановити фактори, від яких залежать названі величини.

Теоретичні відомості

До загальних фізичних властивостей належать щільність твердої фази ґрунту, щільність непорушеного складу ґрунту (щільність складення) і пористість.

Щільність твердої фази ґрунту (питома вага ґрунту, d) – це відношення ваги твердої фази ґрунту в сухому стані до ваги рівного об'єму води при температурі 4 °С.

Щільність ґрунту (об'ємна маса, dv) – маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту, взятого у природному заляганні (з непошкодженим складом), виражена в $г / см^3$. Ґрунт вважають (за Качинським):

- ✚ розпушеним або збагаченим органікою за щільності $< 1 г / см^3$;
- ✚ значення показника для орних земель – $1,0 - 1,2 г / см^3$;
- ✚ орні горизонти дещо ущільнені – $1,2 - 1,3 г / см^3$;
- ✚ значення щільності для підорних горизонтів (крім чорноземів) – $1,4 - 1,6 г / см^3$;
- ✚ сильно ущільнені горизонти (солоді та підзоли) – $1,6 - 1,8 г / см^3$.

Шпаруватість – сумарний обсяг усіх пір і проміжків між частинками твердої фази ґрунту. Оцінка загальної шпаруватості (за Качинським):

- ✚ Ґрунт розпушений $> 70 \%$;
- ✚ Культурний орний шар – $55 - 65$;
- ✚ Задовільна для орного шару – $50 - 55$;
- ✚ Характерна для ущільнених елювіальних горизонтів
- ✚ $45 - 50$ – культурний піщаний ґрунт.

Загальні фізичні властивості ґрунтів (щільність з непорушеною будовою, щільність твердої фази, шпаруватість)

залежать від мінералогічного, механічного та хімічного складу. Вони суттєво впливають на процеси ґрунтоутворення та родючість ґрунту, тому є невід'ємною частиною їх генетичної, меліоративної та агрономічної характеристики.

I. Щільністю ґрунту називають масу одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту з непорушеною будовою (разом з порами), г/см³.

Для визначення цього показника існує декілька методів: **фіксажний, вазеліновий, піщаний, з допомогою рідин та буровий**, який є найбільш поширений. Його принцип полягає у відбиранні зразка ґрунту з непорушеною будовою за допомогою бура-циліндра певного об'єму висушування його до постійної ваги та зважування цього об'єму.

Хід роботи:

1. За допомогою бура-циліндра, об'ємом 50 см³, відібрати зразок ґрунту, не порушуючи його структуру і перенести в зважений бюкс.

2. Бюкс з ґрунтом висушити при температурі 105°C до постійної ваги і зважити.

3. Обчислити щільність ґрунту за формулою:

$$d = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

де: m - маса абсолютно сухого ґрунту, відібраного в циліндр, г. V - об'єм відібраного ґрунту, см³.

II. Щільність твердої фази (питома вага) ґрунту.

Щільністю твердої фази називають масу одиниці об'єму абсолютно-сухого, абсолютно-твердого ґрунту (без пор і пустот).

Основним і найбільш поширеним методом визначення питомої ваги є **пікнометричний**. **Пікнометр** – мірна посудина, яка дозволяє визначати об'єм рідини з великою точністю. На рис. 2.1 зображено найбільш поширені види пікнометрів. Принцип методу полягає в визначенні об'єму води або інертної рідини, який витісняє наважка ґрунту, взята для аналізу.

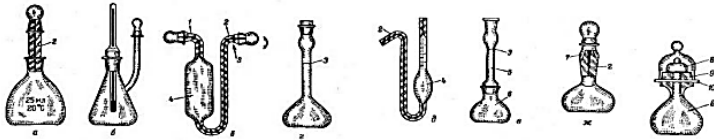


Рис. 1. Пікнометри:

Гей-Люссака (а, ж), Менделєєва (б), Оствальда (в), звичайний (г), U-подібний (д), Рейшауєра (е) та с плоскою прищліфованою кришкою (з):

1 - капіляр-носик; 2 - капіляр; 3 - мітка; 4 - розширення; 5 - вставне горличко; 6-колбочка; 7-чашечка; 8- плоска кришка; 9-фланец; 10- захисний ковпачок.

Рис. 2.1 Види пікнометрів

Хід роботи:

- 1.Пікнометр, об'ємом 100 мл наповнити до риски кип'яченою дистильованою водою кімнатної температури і зважити (**A**, г)
- 2.Відлити 2/3 об'єму води.
- 3.Зважити 10г повітряно-сухого ґрунту розтертого і просіяного крізь сито з отворами 1 мм.(д, г). Одночасно в ґрунті визначають гігроскопічну вологу (**W_r**) для розрахунку абсолютно сухої ваги (**B**, г) за формулою:

$$W = \frac{a - b}{b - c} \times 100\% \quad (2.2)$$

де: а – вага бюкса з ґрунтом та кришечкою від нього (г.), b значення абсолютно сухого ґрунту з бюксом (г.), с вага абсолютно сухого (пустого) бюксу з кришечкою (г.)

- 4.Наважку ґрунту перенести в пікнометр. Частинки ґрунту, що залишились на стінках пікнометра змити дистильованою водою.
- 5.Вміст пікнометра прокип'ятити протягом 30хв., щоб видалити повітря з ґрунту.
- 6.Охолодити пікнометр до кімнатної температури, долити кип'яченою дистильованою водою до мітки і зважити (**C**, г).
- 7.Розрахувати щільність твердої фази ґрунту в г/см³.

$$D = \frac{B}{A + B - C} \quad (2.3)$$

Таблиця 2.1

Результати визначення щільності твердої фази ґрунту

№ зразка	Наважка сухого ґрунту, г (P)	Гігроскопічна волога, %	Вага пікнометра		Щільність твердої фази
			з водою (P ₁)	з водою та ґрунтом (P ₂)	

де:

$$B = \frac{\alpha \times 100}{100 \times W_r} \quad (2.4)$$

III. Пористість (шпаруватість) ґрунту.

Пористістю ґрунту ($P_{зас}, \%$) називають загальний або сумарний об'єм всіх пор і проміжків в одиниці об'єму ґрунту. Вона характеризує сукупність всіх проміжків між механічними елементами та структурними агрегатами і виражається в відсотках від об'єму ґрунту. Її розраховують на основі даних щільності (d) та щільності твердої фази ґрунту (D) за формулою:

$$P_{зас} = \left(1 - \frac{d}{D} \right) \times 100 \quad (2.5)$$

ґрунтові пори можуть бути зайняті водою і повітрям.

IV. Аерація ґрунту

Аерація ($A, \%$) - це об'єм пор заповнених повітрям при даній вологості ґрунту. Вона розраховується за формулою:

$$A = P_{заг} - P_w \quad (2.6)$$

де: P_w - об'єм пор, зайнятих водою, % (або вологість ґрунту в об'ємних відсотках)

$$P_w = W_{об} = W_{заг} \times d \quad (2.7)$$

Вміст повітря вважається недостатнім і вимагає збільшення, якщо величина аерації становить менше 10-15% від об'єму ґрунту.

Виконавши роботу, зробити відповідні висновки за планом:

Від чого і як залежать визначені фізичні властивості;

2. Встановити ступінь ущільненості орного шару ґрунту залежно від вмісту гумусу в ньому.

3. Дати агрономічну оцінку ґрунтів за щільністю, щільністю твердої фази та пористістю.

4. Розробити заходи щодо поліпшення фізичних властивостей ґрунту.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи:

1. Назвіть загальні фізичні властивості ґрунту, дайте їх коротку характеристику.

2. Щільність ґрунту та методи її визначення.

3. Щільність твердої фази ґрунту та принцип методу її визначення.

4. Від чого залежить величина пильності та щільності твердої фази ґрунту?

5. Практичне застосування даних про щільність та щільність твердої фази ґрунту, наведіть приклад.⁵

6. Пористість ґрунту, її розрахунок, практичне значення.⁶

7. Аерація ґрунту, її розрахунок, шляхи регулювання.

⁵ Завдання для самостійного опрацювання

⁶ Завдання для самостійного опрацювання

8. Приблизні величини щільності та щільності твердої фази для ґрунтів різного механічного складу.

Лабораторна робота № 3 Вивчення вологоємності та водовіддачі ґрунту.

Частина 1 Визначення повної вологоємності та водовіддачі ґрунту.

Мета роботи: Встановити водоутримуючі сили та вивчити основні види вологоємності ґрунту. Визначити повну вологоємність ґрунту та його водовіддачу. Встановити шляхи зміни вологоємності та водовіддачі і дати оцінку цих змін.

Теоретичні відомості.

Властивість ґрунту утримувати максимальну кількість води в залежності від прояву різних водоутримуючих сил і умов навколишнього середовища, називається вологоємністю ґрунту.

В залежності від кількості вологи і в якій формі ця волога знаходиться, розрізняють: **максимальну адсорбційну вологоємність (МАВ), найменшу польову (НВ), капілярну (КВ) та повну вологоємність (ПВ).** Вологоємність виражають в відсотках від об'єму ґрунту, в мм або в м/га.

Під водовіддачею розуміють ту кількість води, яка витікає з ґрунту після насичення його до повної вологоємності під дією різних сил. Розрізняють три види водовіддачі: максимальну, мінімальну і питому.

Знання вологоємності та водовіддачі ґрунту дуже важливе при проектуванні та розробці заходів по регулюванню водного режиму.

Методи визначення та хід роботи:

Повна вологоємність і водовіддача визначається методом малих монолітів ґрунту, поміщених в циліндри. Для цього:

1. Зважити циліндри з кришками і заповнити монолітами ґрунту. Паралельно взяти зразки ґрунту в бюкси для визначення їх вологості.

2.Зважити циліндри з відібраними монолітами, поставити їх в кристалізатор на скляні палички і залити водою до висоти циліндрів. Насичувати протягом 1 години.

3.Після насичення циліндри зважити.

4.Зважені циліндри поставити сітчастою кришкою донизу в металеві підноси на скляні палички для вільного відтоку води з моноліту.

5.Через 50...60 хв. циліндр з ґрунтом зважити.

6. Повну вологоємність (***ПВ***, %) розраховують за формулою:

$$ПВ = \frac{\alpha - \epsilon \times 100}{\epsilon} \quad (3.1)$$

де: α - вага ґрунту в стакані при ***ПВ***, г; ϵ - вага абсолютно сухого ґрунту в стакані, г;

7.Водовіддачу (% від об'єму), розраховують за формулою:

$$ВВ = \frac{O_1 \times 100}{O_2} \quad (3.2)$$

або

$$ВВ = \frac{M_1 \times 100}{M_2} \quad (3.3)$$

де: O_1 - об'єм води, який витік із стакана після насичення ґрунту до ***ПВ***, см; O_2 - об'єм ґрунту в стакані, см; M_1 - маса води, яка витекла з ґрунту після насичення його до ***ПВ***, г; M_2 - маса води в стакані з ґрунтом насиченим до ***ПВ***, г.

8.Розрахунки при визначенні ***ПВ*** і ***ВВ*** проводимо в табличній формі.(таблиця 3.1 і 3.2)

Виконавши роботу, зробити відповідні висновки за планом: 1. Від чого і як залежить величина ПВ і ВВ ґрунту; 2. Встановити можливі шляхи зміни вологоємності та водовіддачі ґрунту.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи:

- 1.Що називається вологоємністю ґрунту та її види
- 2.Які сили втримують воду в ґрунті?
- 3.Що таке доступна та недоступна вода в ґрунті?
- 4.Водовіддача та її види.
- 5.Від чого залежить вологоємність та водовіддача ґрунту?⁷
- 6.Шляхи зміни вологоємності та водовіддачі ґрунту.⁸
- 7.Практичне використання даних про ПВ і ВВ.⁹

Лабораторна робота № 3 Вивчення вологоємності та водовіддачі ґрунту. Частина 2 Визначення швидкості та висоти капілярного підняття та капілярної вологоємності ґрунту¹⁰

Мета роботи: Визначити швидкість та висоту капілярного підняття в ґрунтах різного механічного складу. Побудувати графіки швидкості капілярного підняття в досліджуваних ґрунтах. Встановити вплив швидкості та висоти капілярного підняття на екологічну обстановку в ґрунті. 4. Визначити капілярну вологоємність досліджуваних ґрунтів.

Теоретичні відомості.

До найважливіших водних властивостей відносять водопроникність, водоутримуючу здатність та вологоємність ґрунту.

Водоутримуюча здатність – це здатність ґрунту утримувати воду, яка міститься в ньому, від стікання під дією сили тяжіння;

⁷ Завдання для самостійного опрацювання

⁸ Завдання для самостійного опрацювання

⁹ Завдання для самостійного опрацювання

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=TmpsJOZBZOU>

кількісною характеристикою водоутримуючої здатності є вологоємність.

Вологоємність – це здатність ґрунту поглинати й утримувати визначену кількість води.

Водопроникність ґрунту – це здатність ґрунту всмоктувати і пропускати через себе воду, яка надходить із поверхні.

Водопідйомна здатність ґрунтів – це властивість ґрунтів викликати підняття вміщеної води за рахунок капілярних сил.

Види вологи: легкодоступна, середньодоступна, важкодоступна. Водопідйомна здатність ґрунту визначається менісковими і адсорбційними силами. Висота і швидкість капілярного підняття, як і капілярна вологоємність, залежать від хімічного і механічного складу, агрегатності, температури ґрунту та інших умов.

Висота капілярного підняття води обернено-пропорційна радіусу капілярів ґрунту з той час, як швидкість капілярного підняття - прямопропорційна.

Легкі ґрунти відрізняються високою швидкістю і невеликою висотою капілярного підняття води (0,5...0,7м).

Суглинкові і глинисті ґрунти характеризуються значною водопідйомною здатністю (3-5м), але рухається ця вода в капілярах дуже повільно.

Капілярний рух води в ґрунті має важливе значення в забезпеченні рослин водою, в формуванні водного режиму ґрунту. При близькому заляганні ґрунтових вод можливі такі небажані процеси, як засолення, заболочування, забруднення ґрунту та інші.

Хід роботи:

1. В попередньо зважені разом з чашками Петрі і паличками скляні трубки насапаємо ґрунт (3-7см) (Рис. 3.1)
2. Об'ємну вагу ґрунту в трубках довести до $1,2 - 1,4 \text{ г/см}^3$ і зважити знову разом з частинками і паличками.
3. Ставимо скляні трубки з ґрунтом на палички, розложені з чашці, і приливаємо воду, підмітивши на секундомірі момент торкання води до нижнього кінця трубки.

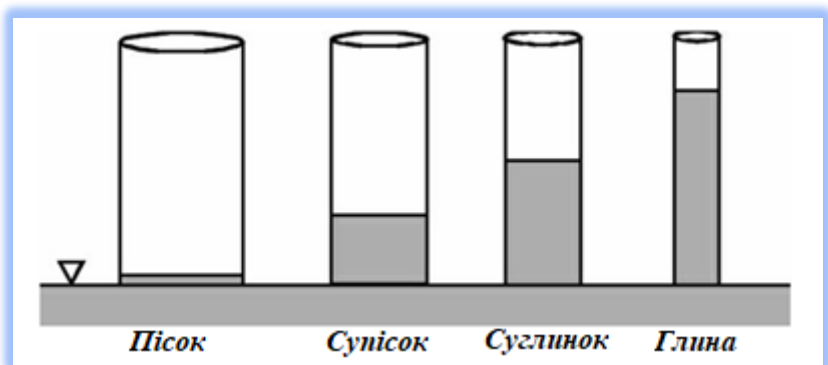


Рис. 3.1 Капілярне підняття в порях різного діаметру

4. Для побудови графіку швидкості капілярного підняття води відмічаємо висоту капілярного підняття через кожні 10 с (для легких ґрунтів) або 1 хв. (для суглинистих ґрунтів).

5. Після появи води на поверхні ґрунту секундомір вимикають, залишок води з чашки зливають і знову зважують ґрунт з тарою.

6. Розраховують капілярну вологоємність ($KB, \%$)

$$KB = \frac{(B - E) \times 100}{L} \quad (3.1)$$

де: B - вага ґрунту в трубці після насичення до KB , г; E - вага повітряно-сухого ґрунту в трубці, г.

7. Розраховуємо швидкість капілярного підняття ($V, \text{см} / \text{сек}$).

$$V = \frac{H}{T} \quad (3.2)$$

де: H - висота стовпа ґрунту в трубці, м T - час капілярного підняття води, сек.

8. Швидкість капілярного підняття води зображаємо графічно в координатах $H = f(T)$.

9. Дані спостережень записуємо в таблицю (3.3).

Таблиця 3.3

Результати дослідів

Назва ґрунту	Час спостережень		Інтервал часу		Висота капілярного підняття, см		Швидкість капілярного підняття
	сек.	хв.	сек.	хв.	загальна	за інтервалом часу	
							см/хв

Після виконання роботи, зробити висновки

1. Від чого і як залежить висота та швидкість капілярного підняття?
2. Як впливає висота та швидкість капілярного підняття води в ґрунті на екологічну обстановку в ґрунті?
3. Практичне використання даних про швидкість та висоту капілярного підняття.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи:

1. Від чого залежить швидкість та висота капілярного підняття води в ґрунті?
2. Яка висота та швидкість капілярного підняття води в ґрунтах різного механічного складу?
3. Які небажані наслідки викликає близьке залягання рівня ґрунтових вод?
4. Що таке критичний рівень залягання ґрунтових вод, який він для різних ґрунтів?¹¹
5. Як впливає склад поглинутих катіонів на висоту та швидкість капілярного підняття води в ґрунті?¹²
6. Приведіть формулу для розрахунку висоти капілярного підняття.
7. Практичне використання даних про висоту та швидкість капілярного підняття води.¹³

¹¹ Завдання для самостійного опрацювання

¹² Завдання для самостійного опрацювання

¹³ Завдання для самостійного опрацювання

8. Капілярна вологемкість. Від чого і як вона залежить?

Лабораторна робота № 4. Визначення швидкості вбирання і фільтрації ґрунту методом циліндричної лійки.

Мета роботи: Визначити швидкість вбирання і фільтрації ґрунту різного механічного і хімічного складу. Побудувати графіки швидкості вбирання і фільтрації для досліджуваних зразків. Дати оцінку фільтраційної здатності і коефіцієнта фільтрації.

Теоретичні відомості.

Водопроникність - це здатність ґрунту вбирати і фільтрувати воду.

Вбирання - заповнення вільних пор водою, яка надходить в ґрунт під впливом градієнта напору і меніскових сил, що виникають на межі змочування.

Фільтрація - безперервний рух води при повному заповненні всіх пор під впливом градієнта напору.

Коефіцієнт фільтрації - це швидкість проходження води через одиницю площі ґрунту за одиницю часу, при градієнті напору рівному одиниці. Одиниці вимірювання - см/хв, або м/доб.

Швидкість вбирання і фільтрації залежить від механічного складу, структурності, виду пористості, вологості і хімічного складу ґрунту. Фільтраційні властивості ґрунту визначаються польовими і лабораторними методами. Польові методи -метод відновлення, метод відкачування і з допомогою приладу **ПВН. Лабораторні, методи** - за допомогою приладу Савінова в модифікації АФІ, приладу КФ-00, трубки СПЕЦГЕО та циліндричної лійки.

Хід роботи:

1. Заповнити циліндри досліджуваним ґрунтом і довести його об'ємну масу до **1.3... 1.4 г / см**.
2. У циліндр з ґрунтом налити шар води 5 см і підтримувати такий рівень води на протязі всього дослідіду.

3. Відмітити час початку вбирання води ґрунтом. Після того, через певні проміжки часу (3...5 хвилин) провести відлік по мірному циліндру кількості води, яка профільтрувалась. Провести 8...10 таких замірів витрат води.

Результати спостережень швидкості вбирання ($V_{вб}, \text{см} / \text{хв.}$) і фільтрації ($K_{\phi}, \text{см} / \text{хв.}$) розрахувати за допомогою формул:

$$V_{вб} = \frac{O}{T \times \Phi} \quad (4.1)$$

$$K_{\phi} = \frac{O}{T \times \Phi \times I} \quad (4.2)$$

$$K_{\phi} = \frac{O \times 114}{T \times \Phi \times I} \quad (4.3)$$

де: O - витрати води (мл); T - час між замірами (хв.); Φ - площа поперечного перетину циліндра (см); I - градієнт напору; 114 - перевідний коефіцієнт із см/хв. в м/доб. Оскільки $V = K_{\phi} / I$, то при

$$I = I V = K_{\phi}.$$

Виконавши роботу зробити висновки:

1. Від чого залежить швидкість та висота капілярного підняття води в ґрунті?

2. Яка висота та швидкість капілярного підняття води в ґрунтах різного механічного складу?

3. Які небажані наслідки викликає близьке залягання рівня ґрунтових вод?

4. Що таке критичний рівень залягання ґрунтових вод, який він для різних ґрунтів?

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи:

- 1.Що розуміють під водопроникністю і її основні характеристики?*
- 2.Що називають коефіцієнтом фільтрації і від чого він залежить?*
- 3.Які існують методи визначення коефіцієнта фільтрації?*
- 4.При яких умовах застосовується той чи інший метод визначення коефіцієнта фільтрації?¹⁴*
- 5.Практичне використання даних про фільтраційні властивості ґрунту.¹⁵*

Лабораторна робота № 5. Визначення вмісту гумусу та поживних елементів в ґрунті.

Частина 1 Визначення вмісту гумусу методом Тюріна.¹⁶

Мета роботи: Визначити вміст гумусу в ґрунті. Встановити залежність вмісту гумусу від механічного складу. Оцінити родючість ґрунту за вмістом в ньому гумусу. Розробити можливі заходи щодо збільшення в ньому гумусу та виявити шляхи його деградації. Встановити екологічні наслідки застосування органічних добрив.

Теоретичні відомості

ґрунтовий гумус відіграє важливу роль як у формуванні ґрунту, так і в його родючості. Різноманітність ґрунтів в природі в значній мірі зв'язана з варіюванням складу і властивостей гумусових речовин.

Гумус являє собою складний динамічний комплекс специфічних органічних сполук які утворились при розкладі та гуміфікації органічних решток в ґрунті. Існує декілька методів визначення гумусу, але найпопулярнішим середніх є метод Г. В. Тюріна, тому що він простий, точний і швидкий .

Реакція протікає за рівнянням:

¹⁴ Завдання для самостійного опрацювання

¹⁵ Завдання для самостійного опрацювання

¹⁶ https://www.youtube.com/watch?v=hG2h2BD1dZA&list=PLvxfexsrFF0PviD-uHOZS_aTWpj4ffoSY&index=4



Суть методу ґрунтується на окисленні вуглецю гумусу до CO_2 розчином біхромату калі., надлишок якого відтитрують сіллю Мора.

Хід роботи:

1. Наважку ґрунту в межах 0.1-0.5г (в залежності від вмісту гумусу) перенести в колбу і прилити 10мл біхромату калію.
2. Вміст колби повільно прокип'ятити на підтаній бані, 5хв. Після того охолодити, змити стінки колби і лійку 10-20мл дистильованої води.
3. Додати 3-5 капель фенолфталеїну і відтитрувати 0.2н розчином солі Мора до переходу забарвлення від брудно-бурого в темно-зелений колір.
4. Паралельно провести контрольне (холосте) титрування в такій же колбі, але з пороною, (пемза, прожарений пісок).
5. Вміст гумусу (Γ , %) в процентах обчислюють за формулою:

$$\Gamma = \frac{(a - B)0,001036 \times 100}{C} \times K \quad (5.1)$$

де : a - кількість солі Мора, що пішла на холосте титрування, мл; B - кількість солі Мора, що пішла на титрування надлишку біхромату калію у досліді з ґрунтом, мл; $0,001036$ - коефіцієнт переведу в гумус 1 мл солі Мора; C - наважка ґрунту, г; K - коефіцієнт переведу на абсолютно-сухий ґрунт.

Виконавши роботу, зробити висновки:

1. Дати порівняльну характеристику досліджуваного ґрунту з інтими типами ґрунтів;
2. Встановити залежність вмісту гумусу від механічного складу.
3. Оцінити можливі шляхи поповнення гумусу в ґрунті та його деградації, а також екологічні наслідки застосування добрив.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи

1. Що таке гумус?

2. Яка роль гумусу в формуванні ґрунту?

- 3.Що є джерелом утворення гумусу ?
- 4.Вміст гумусу в основних типах ґрунту, його запаси - орному шарі?
- 5.Від чого залежить вміст гумусу в ґрунті ?
- 6.Принцип методу Г.В. Тюріна визначення гумусу в ґрунті.
- 7.В яких одиницях виражається вміст гумусу в ґрунті і запаси ?¹⁷
- 8.Шляхи поповнення гумусу в ґрунті.¹⁸
- 9.Причини деградації гумусу в ґрунті.¹⁹

Частина 2 Визначення рухомих форм фосфору і калію в ґрунті методом Кірсанова.32

Мета роботи: 1.Вивчити і оцінити забезпеченість ґрунту доступними для рослин фосфором та калієм. 2.Розрахувати запас поживних елементів досліджуваних ґрунтів.

Теоретичні відомості

Форми сполук елементів живлення, які доступні для рослин, називаються легкорозчинними або рухомими. Для кожного типу ґрунту розроблені методи визначення цих форм. Так, доступні фосфор і калі в кислих ґрунтах визначають методом Кірсанова, в нейтральних чорноземах - Чірисова, в карбонатних - Мачигіна.

Метод Кірсанова ґрунтується на витісненні рухомих **P** і **K** з ґрунту за допомогою 0.2н розчину **HCL**. з наступним визначенням фосфору - **фотоколориметричним**, калію-**полум'янометричним** методом. Вміст в ґрунті доступних форм сполук елементів живлення дає змогу оцінити рівень ефективної родючості ґрунту, визначити необхідність внесення добрив, розрахувати їх норми для одержання запланованих урожаїв.

¹⁷ Завдання для самостійного опрацювання

¹⁸ Завдання для самостійного опрацювання

¹⁹ Завдання для самостійного опрацювання

Хід роботи:

Наважку повітряно-сухого ґрунту 10г перенести в хімічну пляшку місткістю 200 мл. і долити 50 мл. 0.2н **HCL**. Вміст пляшки збовтати протягом 1 хвилини і залишити відстоюватися 15 хвилин. Суспензію відфільтрувати крізь фільтр. Перші каламутні порції фільтрату вилити.

1. Визначення фосфору.

Взяти піпеткою 10 мл фільтрату у мірну колбу місткістю 100 мл і долити 50 мл дистильованої води, 2 мл молібденово-кислого амонію, 5 крапель розчину хлористого олова і довести дистильованою водою до риски, перемішати.

Через 15 хвилин приступити до визначення на **ФЕК** оптичної густини забарвлених розчинів за допомогою калібрувальної кривої визначити вміст **P₂O₅**.

Обчислити вміст **P₂O₅** в мг/100 г. ґрунту в ґрунті за формулою:

$$P_2O_5 = \frac{(a \times V \times 100)}{V_1 \times n} \quad (5.2)$$

де: **a** - вміст **P₂O₅** по калібрувальному графіку, мг/ 100 мл. розчину; **V** - загальний об'єм витяжки, мл; **V₁** - об'єм витяжки взятої для визначення, мл; **n** - наважка ґрунту ,г.; **100** – коефіцієнт переведення на 100 ґрунту.

2. Визначення калію.

Полум'янометричний метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності випромінювання елементів збуджених нагріванням речовин у полум'ї.

1.У хімічний стаканчик відлити частину фільтрату і занурити в нього всмоктувальний капіляр розпилювача полум'яного фотометра. Розчин у вигляді аерозолі надходить у полум'я

пальника де випромінює спектри елементів, що присутні в ньому виділений через світлофільтр спектр калію прямує на фотоелементи, де збуджує фотострум, сила якого свідчить про концентрацію калію в розчині.

2. За допомогою графіка визначити вміст K_2O .

3. Вміст K_2O (мг/100 г. ґрунту) в ґрунті обчислити за формулою:

$$K_2O = \frac{(a \times V \times 100)}{1000 \times n} \quad (5.3)$$

де: a - вміст K_2O за графіком, мл.; 1000 – коефіцієнт перерахунку на 1 мл. Решта позначень відповідно попередній формулі.

Виконавши роботу, зробити висновки:

1. За результатами розрахунків встановити забезпеченість досліджуваного ґрунту рухомими формами P_2O_5 та K_2O .
2. Розрахувати запас поживних елементів в ґрунті і дати порівняльну характеристику в різних типах ґрунтів.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи

1. Принцип методу Кірсанова.

3. Шляхи поповнення запасів поживних речовин у ґрунті.²⁰

4. Заходи по зменшенню втрат поживних речовин з ґрунту.

5. Принцип методів фото-, та полум'янометрії.²¹

²⁰ Завдання для самостійного опрацювання

²¹ Завдання для самостійного опрацювання

*Лабораторна робота №6 Визначення кислотності ґрунту.*²²

Мета роботи: Вивчити причини виникнення кислотності ґрунту. Визначити активну, обмінну та гідролітичну кислотність різних типів ґрунтів. Розробити заходи нейтралізації кислої реакції ґрунту. Встановити вплив кислотності ґрунту на екологічну обстановку в середовища.

Теоретичні відомості

Методи визначення кислотності: потенціометричний та метод титрування.

Кислотність ґрунту – це здатність ґрунту підкислювати ґрунтовий розчин, воду і розчини нейтральних солей. Вона обумовлена наявністю головним чином вуглецевої та органічних кислот, гідролітично кислих солей, вільних іонів H^+ у ґрунтовому розчині та обмінних катіонів $H + i Al3 + y ГВК$.

Реакція ґрунтового розчину визначається співвідношенням концентрацій вільних іонів H^+ та OH^- . Якщо концентрація іонів водню дорівнює концентрації гідроксильних іонів – реакція нейтральна; коли концентрація іонів H^+ більша концентрації іонів OH^- – кисла; якщо концентрація іонів H^+ менша концентрації іонів OH^- – лужна.

Реакцію ґрунтового розчину визначають через величину водневого показника (pH), що є від'ємним десятинним логарифмом концентрації іонів H^+ : $pH = - \lg [H^+]$.

Залежно від величини рН водної витяжки або суспензії реакції ґрунту мають наступні назви (Таблиця 6.1)

²² https://www.youtube.com/watch?v=UJEJv8UsBm8&list=PLvxfxsrFF0PviD-uHOZS_aTWpj4ffoSY&index=9

Таблиця 6.1

Реакції ґрунту в залежності від рН

Реакція ґрунтового розчину	рН	Концентрація H^+ в 1 л розчину
Дуже кисла	3–4	$10^{-3} - 10^{-4}$
Кисла	4–5	$10^{-4} - 10^{-5}$
Слабокисла	5–6	$10^{-5} - 10^{-6}$
Нейтральна	7	10^{-7}
Слаболужна	7–8	$10^{-7} - 10^{-8}$
Лужна	8–9	$10^{-8} - 10^{-9}$
Дуже лужна	9–10	$10^{-9} - 10^{-10}$

Кисла реакція властива підзолистим, дерново-підзолистим, сірим лісовим і болотним ґрунтам; нейтральна – чорноземам; лужна – каштановим ґрунтам і солонцям. Розрізняють два види кислотності ґрунту: **активну і потенційну**.

Активна кислотність (лужність) ґрунту – це кислотність ґрунтового розчину. Обумовлена вона іонами H^+ (OH^-), які знаходяться в рідкій фазі ґрунту, і позначається pH_{H_2O} або $pH_{водний}$. Безпосередньо впливає на розвиток рослин та життєдіяльність мікроорганізмів.

У табл. наводяться інтервали **pH**, сприятливі для росту і розвитку сільськогосподарських культур та ґрунтових мікроорганізмів.

При характеристиці активної лужності ґрунтових розчинів розрізняють загальну лужність, лужність від нормальних карбонатів та лужність від гідрокарбонатів.

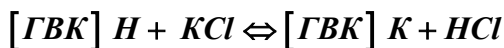
За рівнем активної лужності ґрунти поділяють на 3 групи:

Таблиця 6.2

Групи ґрунтів в залежності від рівня активної лужності

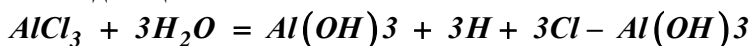
pH_{H_2O}	Рівень лужності ґрунтів	Ґрунт
7,2—7,5	Слабо лужні	Чорнозем південний, каштановий з ознаками солонцюватості
7,6—8,5	Лужні	Солонець і солончакуватий
>8,5	Дуже лужні	Солонець содовий, солончак

Потенційна кислотність – це кислотність твердої фази ґрунту і ґрунтового розчину. Обумовлена вона іонами H^+ і Al^{3+} , які увібрані ГВК. Потенційна кислотність завжди більша активної, бо складається з кислотності ґрунтового розчину і кислотності, яка утворюється за рахунок увібраних іонів водню та алюмінію. Потенційну кислотність умовно ділять на дві форми: обмінну і гідролітичну. **Обмінна кислотність** – виявляється при взаємодії ґрунту з розчином нейтральної солі (тобто солі сильного лугу і сильної кислоти) KCl , $BaCl_2$ і т. п.:



Обмінна кислотність позначається індексом $pHKCl$ або $pH_{\text{сольовий}}$ і вимірюється в одиницях pH або в мг-екв на 100 г ґрунту (титрована обмінна кислотність). В слабо кислих ґрунтах обмінна кислотність незначна, а в лужних – відсутня. Залежить обмінна кислотність від кількості обмінних іонів H^+ і наявності у ГВК обмінних іонів Al^{3+} , які здатні витіснятися катіонами нейтральної солі і переходити до ґрунтового розчину. Хлористий

алюміній $AlCl_3$ – сіль слабого лугу і сильної кислоти, у водних розчинах дисоціює за схемою:

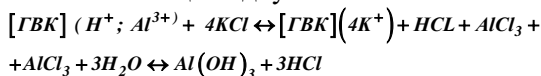


як слабкий луг у водному розчині майже не розпадається, а HCl у слабких розчинниках дисоціює на іони H^+ та Cl^- , що призводить до підвищення кислотності. Окремі сільськогосподарські культури добре розвиваються на кислих ґрунтах, але при підвищенні рухомого алюмінію різко знижують урожайність.

Хід роботи:

Визначення актуальної та обмінної кислотності потенціометричним методом.

Актуальною кислотністю називають концентрацію вільних іонів водню та алюмінію у ґрунтовому розчині. Обмінною-частину потенціальної кислотності, яка утворюється при витісненні із твердої фази ґрунту H^+ та Al^{3+} розчинами нейтральних солей. Реакція відбувається за схемою:



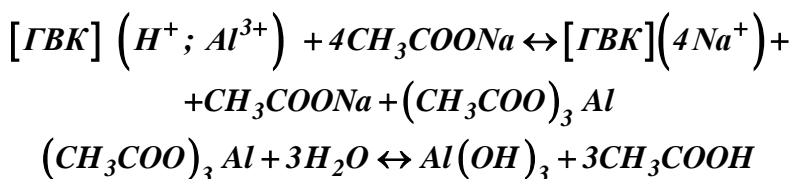
1. Дві наважки повітряно-сухого ґрунту *по 8 г перенести* в хімічні стаканчики місткістю 50 мл.

2. Прилити в один 20 мл дистильованої води, в другий - 20 мілілітрів розчину KCl . Вміст розмішати скляною паличкою протягом 1хв. і через 15 хв. Визначити *pH* з допомогою потенціометра. Для цього занурити в стаканчик електроди рН-метра і зняти покази приладу. Принцип цього методу полягає в вимірюванні електрорушійної сили (*е.р.с.*) елемента, що складається з електрода порівнювання (з відомим потенціалом) та індикаторного (потенціал якого залежить від концентрації іонів водню в досліджуваних розчинах).

Величину *e.p.c.* вимірюють по шкалі приладу, яка градуйована в одиницях рН. pH_{H_2O} - величина актуальної, pH_{KCl} - обмінної кислотності.

Визначення обмінної і гідролітичної кислотності методом титрування.

Гідролітична - це потенційна кислотність, яка утворюється при витісненні з ґрунту іонів H^+ та Al^{3+} розчинами гідролітично лужних солей. Реакція відбувається за такою схемою:



1. Дві наважки ґрунту по **40 г** перенести в хімічні пляшки.
2. В одну долити **100 мл. KCl** (для визначення обмінної кислотності), в другу **100 мл. CH₃COONa** (для визначення гідролітичної).

3. Вміст пляшок збовтати протягом години і відфільтрувати крізь фільтр у колбу місткістю **250 мл.**

4. З кожної колби взяти піпеткою **25 мл** фільтрату у конічні колби місткістю **100 мл**, додати **2-3 кр.** фенолфталеїну і титрувати **0,1 н** розчином **NaOH** до одержання слабо-рожевого кольору.

5. Записати скільки мл. лугу пішло на титрування обмінної і гідролітичної кислотності.

6.Обчислити їх величини за формулою:

$$K_{об.-гидр} = \frac{(100 \times 4 \times a \times H \times 1,75)}{C} \quad (6.1)$$

де: $K_{об.-гидр}$ - кислотність обмінна або гідролітична, (мг-екв./100 г ґрунту); 100 – коефіцієнт переведення на 100 г ґрунту; 4 – коефіцієнт переведення титрованої проби на весь об'єм фільтрату; a – кількість $0,1NaOH$, що пішла на титрування (мл); H – концентрація лугу; $1,75$ -коефіцієнт перерахунку на *обмінну* або гідролітичну кислотність; C - наважка ґрунту,(г).

Виконавши роботу, зробити висновки.

1.Що обумовлює кислотність ґрунту?

2.Від чого і як залежить кислотність ґрунту?

3.Основні заходи по нейтралізації в кислотності ґрунту.

4.Вплив кислотності на екологічну обстановку в біоценозах.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи

1.Що обумовлює кислотність ґрунту?

2.Види і форми кислотності.²³

3.В яких одиницях виражають величину активної, обмінної і гідролітичної кислотності?

4.Принцип потенціометричного методу визначення кислотності ґрунту.²⁴

5.Коли в ґрунті проявляється обмінна і коли гідролітична кислотність?

6.Яке практичне значення має визначення реакції ґрунту?

7.Перерахуйте групи ґрунтів за ступенем кислотності.

²³ Завдання для самостійного опрацювання

²⁴ Завдання для самостійного опрацювання

Лабораторна робота № 7 Вивчення вбирної здатності ґрунту.²⁵

Мета роботи: Встановити роль вбирної здатності у виконанні ґрунтом його функцій. Виявити наявність фізичної, хімічної та фізико-хімічної вбирної здатності у різних типах ґрунту. Встановити фактори, від яких залежить вбирна здатність ґрунту

Теоретичні відомості

Вбирною здатністю ґрунту називають властивість його вбирати і утримувати розчинені та завислі у воді речовини, а також *цїлі* молекули води та газів. Вони знаходяться у прямій залежності від вмісту в ґрунті колоїдів, які мають надзвичайно велику питому поверхню, завдяки чому з'являється поверхнева енергія і здатність взаємодії з зовнішнім середовищем. Вбирна здатність впливає на формування водно-фізичних та інших властивостей ґрунту, які визначають необхідність та специфіку застосування гідротехнічних та хімічних меліорацій.

За К.К. Гейдройцем вбирання буває: **механічне, біологічне, фізико-хімічне, хімічне та фізичне.**

Механічна вбирна здатність - це властивість ґрунту, як пористого тіла, затримувати частки ґрунтових суспензій; застосовується на очисних спорудах, кольматації каналів, заплавних та зрошувальних землях, полях фільтрації стічних вод.

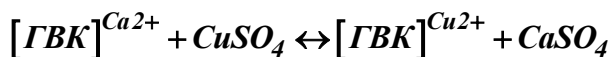
Біологічне вбирання полягає в тому, що з ґрунтового розчину мікроорганізмами, які є в ґрунті, та рослинами вбираються різні елементи. Воно відіграє важливу роль у збереженні поживних речовин від вимивання та закріплення їх в ґрунті, що дуже важливо у боротьбі із забрудненням водних артерій мінеральними добривами, нітратами та інше.

Хід роботи

²⁵ https://www.youtube.com/watch?v=Oq_0mtyY4U&list=PLvxfexsrFF0PviD-uHOZS_aTWpi4ffoSY&index=5

Фізико-хімічна вбирна здатність – властивість ґрунту обмінювати катіони (або аніони), як увібрані ґрунтовим вбирним комплексом (**ГБК**) еквівалентну кількість катіонів (або аніонів) ґрунтового розчину. Цей вид вбирання має велике значення в ґрунтоутворюючих процесах, формуванні реакції ґрунту, накопиченні елементів живлення, є теоретичною основою хімічних меліорацій.

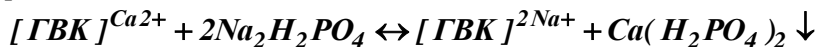
1. На три лійки з фільтрами, змоченими дистильованою водою, насипати 2/3 її об'єму торфу, піску і досліджуваного ґрунту.
2. За допомогою скляної палички повільно доливати на поверхню ґрунтів електроліт, щоб у пробірці зібралось 3-5мл фільтрату. При взаємодії електроліту з ґрунтом проходить реакція:



Одержаний з кожного ґрунту фільтрат розлити у дві пробірки, в першій визначають наявність катіона Cu^{2+} , в другій - витісненого Ca^{2+} . Катіони Cu^{2+} виявляють додаванням до фільтрату 3-5 крапель аміаку (NH_4OH), який осаджує основну сіль зеленуватого кольору. Катіон Ca^{2+} - додаванням до підігрітого (зігріти в руці) фільтрату спочатку 1-2 кр. 10% оцтової кислоти (CH_3COOH), а потім 3-4 кр. оксалату амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$). Білий осад, що випадає, свідчить про наявність у фільтраті Ca^{2+} , який витіснився з ґрунту катіоном Cu^{2+} . Результати спостережень записати в табл. 7.1

Хімічна вбирна здатність - це здатність ґрунту затримувати іони ґрунтового розчину у формі нерозчинних або малорозчинних солей, що утворюються в процесі хімічних реакцій. Осад цих солей переходить у тверду фазу ґрунту і утримується від вимивання (накопичення фосфатів).

1. Взяти свіжі зразки досліджуваних ґрунтів і так само як у попередньому досліді перепустити крізь ґрунти розчин $Na_2H_2PO_4$. У випадку наявності хімічного вбирання іде реакція:



В цьому досліді збирають фільтрату 1-2мл і в ньому визначають присутність катіона H_2PO_4 . Для цього у пробірку приливають 3-4кр. магнезійної суміші ($MgCl_2, NH_4OH, NHCl$). Білий кристалічний осад свідчить про наявність у фільтраті H_2PO_4 і відсутність в ґрунті хімічного вбирання, і навпаки. Результати спостережень записати в таблицю. 7.1.

Фізична вбирна здатність (молекулярна, або аполярна) - здатність ґрунту вбирати цілі молекули води, газів і розчинених у воді речовин. Молекулярна адсорбція може бути позитивна і негативна

Крізь зразки ґрунту перепустити розчин метиленової сині і за ступенем знебарвлення фільтрату зробити висновки про фізичне вбирання. Результати записати в таблицю. 7.1

Таблиця 7.1.

Результати дослідів

Зразок	$CuSO_4$		NaH_2PO_4	Метиленова синь
	Cu^{2+}	Ca^{2+}	HPO_4	
Торф				
Пісок				
Ґрунт				

Якщо досліджуваний іон у фільтраті не виявляється, або виявляється слабо, тоді у відповідній графі таблиці записують «**вбирається повністю**» або «**вбирається слабо**», а якщо не виявляється, то - «**не вбирається**».

Виконавши роботу, зробити висновки.

1. Про характер, закономірність та інтенсивність вбирання речовин різними ґрунтами.

2. За результатами спостережень (табл. 7.1.) дати висновки про характер, закономірність та інтенсивність вбирання речовин різними ґрунтами.

3. Як впливають механічний склад та вміст гумусу на вбирну здатність досліджуваних ґрунтів.

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи

1. Що називають вбирною здатністю ґрунту?

2. Від чого залежить вбирна здатність ґрунту?

3. Про яке вбирання свідчить знебарвлення фільтрату при перепусканні крізь ґрунт метиленової сині?

4. Вплив механічного складу та вмісту гумусу на вбирну здатність ґрунту.²⁶

5. Роль вбирної здатності в генезисі та родючості ґрунту.²⁷

6. Роль вбирної здатності у використанні ґрунтом його функцій.²⁸

Лабораторна робота №8 Вивчення морфологічних ознак ґрунту

Мета роботи: Ознайомитись з основними морфологічними ознаками ґрунту та навчитись їх визначати. На основі морфологічних ознак описати запропонований викладачем тип ґрунту моноліту або кольорового фото профілю ґрунту. Ознайомитись по карті з ґрунтово-кліматичними зонами та описати основні типи ґрунту цих зон. Встановити можливі зміни морфологічних ознак ґрунту внаслідок антропогенної діяльності.

Теоретичні відомості.

²⁶ Завдання для самостійного опрацювання

²⁷ Завдання для самостійного опрацювання

²⁸ Завдання для самостійного опрацювання

Ґрунтовий профіль є рівнем морфологічної організації ґрунту. Морфологічні ознаки – зовнішній прояв властивостей ґрунту, його мінералогічного, хімічного, механічного складу тощо, які формуються унаслідок певних ґрунтових процесів.

До основних морфологічних ознак ґрунтів відносяться: ґрубизна ґрунту і окремих його горизонтів, забарвлення, вологість, структура, складання, гранулометричний склад, новоутворення, скипання від соляної кислоти, включення, характер переходу від одного горизонту до іншого.

Для вивчення будови ґрунту і морфологічних ознак окремих його горизонтів викопують ґрунтові розрізи (ями) до глибини залягання материнської породи або до підґрунтових вод. У ґрунтовому профілі виділяють генетичні горизонти і на основі генетичних ознак надають їм назву та умовні позначки (індекси або символи).

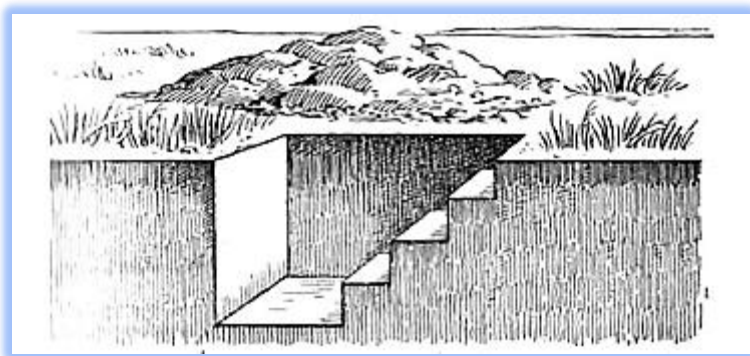


Рис. 8.1 Схема ґрунтового розрізу

Закладання основного ґрунтового розрізу проводиться за наступною схемою:

1. Вибрати у межах досліджуваного контуру площадку для закладання розрізу (типову для даного елемента рельєфу).
2. Ґрунтовий розріз повинен бути розташований так, щоб у найменшій ступені пошкодити кореневу систему деревно-чагарникової

рослинності для уникнення механічного пошкодження її кореневої системи.

3. Грунтовий розріз доцільно вивчати за трьома стінками (передньої (лицевої) та двом боковим), до того ж хоча б одна з них повинна освітлюватися сонцем, а інша знаходитися у тіні.

4. Гострим кінцем лопати окреслюють межі майбутнього розрізу. Повний ґрунтовий розріз має в плані прямокутну форму розміром, як правило, від $0,8 \times 1,8$ м до $1,0 \times 2,2$ м. При цьому довжина розрізу визначається його глибиною з таким розрахунком, щоб площа дна була близько $0,8-1,0$ м². Крім цього, розміри ями не повинні обмежувати руху людини при викопуванні розрізу, проте й не бути занадто великими для уникнення нераціонального використання людської сили.

5. Дерновий шар або шар лісової підстилки розрізаються лопатою на невеликі блоки (20×20 см), які акуратно виймаються і складаються на відстані від розрізу.

6. Загальна глибина шурфа залежить від будови ґрунтового профілю, проте обов'язково повинна перевищувати (мінімум на 20–30 см) кровлю горизонту Р (для всебічного визначення материнської породи), тому їх глибина – 1,50–2,50 м, якщо не перешкоджають ґрунтові води або щільні породи. Ґрунтову яму спочатку риють з рівними вертикальними стінками до глибини 60 см, при цьому викидають землю уздовж лише бокових стінок. У процесі викопування розрізу послідовно знімають шар за шаром, при цьому ґрунт з окремих горизонтів складають у різні кучі.

Після досягнення глибини 0,6 м роблять сходинку-уступ висотою близько 0,4 м, далі яму поглиблюють ще на 0,4 м та роблять наступну сходинку і т.д.

Звичайно у повному ґрунтовому розрізі роблять три сходинки. Їх ширина залежить від гранулометричного складу ґрунту: у легко сипучих ґрунтах (піщано-супіщані) вони мають більшу ширину (0,4–0,5 м), в більш стійких (глинисто-суглинистих) – 0,3 м

7. По закінченню поглиблення розрізу лицеvu та бокові стінки зачищають лопатою.

8. На лівій стороні лицевої стінки прикріплюють вимірвальну стрічку так, щоб нульова оцінка її збігалася з поверхнею ґрунту і

приступають до вивчення будови ґрунтового профілю. Стрічкою вимірюють та зазначають: потужність ґрунтового розрізу та його окремих генетичних горизонтів, рівень стояння ґрунтових вод (якщо вони розкриваються), лінію скипання від НСІ, глибину залягання карбонатів, гіпсу, легкорозчинних солей, залізо-марганцевих конкрецій.

9. Ліва сторона лицевої стінки (лівіше виміральної стрічки) залишається не задіяною у роботі для опису ґрунтового профілю, права (робоча) – призначається для вилучення ґрунтових зразків

10 Свіжий розріз ретельно роздивляються та попередньо виділяють генетичні горизонти та підгоризонти. Рекомендується проводити кінцеве виділення горизонтів (підгоризонтів) як заключний етап опису розрізу після того, як описано кожен з досліджених ознак (забарвлення вологість, структура та інше).

Попереднє виділення генетичних горизонтів (підгоризонтів) проводиться на основі зміни забарвлення у ґрунтовій товщі зверху до низу. Додатково використовуваною ознакою при диференціації ґрунтової товщі є щільність: розріз «прощупується» ножом з однаковим зусиллям натиску через кожні 2 см.

11. В готовому розрізі з дна відкладають зразок на папір, адже в наступному буде на дно насипано багато змішаного матеріалу, що ускладнить взяття зразка з найнижчого горизонту і додасть додаткової роботи по очищенню дна.

12. Горизонти описуються в порядку від верхніх до нижніх. Інформація опису заноситься до бланків опису ґрунтових профілів. (Рис. 8.2).

13. У процесі дослідження відбирають зразки – матеріал для лабораторних робіт. Зразки поміщуються в спеціальні мішечки разом з етикетками, на яких вказують генетичний горизонт (підгоризонт), інтервал глибини відбору зразків й дата.

14. По закінченню опису ґрунтового розрізу він обов'язково повинен бути заритим для уникнення випадків травмування людей, тварин, поломок техніки, збереження естетики ландшафтів.

Хід роботи:

1. Розглянути зразки ґрунту різного кольору та структури, і навчитись розпізнавати їх.
2. По плакатах вивчити номенклатуру ґрунтових горизонтів мінерального та торфового ґрунту.
3. Описати запропонований ґрунтовий профіль за його морфологічними ознаками.
4. Ознайомитись по карті з основними ґрунтово-кліматичними зонами та основними типами ґрунтів в цих зонах.
5. Встановити основні відмінності в будові ґрунтових профілів по ґрунтово-кліматичних зонах.
6. Описати основні типи ґрунту, їх сільськогосподарське використання, основні заходи по підвищенню їх родючості та можливі зміни їх морфологічних ознак в наслідок антропогенної діяльності, а також основні проблеми цих ґрунтів та шляхи їх подолання.

Виконати опис типу ґрунту, запропонованого викладачем

Завдання для перевірки знань та самостійної роботи

1. ***Що таке морфологічні ознаки ґрунту?***
2. ***Основні морфологічні ознаки ґрунту.***
3. ***Характеристика основних морфологічних ознак ґрунту та їх визначення.***
4. ***Номенклатура ґрунтових горизонтів.²⁹***
5. ***Система таксонометричних одиниць в систематиці ґрунтів.***
6. ***Основні відмінності в будові ґрунтових профілів по ґрунтово-кліматичних зонах***
7. ***Основні ґрунтово-кліматичні зони та основні типи ґрунту цих зон.***
8. ***Можливі зміни морфологічних ознак ґрунту в наслідок антропогенної діяльності.³⁰***

²⁹ Завдання для самостійного опрацювання

³⁰ Завдання для самостійного опрацювання

Зміст

Вступ	3
Лабораторна робота № 1 Вивчення гранулометричного складу ґрунту.....	5
Лабораторна робота № 2 Вивчення фізичних властивостей ґрунту.....	15
Лабораторна робота № 3 Вивчення вологоємності та водовіддачі ґрунту. Частина 1 Визначення повної вологоємності та водовіддачі ґрунту.....	21
Лабораторна робота № 3 Вивчення вологоємності та водовіддачі ґрунту. Частина 2 Визначення швидкості та висоти капілярного підняття та капілярної вологоємності ґрунту.....	24
Лабораторна робота № 4. Визначення швидкості вбирання і фільтрації ґрунту методом циліндричної лійки.....	28
Лабораторна робота № 5. Визначення вмісту гумусу та поживних елементів в ґрунті. Частина 1 Визначення вмісту гумусу методом Тюріна.....	30
Частина 2 Визначення рухомих форм фосфору і калію в ґрунті методом Кірсанова.....	32
Лабораторна робота №6 Визначення кислотності ґрунту.....	35
Лабораторна робота №6 Визначення кислотності ґрунту.....	35
Лабораторна робота № 7 Вивчення вбирної здатності ґрунту.....	41
Лабораторна робота №8 Вивчення морфологічних ознак ґрунту.....	44
Список використаних джерел	51

Список використаних джерел

1. Аріон О. В., Купач Т. Г., Дем'яненко С. О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства : навчально-методичний посібник. Київ : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2017. 226 с.
2. Аверченко В. І., Самойленко Н. М. Ґрунтознавство. Харків : Мачулін, 2018. 118 с.
3. Веремеєнко С. І., Фурман В. М. Картографія ґрунтів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 228 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2589> (дата звернення: 06.08.2024).
4. Веремеєнко С. І., Шевчук М. Й. Ґрунтознавство : навчальний посібник. Рівне, 2015. 299 с.
5. Веремеєнко С. І., Довбиш Л. Л., Кравчук М. М. Практикум з лісового ґрунтознавства : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 205 «Лісове господарство» / заред. д.с.-г.н., проф. С. І. Веремеєнка. Житомир : Вид-во ЖНАЕУ, 2016. 163 с.
6. Волков В. П., Переверзева А. В., Полякова І. О. Управління якістю ґрунтів в ЄС та Україні. *Ефективна економіка*. 2020. № 9. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8175> (дата звернення: 05.08.2024).
7. Бондар О. Г., Полякова І. О., Лях В. О. Державна підтримка органічного сільського господарства в Україні за досвідом ЄС. *Науковий погляд: економіка та управління*. 2020. №3 (69). С. 18–23. URL: <http://www.scientificview.umsf.in.ua/arkhiv-nomeriv?id=103> (дата звернення: 06.08.2024).
8. Волков В. П., Полякова І. О., Лях В. О. Європейський досвід збереження родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2020. № 3 (26). С. 121-126. URL:<http://www.easterneurope-ebm.in.ua/index.php/2020/> (дата звернення: 09.08.2024).
9. Дубова О. В., Пересипкіна Т. М., Полякова І. О., Приступа І. В. Ґрунтознавство : практикум для студентів біологічного факультету галузі 0901 «Сільське господарство» напряму підготовки «Лісове та садово-паркове господарство». Запоріжжя : ЗНУ, 2008. 65 с.

10. Кунчик В. І., Іваніна В. В., Нестеров Г. І. Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. Київ : Кондор, 2010. 414 с.
11. Назаренко І. І., Польшина С. М., Нікорич В. А. Грунтознавство. Чернівці, 2004. 400 с.
12. Чорний І. Б. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства. Київ : Вища школа, 1995. 249 с.
13. Демкова В. В., Скатерна Л. В. Землеробство і ґрунтознавство. Київ : Аграрна освіта, 2008. 179 с.
14. Фурман В., Мороз О., Котюк І. Про значення польової діагностики ґрунтів в агрономії. *Аграрна наука Західного Полісся*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційний розвиток землеробства на засадах екологоекономічної збалансованості»: зб. наук. праць. Рівне, 2023. С. 30–32. URL: http://www.isg.rv.ua/images/files/konferen/2023/materialy_konferencii_23_st.pdf (дата звернення: 27.08.2024).
15. Карта ґрунтів України.
URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy>
(дата звернення: 27.08.2022).
16. Карта родючості ґрунтів України.
URL: <https://superagronom.com/karty/rodjuchistgruntiv-ukrainy>
(дата звернення: 29.08.2024).